



FOUNDATIONS™

Guia Prático para um Controle mais Limpo, Seguro e Produtivo de Pó e Material a Granel



Quarta Edição

FOUNDATIONS™

Guia Prático para um Controle mais Limpo, Seguro e Produtivo
de Pó e Material a Granel

Quarta Edição

FOUNDATIONS™

Guia Prático
para um Controle mais Limpo, Seguro e Produtivo
de Pó e Material a Granel

Quarta Edição

por

R. Todd Swinderman, P.E.

Andrew D. Marti

Larry J. Goldbeck

Daniel Marshall

&

Mark G. Strebel

Martin Engineering Company

Neponset, Illinois

U.S.A.

A aplicação das informações e dos princípios contidos neste livro deve ser cuidadosamente avaliada, visando a determinar suas adequações para um projeto específico.

Para auxílio na aplicação de informações e princípios contidos nesse documento sobre transportadores de correia, consulte a Martin Engineering ou outros engenheiros capacitados.

Aviso legal

1. A Martin Engineering publica este livro como um serviço à indústria de manuseio de material a granel. O livro é disponibilizado apenas com o objetivo de informar de maneira genérica e não tem a intenção de fornecer conhecimento aprofundado sobre o controle de materiais fugitivos e operações de manuseio de material a granel. As opiniões expressas neste livro são de responsabilidade dos autores e representam um consenso entre eles sobre os tópicos discutidos.
2. As imagens, os gráficos, as tabelas e os diagramas contidos neste livro são utilizados para informar pontos específicos e, portanto, podem não estar tecnicamente corretos ou completos em todos os detalhes. Nomes e dados fictícios fornecidos neste livro têm o propósito de informar conceitos; qualquer similaridade deles com nomes ou dados de entidades reais é mera coincidência e é involuntária.
3. Este livro é disponibilizado sem qualquer descrição ou garantia sobre a exatidão ou integridade de seu conteúdo. Sem limitar a generalidade do supracitado, as seções “Assuntos de Segurança”, contidas neste livro, foram desenvolvidas para destacar assuntos de segurança específicos e não devem ser consideradas completas ou detentoras de todos os assuntos de segurança relacionados às operações de manuseio de materiais a granel.
4. Na extensão máxima permitida pela legislação aplicável, EM NENHUMA HIPÓTESE A MARTIN ENGINEERING OU OS AUTORES SERÃO RESPONSÁVEIS POR QUALQUER LESÃO CORPORAL OU QUALQUER DANO INDIRETO, ESPECIAL OU CONSEQUENCIAL ORIUNDO DESTE LIVRO OU DE QUALQUER FORMA RELACIONADO A ELE, INCLUINDO, SEM LIMITAÇÕES, QUALQUER DANO PROVENIENTE DA APLICAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DOS PRINCÍPIOS OU DE OUTROS CONTEÚDOS DESTE LIVRO. Em todos os casos, na extensão máxima permitida pela legislação aplicável, a responsabilidade agregada da Martin Engineering e dos autores por ações relacionadas a este livro deverá ser limitada ao custo de sua reposição.
5. As informações apresentadas neste volume estão sujeitas a modificações sem prévio aviso. A Martin Engineering reserva-se o direito de executar correções, eliminações ou acréscimos ao livro sem prévio aviso ou obrigação de substituir versões publicadas anteriormente. Caso um erro seja encontrado ou deseje fornecer comentários para futuras edições, favor contatar o Gerente de Marketing da Martin Engineering, pelo endereço eletrônico relacionamento@martin-eng.com, por telefone: 55 19 3709 7200 ou por fax: 55 19 3709 7201.

Foundations™

ISBN 978-0-9717121-1-9

Número de controle da Biblioteca do Congresso: 2007942747

Direitos Autorais © 2009 Martin Engineering

2ª impressão: 2012

Part Number: L3271-4-4/09BR

Foto da Capa © Lester Lefkowitz/Corbis Corporation

Todos os direitos reservados. Esta publicação não pode ser reproduzida de nenhuma maneira sem a permissão da Martin Engineering, Neponset, Illinois. Parte do conteúdo deste livro foi reproduzida a partir de outras fontes protegidas por direitos autorais.

Impresso no Brasil.

Editora: Martin Engineering, Ltda.

Tradução e Diagramação: AMK Traduções (SP)

Unidade Imperial/Sistema Métrico

As medidas métricas, com suas conversões imperiais comuns, são utilizadas no decorrer do livro, exceto onde a fonte original está especificada em unidades imperiais. Neste caso, as unidades imperiais efetivas são utilizadas com conversões métricas aproximadas.

A vírgula foi utilizada no decorrer deste livro como uma marcação decimal em medidas métricas, o que é prática comum em padrões publicados pela Organização Internacional para a Padronização (ISO).



Martin Engineering Brasil

Rua Estácio de Sá, 2104 – Jardim Santa Genebra
Campinas – SP – Brasil – 13080-010

Tel.: 55 19 3709 7200

Fax: 55 19 3709 7201

martin@martin-eng.com

www.martin-eng.com.br

<i>Índice</i>	v
<i>Prefácio</i>	vi
<i>Introdução</i>	viii
<i>Dedicatória</i>	x

Pesquisa, Desenvolvimento de Pessoal, Serviços e Produtos

<i>Centro de Inovações para o Manuseio de Material a Granel</i>	516
<i>Workshops Foundations™</i>	518
<i>Serviços</i>	520
<i>Produtos</i>	521

Apêndices

<i>Apêndice A: Referências</i>	526
<i>Apêndice B: Glossário</i>	532
<i>Abreviações das Medidas</i>	542
<i>Apêndice C: Etiquetas de Segurança</i>	544
<i>Apêndice D: Índice de Equações</i>	552
<i>Índice de Tabelas</i>	553
<i>Índice Remissivo</i>	554
<i>Apêndice E: Autores &</i>	
<i>Agradecimentos</i>	560

Seção Um

FUNDAMENTOS PARA O MANUSEIO SEGURO DE MATERIAIS A GRANEL

1	Controle Total de Materiais	2
2	Segurança	14
3	Transportadores passo a passo: Componentes do Transportador	28
4	Transportadores passo a passo: A Correia	36
5	Transportadores passo a passo: Emendas da Correia	60

Seção Dois

CARREGANDO A CORREIA

6	Antes da Zona de Carga	76
7	Controle do Ar	90
8	Chutes de Transferência Convencionais	100
9	Auxílios de Fluxo	116
10	Suportes da Correia	130
11	Calhas-Guia	152
12	Chapas de Desgaste	170
13	Sistemas de Vedação Lateral	180

Seção Três

CICLO DE RETORNO DA CORREIA

14	Limpeza da Correia	196
15	Limpadores de Proteção das Polias	244
16	Alinhamento da Correia	252

Seção Quarto

CONTROLE DE PÓ

17	Panorama de Controle de Pó	280
18	Controle Passivo de Pó	296
19	Supressão de Pó	304
20	Coleta de Pó	322

Seção Cinco

CONCEITOS DE VANGUARDA

21	Transp. Precisos, Seguros e Produtivos desde seu Projeto	340
22	Chutes de Fluxo Customizados	348
23	Transportadores Sustentados por Ar	364
24	Sistemas de Lavagem da Correia	376
25	Ciência dos Materiais	398

Seção Seis

MANUTENÇÃO DO TRANSPORTADOR

26	Acessibilidade do Transportador de Correia	414
27	Vistoria do Transportador de Correia	424
28	Manutenção	434
29	O Fator Humano	444

Seção Sete

PANORAMA DO MANUSEIO DE MATERIAIS A GRANEL

30	Gerenciamento Total do Projeto	454
31	Medidas de Desempenho	464
32	Considerações sobre Setores Específicos	484
33	Considerações sobre Transp. Especializados	504

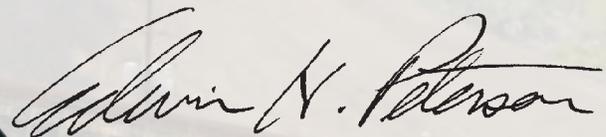
“O controle de pó e derramamento não é apenas uma ciência, é também uma arte. A Martin desenvolveu ambos com maestria”

Trabalhando em nossa oficina no porão, em 1944, meu pai, Edwin F. Peterson, inventou uma resposta para problemas no manuseio de materiais a granel: o vibrador industrial de bola. Registrada como Vibrolator®, sua invenção forneceu o alicerce para o sucesso da Martin Engineering. Desde então, crescemos ao redor do planeta: somos proprietários e operamos nosso próprio negócio em Michigan (EUA), Brasil, China, Alemanha, Índia, Indonésia, México e África do Sul, com licenciados na Austrália, no Canadá e no Chile. Na Europa, temos também filiais na França, na Turquia e no Reino Unido. Temos mais de 800 funcionários por todo o mundo. Nossa dedicada equipe tornou possível ultrapassarmos 135 milhões de dólares em vendas no ano de 2011.

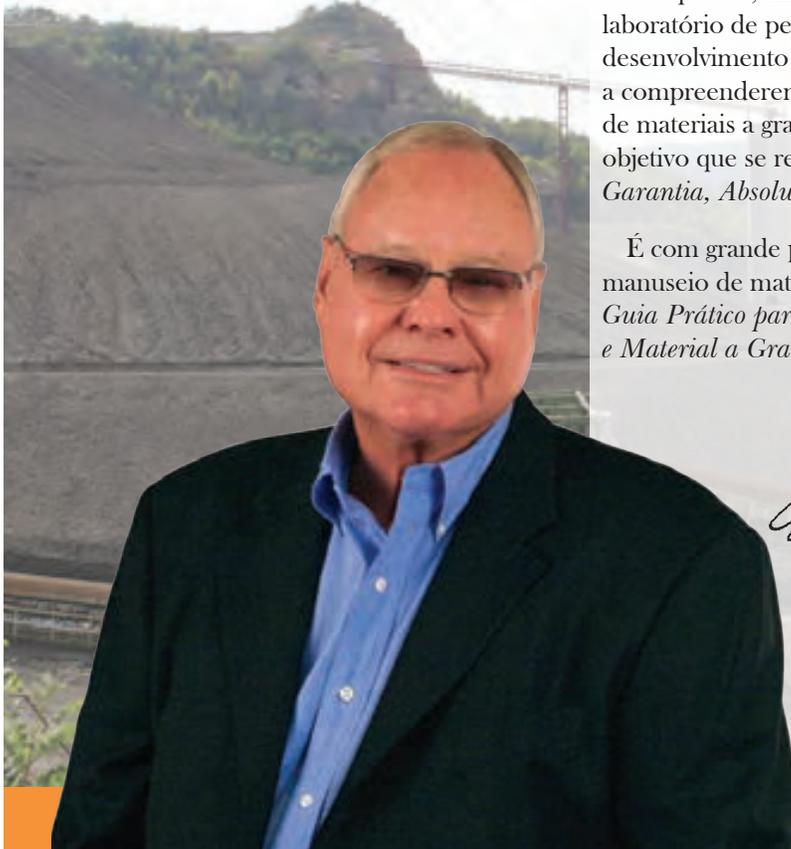
Seguindo o exemplo do meu pai, a Martin permanece inovando constantemente na resolução de problemas relacionados ao manuseio de material a granel. Inerente aos valores da Martin, está o nosso objetivo de tornar o ambiente de manuseio de material industrial mais limpo, seguro e produtivo. Por quase 65 anos temos contribuído com o meio ambiente através do controle de pó e derramamento no manuseio de materiais a granel, seguindo uma proposta “ecológica” muito antes desse assunto tornar-se popular. O controle de pó e derramamento não é apenas uma ciência, é também uma arte. A Martin desenvolve ambos com maestria.

Martin, pioneira e líder mundial no desenvolvimento de sistemas projetados de limpeza e vedação de correia, continua inovando e dispõe de recursos para suprir as necessidades do setor por todo o mundo. Nosso Centro de Inovações para o Manuseio de Material a Granel (inaugurado em Junho de 2008) demonstra nosso compromisso com o aprimoramento do setor. Localizado em nossa matriz mundial, em Neponset, Illinois, EUA, o Centro de Inovações (CFI) é tanto um laboratório de pesquisas em ciências fundamentais como um centro de desenvolvimento de produtos industriais. Visa auxiliar nossos clientes a compreenderem e resolverem problemas relacionados ao manuseio de materiais a granel. Controlar o pó e seu derramamento é um objetivo que se realiza todos os dias para nossos clientes, graças a nossa *Garantia, Absoluta e Sem Desculpas*.

É com grande prazer que apresento para aqueles envolvidos com manuseio de materiais a granel, a quarta edição de *Foundations™: Guia Prático para um Controle mais Limpo, Seguro e Produtivo de Pó e Material a Granel*.



Edwin H. Peterson
Presidente, Conselho Administrativo
Martin Engineering



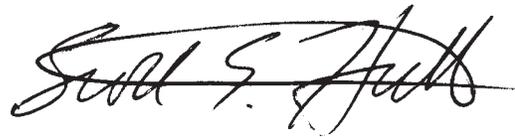
Desde seu início, na década de 1940, a Martin Engineering é comprometida com segurança, excelência e inovação no manuseio de materiais a granel. Desde os primeiros vibradores industriais até os conceitos de ponta em transportadores existentes hoje em dia, nosso foco estratégico no aprimoramento contínuo representa o crescimento e o desenvolvimento das práticas em prol do controle efetivo da movimentação de material e do aprimoramento de operações envolvendo transportadores de correia. Muitas de nossas melhorias são baseadas em nossa convicção fundamental de que, para a obtenção de um manuseio limpo, seguro e produtivo de material a granel, as empresas devem assegurar o controle integral do material em seus transportadores de correia.

Com a inauguração do Centro de Inovações para o Manuseio de Material a Granel em nossa matriz global localizada em Neponset, Illinois, EUA, a Martin se empenhou significativamente e demonstrou, de maneira substancial, um desenvolvimento contínuo para a indústria de manuseio de materiais a granel. Nosso objetivo é compartilhar o conhecimento adquirido mediante essa ciência fundamental no centro de pesquisa prática aplicada, com universidades, associações e clientes. Através desses recursos e com comprometimento, a Martin continuará sendo a líder no fornecimento de informações e no desenvolvimento de tecnologias para controle de pó, derramamento e materiais fugitivos.

Baseados em nossa experiência e pesquisa, nossa intenção é fornecer um extenso programa educacional que inclui treinamentos *on-line*, *workshops*, seminários, programas de certificação e apresentações técnicas em conferências. Pretendemos trabalhar em conjunto com universidades parceiras para levar ao setor de manuseio de materiais a granel pesquisas mais atuais, dados técnicos mais confiáveis e as melhores práticas. A Martin continuará a introduzir informações ao redor do mundo por meio de nossos livros e *workshops*, todos focados em auxiliar as indústrias que manuseiam materiais a granel a assumir uma postura limpa, “Think Clean®”, enquanto aprimoram a eficiência, produtividade e segurança.

Como todos sabem, trabalhamos em todo o mundo numa indústria perigosa, e precisamos ser enfáticos para evidenciar tais preocupações. Existem muitos ferimentos e fatalidades em nosso ramo que poderiam ser evitados. Devemos considerar a segurança em operações de transportadores como uma prioridade. No início da revisão de *Foundations* para esta quarta edição, os autores tomaram a decisão consciente de transferir nossa ênfase em segurança para a seção inicial do livro. Além do material no capítulo de segurança, o leitor irá encontrar informações adicionais e notas de segurança no decorrer do livro. A maioria dos capítulos inclui uma seção distinta designada “Questão de Segurança” para o leitor analisar. Simplificando, devemos nos empenhar mais em proteger a vida daqueles que trabalham nessa indústria.

Através da leitura de *Foundations™, Guia Prático para um Controle mais Limpo, Seguro e Produtivo de Pó e Material a Granel*, você irá conhecer mais sobre a expertise e a filosofia da Martin. Esperamos que o considere útil, tornando a operação de seus transportadores mais limpa, segura e produtiva.



Scott E. Hutter
Presidente e Diretor Executivo
Martin Engineering



A pergunta mais comum feita por engenheiros que encontro em minhas viagens pelo mundo é “Que mudanças observou no setor de manuseio de materiais a granel nos últimos 50 anos?”

O que mudou?

A. Computadores: Primeiro e acima de tudo está o computador. Ele rastreia, registra e protege tudo que fazemos. Cinquenta anos atrás, as prioridades de projetos para transportadores estavam em livros; hoje em dia, elas estão em bancos de dados de computadores.

“Que mudanças você observou no setor de manuseio de materiais a granel nos últimos 50 anos?”

Como resultado, engenheiros mecânicos graduados somente sabem fazer desenhos e cálculos com o auxílio do computador.

Programas avançados de computador permitem que engenheiros vejam “imagens virtuais” e que desenvolvedores vejam representa-

ções visuais das propriedades de fluxo de um material.

Esses programas permitem diversas possibilidades de desenvolvimento para que engenheiros possam obter os resultados almejados em cada ponto de transferência no transportador. No entanto, é importante lembrar que o modelo gerado por computador somente será válido quando um engenheiro ou técnico, que tenha experiência prática com o material a granel em questão, o tiver revisado. Além disso, o engenheiro experiente ou técnico deve aprovar os componentes do transportador, lembrando que eventualmente eles precisarão ser consertados, portanto, devem ser desenvolvidos visando fácil acessibilidade e uma manutenção segura.

B. Experiência Prática: Atualmente, a maioria das fábricas opera 7 dias por semana, 24 horas por dia. A gerência pode exigir que uma fábrica dobre a produção com uma equipe reduzida pela metade. Essas instalações precisarão de manutenção

nos transportadores na medida em que os imprevistos ocorram, mas os operadores não podem parar a produção em função da necessidade de atingir metas. Antigamente, quando novos engenheiros eram inseridos em programas de aprendizagem junto com colegas experientes, eles eram expostos a situações do mundo real. Eles adquiriam experiência para uma rápida análise e o reparo de quebras, de maneira a permitir que a fábrica retomasse a produção. Como resultado de modernas técnicas de engenharia, sistemas de manuseio de materiais a granel estão sendo desenvolvidos por detalhadores com pouca ou nenhuma experiência prática. Enquanto fábricas, usinas e minas vêm tentando manter os equipamentos mecânicos funcionando e produzindo, operadores são forçados a aceitar um *design* com poucos recursos de acesso para reparo do sistema. Na medida em que observo fábricas modernas dotadas com os mesmos projetos de engenharia utilizados 30 anos atrás, pergunto-me quem será capaz de conservar, diariamente, os componentes que tendem a falhar ou desgastar, especialmente quando o projeto do equipamento não tem recursos que permitem a execução de reparos necessários de maneira prática e rápida.

Aprimoramentos em projeto podem ser executados de maneira mais eficiente por aqueles com experiência prática em transportadores. Operadores experientes têm conhecimento para conduzir uma equipe de desenvolvimento, prevenindo falhas no equipamento e fornecendo meios para reparar problemas com o mínimo de paralisação. Eles devem ser estimulados a contribuir para o projeto dos equipamentos.

C. Normas Ambientais e de Segurança: Outras diferenças estão nas intensificadas normas e nos regulamentos ambientais e de segurança, que atualmente devem ser incorporados aos projetos. Essas normas tornaram-se tão importantes quanto as exigências para produção de transportadores. Ficou obvio para mim, desde a década de 1950, que “Material de Retorno” e pó eram assuntos de segurança/saúde/prejuízo que precisavam ser considerados durante o projeto inicial, ao invés de esperar ameaças de multa ou suspensão das operações, impostas por inspetores, para então eliminar o perigo do “Material de Retorno”.

O que nos aguarda no futuro?

A. Transportadores Limpos: Eu vejo muito céu azul; eu vejo manuseio limpo de material feito por transportadores de correia que possam ser lavados e secados. Esse sistemas super limpos serão desenvolvidos pela atual comunidade de engenheiros que trabalhará com segurança, em conjunto com técnicos ambientais e de processo, para desenvolver projetos que não sejam somente gentis com os trabalhadores, mas também com o meio ambiente. O objetivo é desenvolver sistemas que atendam todas as normas governamentais, em prol de uma operação segura e limpa.

B. Facilidade na Manutenção dos transportadores: O *design* de transportadores terá como base um reparo rápido, fácil e intuitivo. Normas de segurança poderão permitir, no futuro, que técnicos certificados em transportadores reparem transportadores de correia durante seu funcionamento. Semelhante às normas de segurança que permitem eletricitistas certificados inspecionar uma caixa de comando elétrica sem cortar a alimentação, os técnicos em transportadores poderão reparar equipamentos em funcionamento, resultando em menos acidentes, maior produção e maior lucro. Além disso, com uma manutenção aprimorada, pode-se controlar de maneira mais eficiente problemas de “Material de retorno” (a causa real da maioria dos acidentes relacionados aos transportadores), e os técnicos autorizados irão aumentar consideravelmente a disponibilidade de produção.

C. Limpeza, Segurança e o Meio Ambiente: Haverá uma crescente demanda por parte das pessoas, comunidades e agências governamentais para que as operações com transportadores sejam limpas, seguras e ecologicamente corretas. Eu imagino que aqueles operadores que optarem por ignorar tais demandas serão penalizados ou estarão sujeitos às severas multas governamentais.

50 Passados – 50 Futuros

Muitas mudanças ocorreram nos últimos 50 anos e tornaram o manuseio de material a granel mais limpo, seguro e produtivo: a utilização de computadores para elaborar projetos ideais para cada ponto de transferência, equipes de desenvolvimento utilizando a base de conhecimento dos operadores para aprimorar o *design*, e normas para tornar o manuseio de materiais a granel mais limpo e seguro tanto para os trabalhadores como para o meio ambiente.

Ainda existe muito espaço para mudanças positivas durante os próximos 50 anos, de maneira a tornar o setor ainda mais limpo, funcional, produtivo e seguro. Aprimoramentos que revolucionam o manuseio de materiais a granel continuarão a ser feitos. Esperamos que a próxima edição de *Foundations*™ descreva muito mais desses avanços.

“Mantenha uma postura limpa! - Think Clean®”

Dick Stahura

Consultor de Aplicação de Produto



R. P. Stahura



DEDICATÓRIA

É uma honra para nós dedicarmos a quarta edição de *Foundations™: Guia Prático para um Controle mais Limpo, Seguro e Produtivo de Pó e Material a Granel* aos seguintes:

Funcionários de Indústrias que Manuseiam Materiais a Granel: Muito foi pensado sobre o capítulo de segurança e a seção de segurança de cada capítulo. Portanto, dedicamos este livro aos funcionários em todo o mundo que foram, infelizmente, feridos enquanto trabalhavam com transportadores de correia. Dedicamos este livro especialmente aos funcionários que perderam suas vidas e a suas famílias. Embora trágicos, tais infortúnios ampliaram nossa conscientização sobre os perigos associados aos transportadores de correia e à importância da segurança.

R. Todd Swinderman, PE.: Todd é uma força propulsora por trás de várias dessas inovações atuais em nosso setor. Ele foi útil no desenvolvimento de normas coerentes para o setor através da Conveyor Equipment Manufacturers Association - CEMA (Associação de Fabricantes de Equipamentos de Transporte). Atuando como um dos representantes da associação e como ex-presidente e diretor executivo da Martin, sua orientação, influência e experiência profissional já abordaram todas as facetas das operações de transportadores ao redor do mundo.

Família Peterson e Funcionários da Martin Engineering (antigos, atuais e futuros): Por mais de 65 anos, membros da família Peterson dedicaram suas vidas ao aprimoramento das indústrias que manuseiam materiais a granel, tornando o ambiente de trabalho mais limpo, seguro e produtivo. Os funcionários da Martin sempre tiveram em mente os melhores interesses dos clientes, do setor e da empresa. Eles trabalharam horas infindáveis para alcançar a visão do pai fundador da empresa. Através de dedicação e determinação, os funcionários ajudam a perpetuar a tradição da Martin como líder mundial em pesquisa e inovação em transportadores.

Andrew D. Marti

Larry J. Goldbeck

Daniel Marshall

Mark G. Strebel



SEÇÃO 1

FUNDAMENTOS PARA O MANUSEIO SEGURO DE MATERIAIS A GRANEL

• Capítulo 1	2
CONTROLE TOTAL DE MATERIAIS	
• Capítulo 2	14
SEGURANÇA	
• Capítulo 3	28
TRANSPORTADORES PASSO A PASSO: COMPONENTES DO TRANSPORTADOR	
• Capítulo 4	36
TRANSPORTADORES PASSO A PASSO: A CORREIA	
• Capítulo 5	60
TRANSPORTADORES PASSO A PASSO: EMENDAS DA CORREIA	

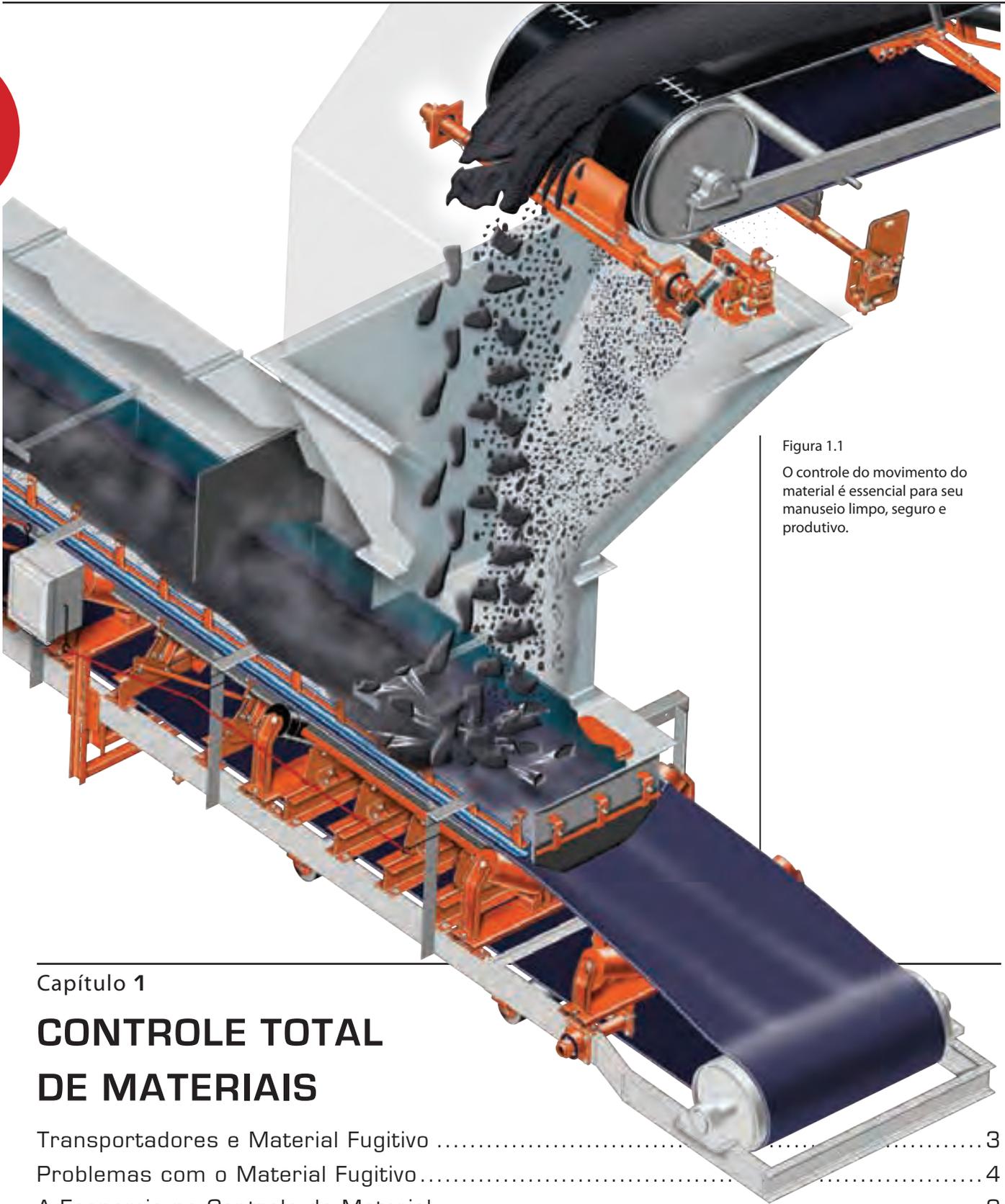


Figura 1.1
O controle do movimento do material é essencial para seu manuseio limpo, seguro e produtivo.

Capítulo 1

CONTROLE TOTAL DE MATERIAIS

Transportadores e Material Fugitivo	3
Problemas com o Material Fugitivo.....	4
A Economia no Controle de Material	9
Armazenando Informações para o Controle Total de Materiais	11
Tópicos Avançados.....	12
A Oportunidade do Controle Total de Materiais	12

Neste capítulo...

Neste capítulo descrevemos alguns problemas que podem ocorrer devido a materiais fugitivos: redução da eficiência na operação, da segurança da fábrica, da qualidade do produto e do moral dos funcionários, juntamente com o aumento dos custos de manutenção e exposição a outros agentes. Também identificamos o custo da perda desse material. Como um modo de abordar esses problemas, discutimos a necessidade de ter um controle total sobre os materiais, que é a base deste livro (**Figura 1.1**).

Uma operação de manuseio de materiais a granel é projetada para aceitar a entrada de determinada quantidade de matéria-prima e devolver de maneira confiável a mesma quantidade de material a uma taxa pre-determinada, em um ou mais pontos, até o final do processo.

Infelizmente, isso raramente acontece. Perda de material, derramamento, emissões, diminuição de fluxo e bloqueios podem ocorrer durante o processo de manuseio, resultando na perda de produção e, assim, causando outros problemas associados. Tais problemas custarão bilhões de dólares por ano para as indústrias que trabalham com manuseio de materiais a granel em todo o mundo.

Este livro procura identificar muitas das causas dos problemas com o manuseio de materiais e sugere estratégias práticas, ações e equipamentos que podem ser usados para auxiliar no aumento da eficiência desse processo. Esse é um conceito conhecido como Controle Total de Materiais®.

Controle Total de Materiais e TMC (da sigla em inglês) são marcas registradas da Engineering Services & Supplies PTY Limited (ESS), uma licenciada da Martin Engineering, localizada em Currumbin, Austrália (*Referência 1.1*).

TRANSPORTADORES E MATERIAL FUGITIVO

Material fugitivo das correias é fato que ocorre diariamente na maioria das fábricas. Isso acontece na forma de derramamento ou vazamento nos pontos de transferência ou resíduos que aderem à correia e passam pelo ponto de descarregamento, caindo dela ao

longo do seu retorno. Esse processo também acontece na forma de pó carregado pelas correntes de vento e forças de carregamento. Esse pó se acumula na estrutura da correia, nos equipamentos e no chão. Algumas vezes, a natureza do problema em uma determinada correia pode ser determinada à partir da localização da pilha de material fugitivo (**Figura 1.2**). Os resíduos caem para baixo do transportador, o derramamento cai para os lados, e o pó cai em tudo, incluindo os sistemas e as estruturas sobre o transportador. Entretanto, muitos transportadores exibem todos esses sintomas, dificultando a identificação do tipo de problema (**Figura 1.3**).

Outro problema que ocorre nas operações de manuseio de materiais são as restrições de fluxo. Uma fábrica de manuseio de materiais é projetada para trabalhar a uma determinada taxa de fluxo de transporte de material. Presta-se muita atenção ao custo dos derramamentos, no entanto, os custos devidos aos problemas com o fluxo e os atrasos na produção não deveriam ser ignorados.

Bloqueios em chutes e recipientes podem acarretar na paralisação na produção, o que causa atrasos que custam milhares de dólares



Figura 1.2

A fonte do material fugitivo pode, às vezes, ser determinada pela localização da pilha de material perdido.



Figura 1.3

Muitos transportadores de materiais a granel exibem todos os sintomas de derramamento, formação de resíduos e pó carregado pelo ar, o que torna mais difícil a identificação de qualquer fonte e sua solução.

por hora de período ocioso e perda de várias oportunidades. Bloqueios em chutes frequentemente causam o transbordamento de material.

Obstruções em chutes ou recipientes, muitas vezes, fazem com que o material se eleve repentinamente em quantidades que caem na correia receptora. Tanto o transbordamento quanto a repentina elevação do material são fatores que muito contribuem para o derramamento. O material depositado sob a extremidade da correia é muitas vezes confundido com resíduo acumulado, quando pode, na verdade, ser o resultado de elevação repentina e transbordamento. O acúmulo de resíduos geralmente é composto de uma camada de material fino, portanto, a presença de uma camada de material maior que 10 milímetros apontará a causa do material fugitivo como elevação repentina ou transbordamento.

PROBLEMAS COM MATERIAIS FUGITIVOS

Resultados de Materiais Fugitivos

Desde que transportadores começaram a ser utilizados, o material fugitivo está presente em fábricas; portanto, sua presença é com frequência aceita como parte do processo. De fato, funcionários de manutenção e de produção, que são regularmente encarregados da limpeza, podem encarar esse serviço como uma forma de “estabilidade no emprego”.

Como consequência, o problema de material se perdendo no sistema de manuseio a granel é muitas vezes considerado “sem solução”. Enquanto é visto como uma bagunça e um perigo, não se acredita poder haver sistemas verdadeiramente práticos para controlá-lo. Portanto, derramamento e vazamento de pó em pontos de transferência e de outras fontes nas fábricas são aceitos como rotineiros ou eventos inalteráveis. Materiais fugitivos tornam-se um sinal de que a indústria está operando: “Estamos ganhando dinheiro, então, há material fugitivo”.

Houve um tempo em que a poluição – fosse oriunda das chaminés, fosse dos pontos de transferência dos transportadores – era vista como sinal de fortalecimento industrial. Atualmente, esses problemas são considerados

indicadores de possível má administração e desperdício. Tal poluição e desperdício devem ser vistos como oportunidade de melhoria em eficiência e resultados financeiros.

Se não for verificado, o material fugitivo representa uma perda crescente dos transportadores, refletida em eficiência, produtividade e lucratividade da fábrica. Materiais perdidos pelo sistema de correias geram gastos para a fábrica de várias maneiras. Apresentamos apenas algumas:

- A. Menor eficiência operacional.
- B. Custos mais altos de manutenção dos transportadores.
- C. Menor segurança da fábrica.
- D. Baixo moral dos funcionários.
- E. Qualidade do material reduzida.
- F. Mais exposição a agentes externos e outros grupos.

Falaremos sobre tais custos de uma forma mais abrangente nas seções a seguir.

A. *Menor Eficiência Operacional*

Pode-se dizer que o material mais caro em qualquer operação é o material derramado da correia. Em uma fábrica limpa, “todo” o material é carregado em uma correia transportadora em uma extremidade e, então, é “todo” descarregado na outra extremidade. O material é manuseado apenas uma vez: quando é colocado na correia. Isso obviamente significa alta eficiência: a fábrica manuseou o material o mínimo possível. O material que foi derramado tornou-se fugitivo, no entanto, é material que foi recebido, processado de alguma forma e daí perdido. Pagou-se por esse material, mas não haverá nenhum retorno financeiro sobre ele.

Na verdade, o material fugitivo pode ser uma perda contínua: ele desgasta equipamentos, ao longo do tempo, como os rolos dos transportadores e o trabalho adicional pode ser necessário para reprocessá-lo, antes de voltar ao sistema – se puder ser retornado ao processo. Entretanto, uma vez fugitivo, o material pode estar contaminado e impróprio para retornar ao sistema. Se o material fugitivo não puder ser usado novamente, a eficiência cai ainda mais drasticamente. Em muitos lugares, materiais básicos como calcário ou areia que caem da correia são classificados como lixo prejudicial e

devem ser jogados fora a um custo significativo.

Materiais fugitivos também podem ser vistos como problema para a eficiência da fábrica, porque será necessário mais trabalho para a limpeza do local. Materiais da produção podem ser manuseados em grandes máquinas, em quantidades significantes, em grandes lotes, em enormes porções e em vagões, geralmente de maneira automatizada ou por controle remoto. Em contrapartida, materiais fugitivos são, na maioria das vezes, coletados por varredoras, uma pá carregadeira ou um caminhão a vácuo – ou até mesmo de uma forma bem antiquada, por um funcionário com uma pá.

B. Custos Mais Altos de Manutenção dos Transportadores

A fuga de materiais dos transportadores leva a um grande número de problemas no próprio sistema do transportador. Tais problemas aumentam as despesas com manutenção.

A primeira e mais evidente despesa adicional é o custo com a limpeza. Isso inclui o custo com mão de obra para reunir todo o material e aspirá-lo e então, recolocá-lo na correia (**Figura 1.4**). Em algumas fábricas, limpeza significa um homem com uma pá; em outras, o custo é intensificado porque envolve horas de pá, caminhões “aspiradores” ou outro equipamento pesado usado para movimentar grandes pilhas de material. Um fator mais difícil de rastrear, porém que deve ser incluído, é o valor de outro trabalho, que não pode ser feito devido ao fato de o pessoal estar ocupado com atividades de limpeza. Esse atraso nas atividades de manutenção pode levar a falhas catastróficas e despesas ainda maiores.

Ao escaparem, os materiais se acumulam nos componentes dos transportadores e em outros equipamentos próximos. Os rolos falham quando abarrotados ou emperrados por materiais (**Figura 1.5**). Não importa o quão bem construído seja um rolo, o material fino acaba migrando pela vedação até os rolamentos. Depois que os rolamentos emperram, o movimento constante da correia pelo rolo pode corroer a capa da correia com surpreendente rapidez, deixando uma extremidade afiada no rolo travado, o que é uma ameaça à vida útil da correia (**Figura 1.6**). Rolos e polias “travados” aumentam a fricção contra a correia, consumindo mais

energia do motor do transportador.

Rolos travados criam outros riscos ainda maiores, inclusive a possibilidade de incêndios no sistema. Uma instalação exportadora de carvão na Austrália sofreu danos sérios devido a um incêndio no transportador principal de carregamento. Tal incêndio foi causado por um rolo emperrado e alimentado pelo material acumulado. O fogo destruiu grande parte da extremidade dianteira do transportador, causando uma falha na correia de 1.600 mm e queimando cabos elétricos e controles. Os reparos ficaram prontos em quatro dias, mas o custo total do incêndio foi estimado em US\$ 12 milhões.

Outro risco é o material se acumular na superfície dos rolos e polias, fazendo com que a correia saia do seu alinhamento (**Figura 1.7**). Acúmulo de materiais nos componentes móveis pode acarretar sérios problemas no alinhamento da correia, resultando em danos a ela e em outros equipamentos, assim como risco de ferimentos para os funcionários.



Figura 1.4

Para algumas fábricas, o custo com a limpeza inclui o custo da operação de caminhão a vácuo (aspirador) e outros equipamentos pesados.



Figura 1.5

Material fugitivo pode enterrar a área de carregamento, levando a falhas em rolos, incêndio na correia e perda de alinhamento desta.



Figura 1.6

Rolos falham quando estão abarrotados ou enterrados sob do material. O movimento do transportador sobre rolos “travados” desgasta-os, tornando-os afiados como facas.

Uma correia desalinhada pode se mover para dentro da estrutura do transportador e começar a friccionar a correia e a estrutura.

Se essa situação não for rapidamente percebida, grandes extensões da correia podem ser destruídas, além da sua própria estrutura de aço. Uma correia trabalhando solta gera interrupções na produção, já que ela precisa ser parada e reparada antes de retomar as operações.

Uma situação particularmente problemática ocorre quando materiais fugitivos criam um problema e escondem sua evidência. Por exemplo, acúmulos de materiais úmidos em volta das estruturas de aço do transportador podem acelerar a corrosão e dificultar a visualização do problema por funcionários da fábrica (**Figura 1.8**). Em um cenário ainda pior, o problema poderia acarretar danos catastróficos.

O mais preocupante nessa situação é o fato de que tais problemas se autopropagam. O derramamento leva a acúmulos de material nos rolos, fazendo com que a correia opere em desalinhamento, o que, por sua vez, conduz a mais derramamento. Materiais fugitivos podem de fato criar um círculo vicioso nas atividades – e tudo isso aumenta os custos de manutenção.

C. Menor Segurança da Fábrica

Acidentes em fábricas custam muito em

termos de saúde dos funcionários e do volume e da eficiência na produção. Em 2005, o Conselho Nacional de Segurança (National Safety Council), nos Estados Unidos, calculou US\$ 1.190.000 como o custo de uma morte relacionada ao trabalho; o custo de um ferimento incapacitante foi avaliado em US\$ 38.000, o que inclui pensão e lucros cessantes, despesas médicas e administrativas. Esses números não incluem nenhuma estimativa de dano material e não devem ser utilizados para estimar a perda econômica total para a comunidade.

Dados estatísticos da Mine Safety and Health Administration (MSHA, sigla inglesa para Administração de Segurança e Saúde em Minas), nos Estados Unidos, indica grosseiramente que a metade dos acidentes que ocorrem em torno dos transportadores de correias em minas é atribuída à limpeza e aos reparos necessários decorrentes de derramamento e acúmulo. Se materiais fugitivos pudessem ser eliminados, a frequência com que os funcionários estariam expostos a tais perigos seria significativamente reduzida. Excesso de derramamento também pode acarretar ameaças menos óbvias à segurança.

Na Austrália, o seminário em segurança do Departamento das Grandes Indústrias (Department of Primary Industries) alertou que, no período de seis anos, entre 1999 e 2005, 85 incêndios foram relatados envolvendo transportadores de correias em minas subterrâneas no Estado de New South Wales. Dentre eles, 22 foram atribuídos ao derramamento de carvão, e 38, ao alinhamento da correia. Entre as doze recomendações contidas no relatório, havia: “Melhoria do alinhamento da correia” e “Parar o funcionamento dos transportadores quando houver derramamento”.

Em 2006, nos Estados Unidos, um incêndio em um transportador de correia em uma mina subterrânea resultou em duas mortes. A causa desse incêndio foi atribuída ao aquecimento por atrito de uma correia desalinhada que levou ao acúmulo de pó de carvão, material fino e ao derramamento, juntamente com graxa e óleo.

Muitos países agora reforçam procedimentos regulatórios de segurança em empresas. Neles estão incluídas as solicitações de análise do

Figura 1.7

Material acumulado na superfície das polias e dos rolos pode levar a correia ao desalinhamento, resultando em danos à correia e a outros equipamentos.



Figura 1.8

Acúmulo de material úmido em volta das estruturas de aço dos transportadores pode acelerar a corrosão e dificultar a visualização do problema por funcionários da fábrica.



perigo em todas as atividades. Os códigos de prática no desenho e na operação da fábrica exigem que, uma vez identificado um perigo, uma medida de segurança deve ser tomada. A hierarquia para o controle do perigo geralmente sugere como medida indicada: “eliminar o perigo”. O controle dependerá da gravidade do perigo e do *layout* do equipamento em questão.

D. Baixa Moral dos Empregados

Enquanto os detalhes específicos do emprego de um indivíduo têm muito a ver com a quantidade de gratificações recebidas no trabalho, o ambiente físico também exerce uma influência significativa sobre os sentimentos de um trabalhador em relação ao seu local de trabalho.

Uma fábrica limpa oferece um local seguro de trabalho e constrói uma sensação de orgulho para com ele. Como resultado, os funcionários têm seu moral elevado. Trabalhadores com moral elevado têm maior probabilidade de serem pontuais e de desempenharem melhor suas tarefas. As pessoas tendem a se sentir orgulhosas se seu local de trabalho tem boa aparência e elas trabalharão para que ele continue nessas condições. É difícil ter orgulho de se trabalhar em uma fábrica vista como suja e ineficiente pelos vizinhos, amigos e, especialmente, pelos próprios trabalhadores.

É fato que os empregos que envolvem tarefas repetitivas e não recompensadoras, como a limpeza de derramamentos de transportadores, têm maiores níveis de absenteísmo e ferimentos no trabalho. É um exercício monótono o de recolher com uma pá uma pilha de derramamento hoje, sabendo que outra pilha estará de volta amanhã.

E. Qualidade do Material Reduzida

Materiais fugitivos podem contaminar a fábrica, o processo e o produto final. Materiais podem ser depositados em equipamentos sensíveis e influenciar negativamente leituras de sensores ou corromper fórmulas estritamente controladas.

Materiais fugitivos dão uma imagem negativa à qualidade do produto de uma fábrica e representam um mau exemplo para os esforços gerais dos empregados. O princípio mais básico e universal de muitos dos programas

corporativos de “Qualidade Total” ou outros programas populares nos últimos anos é o de que cada porção de cada trabalho deve ser desempenhada de modo a atingir o padrão de qualidade. O esforço de cada empregado deve contribuir com e refletir a totalidade dos esforços de qualidade. Caso os empregados vejam que uma porção da operação, como a correia do transportador, não está operando com eficiência – fazendo bagunça e contaminando o resto da fábrica com materiais fugitivos –, eles ficarão acostumados a aceitar desempenhos abaixo da perfeição. Uma atitude negativa e um desempenho negligente ou desleixado podem resultar dessa situação. Os materiais fugitivos são um exemplo visível das práticas desleixadas que os programas corporativos de qualidade buscam eliminar.

F. Mais Exposição a Agentes Externos e Outros Grupos

Materiais fugitivos funcionam como um para-raios: eles são um alvo fácil. Nuvens densas de pó atraem a atenção de forasteiros preocupados, incluindo agências reguladoras e grupos comunitários. Acúmulos de materiais sob os transportadores ou próximos a estradas, prédios e equipamentos enviam uma mensagem para agências governamentais e companhias de seguro. A mensagem é que a fábrica é negligente em suas operações e merece inspeções e atenção adicionais.

Se uma fábrica é intimada por sujeira e insegurança, algumas agências reguladoras podem ordenar a interrupção de suas atividades até que os problemas sejam resolvidos. Grupos comunitários podem gerar uma exposição desagradável na mídia e criar confrontos em várias audiências e outras reuniões públicas.

Uma operação limpa recebe menos atenção não desejada de agências reguladoras; é também um alvo menos atraente para grupos ambientalistas. A economia de custos pode resultar em menos multas, seguro mais barato, menores gastos com advogados e menor necessidade de programas de relações comunitárias.

O Problema Adicional do Pó Transportado pelo Ar

Sérias preocupações surgem quando o pó é transportado pelo ar e escapa dos sistemas

transportadores. O pó é um problema maior que o derramamento: enquanto o derramamento é contido no chão da fábrica, partículas de pó são facilmente transportadas pelo ar para fora das instalações (**Figura 1.9**).

Em sua série *Melhores Práticas de Gestão Ambiental em Mineração*, o Ministério de Meio Ambiente da Austrália emitiu um relatório sobre controle de pó em 1998 (*Referência 1.2*). O relatório analisou as fontes de pó transportado pelo ar em várias fábricas de processamento mineral. O relatório indicou que as fontes primárias de pó eram as seguintes:

Britagem.....	1-15%
Peneiramento.....	5-10%
Empilhamento	10-30%
Recuperação.....	1-10%
Transportadores de Correias.....	30-60%

No Ato Ar Limpo, a Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) foi obrigada por lei a reduzir o nível de partículas de pó no ambiente. A maioria das instalações de manuseio de materiais a granel é obrigada a manter níveis respiráveis de pó em áreas fechadas abaixo de dois miligramas por metro cúbico (2.0 mg/m^3) para um período de oito horas. Operações em minas subterrâneas podem em breve ser obrigadas a alcançar níveis de 1.0 mg/m^3 . O descumprimento dos padrões de qualidade do ar pode resultar em severas penalidades por agências reguladoras federais, estaduais e locais.

A Administração de Segurança e Saúde Ocupacional (sigla em inglês OSHA), nos Estados Unidos, determinou que pó transportado pelo ar, dentro e ao redor de equipamentos, pode resultar em condições perigosas de trabalho. Quando os inspetores da OSHA ou MSHA recebem uma reclamação

ou uma amostra de ar que mostre violação da saúde, pode haver litígio subsequente.

Pó respirável, partículas menores que 10 microns de diâmetro, não é filtrado pelas defesas naturais do sistema respiratório humano e, então, penetra profundamente nos pulmões – onde pode ficar preso e levar a sérios problemas de saúde. Esses problemas de saúde podem ser encontrados nos trabalhadores e podem até ocorrer nos moradores da vizinhança.

Uma assustadora possibilidade que pode surgir do pó transportado pelo ar é o risco de explosões de pó. O pó pode ser concentrado até níveis explosivos dentro de um espaço fechado. Um incidente dessa natureza – além de acarretar custos enormes em reparações, substituições, multas reguladoras e perda de produtividade – pode resultar no maior custo de todos: a perda de uma vida.

ISO 14000 e o Meio Ambiente

A contínua globalização do comércio promete padrões mais unificados. Assim como o ISO 9000, desenvolvido pela Organização Internacional de Padronização (da sigla em inglês ISO), tornou-se um padrão mundial para a codificação de procedimentos de qualidade, o desenvolvimento do ISO 14000 estabelecerá uma agenda internacional para os impactos operacionais sobre o meio ambiente. O ISO 14000 prescreve diretrizes e especificações voluntárias para a gestão ambiental. O programa exige:

- A. Identificação das atividades de uma empresa que tenham impacto significativo sobre o meio ambiente.
- B. Treinamento de todo o pessoal cujo trabalho pode causar impacto significativo sobre o meio ambiente.
- C. Desenvolvimento de um sistema de auditoria para garantir que o programa seja devidamente implementado e mantido

Limites Regulatórios

Enquanto nenhuma agência reguladora estabeleceu limites específicos sobre a quantidade de materiais fugitivos permitida – o peso da pilha ao lado do transportador ou a quantidade de acúmulo sob um rolo –, limites para a quantidade de pó transportado pelo ar

Figura 1.9

Pó transportado pelo ar é uma séria preocupação, na medida em que escapa de transportadores e pontos de transferência.



foram estabelecidos. A OSHA determinou Limites Permissíveis de Exposição (PELs em inglês) e Limiar de Valores Limites (TLVs em inglês) para cerca de 600 substâncias reguladas.

Tais regulamentações especificam a quantidade de pó permitida, expressa em parte por milhão de partes de ar (ppm em inglês), para gases, e em miligramas por metro cúbico (mg/m³) para partículas como pó, fumaça e névoa. É responsabilidade da empresa cumprir esses padrões; caso contrário, enfrentará sanções como intimações por parte de agências reguladoras, ação legal, taxas mais altas de seguro e até prisão.

Tais procedimentos da OSHA observam que os inspetores devem estar cientes dos acúmulos de pó em teto, paredes, chão e outras superfícies. A presença de materiais fugitivos serve de alarme para inspetores e cria a necessidade de utilização de amostras de ar para verificar a possibilidade de taxas elevadas de pó transportado pelo ar.

Enquanto a ISO e outras agências/grupos continuam a forçar a criação de limites reguladores, eles continuarão a diferir de país para país. Podemos dizer que as regulamentações ambientais, incluindo controle de pó, serão cada vez mais restritivas em todo o mundo. Tais diretrizes, muito provavelmente, serão ampliadas para incluir materiais fugitivos lançados por transportadores.

A ECONOMIA DO CONTROLE DE MATERIAIS

Como um Pouco de Material se Torna um Grande Problema

Materiais fugitivos escapando de transportadores representam uma séria ameaça ao bem-estar financeiro de uma operação. A pergunta evidente é: “Como podem custar tanto?”. Um ponto de transferência derrama apenas uma pequena fração do material que se move através dele. No caso de um ponto de transferência de um transportador que se move continuamente, um pouco de material pode rapidamente formar uma quantidade considerável. Quantidades relativamente pequenas de materiais fugitivos podem se acumular, formando grandes quantidades, com o passar do tempo (**Tabela 1.1**)

Na vida real, materiais fugitivos escapam dos pontos de transferência em quantidades muito maiores que quatro gramas por minuto. Estudos realizados na Suécia e no Reino Unido examinaram as perdas reais com materiais fugitivos e os custos de tais perdas.

Pesquisa sobre o Custo de Materiais Fugitivos

Em um relatório intitulado *O Custo do Pó, da Bagunça e do Derramamento em Fábricas de Manuseio de Materiais a Granel para a Indústria do Reino Unido*, oito fábricas de manuseio de materiais como alumínio, coque,

Acúmulo de Material Fugitivo com o Passar do Tempo					
Material Fugitivo Lançado	Acúmulo				
	Hora	Dia	Semana	Mês	Ano
	(60 minutos)	(24 horas)	(7 dias)	(30 dias)	(360 dias)
“pacote de açúcar “ (4 g)/hora	4 g (0.1 oz)	96 g (3.4 oz)	672 g (1.5 lb _m)	2,9 kg (6.3 lb _m)	34,6 kg (75.6 lb _m)
“pacote de açúcar “ (4 g)/minuto	240 g (8.5 oz)	6,2 kg (13.8 lb _m)	43,7 kg (96.3 lb _m)	187,2 kg (412.7 lb _m)	2,2 t (2.5 st)
“pá cheia” 9 kg/hora	9 kg (20 lb _m)	216 kg (480 lb _m)	1,5 t (1.7 st)	6,5 t (7.2 st)	77,8 t (86.4 st)
“Porção” 20 kg/hora	20 kg (44 lb _m)	480 kg (1056 lb _m)	3,4 t (3.7 st)	134,4 t (15.8 st)	172,8 t (190 st)
“pá cheia” 9 kg/minuto	540 kg (1200 lb _m)	13 t (14.4 st)	90,7 t (100.8 st)	388,8 t (432 st)	4665,6 t (5184 st)

Tabela 1.1



calcário, cimento e argila foram examinadas. Os custos foram ajustados para refletir um aumento anual devido à inflação. Esse estudo, compilado para a Instituição de Engenheiros Mecânicos, estabeleceu que os materiais fugitivos industriais adicionam um custo que chega a 1% de perda de materiais e US\$ 0.70 por tonelada de rendimento de trabalho. Resumindo, para cada tonelada carregada pelo transportador, há uma perda de 10 kg, assim como custos adicionais significativos de despesas gerais.

Esse custo geral foi determinado através da soma dos quatro componentes a seguir:

- A. O valor da perda de material (calculado em 1% do material).
- B. O custo do trabalho de limpeza do derramamento, sendo em média de US\$ 0.22 por tonelada de produção.
- C. O custo das peças e do trabalho adicional de manutenção advindo do derramamento, sendo em média de US\$ 0.15 por tonelada de produção.
- D. Custos peculiares especiais para indústrias específicas, como o custo de reprocessamento do derramamento e o custo de check-ups médicos para funcionários expostos a ambientes carregados de pó, representando US\$ 0.33 por tonelada de produção.

Observação: Esse prejuízo inclui materiais fugitivos advindos de problemas como derramamento e acúmulos de materiais na correia do transportador, juntamente com materiais fugitivos carregados pelo vento de pilhas de estocagem.

Um estudo similar em 40 fábricas, realizado pelo Instituto Real de Tecnologia na Suécia, estimou que as perdas materiais representam dois décimos de 1% do material manuseado, e os custos adicionais gerais chegam a US\$ 2.02 por tonelada.

O interessante é que, em ambas as pesquisas, foi a perda de material em si, não as peças e o trabalho de limpeza e manutenção, o que adicionou o maior custo por tonelada transportada. Entretanto, os custos indiretos referentes ao uso de mão de obra para limpezas que demandam tempo ao invés de utilizá-las para produção não foram incluídos na pesquisa. Tais números seriam difíceis de calcular.

É mais fácil calcular o custo real da interrupção de um sistema transportador do que, por exemplo, reduções na quantidade de material processado em um dia. Se uma correia se movimenta 24 horas por dia, cada hora de perda de produção devida à interrupção da correia pode ser calculada como a quantidade e o valor de mercado do material não entregue em relação à capacidade total do sistema. Isso afeta o rendimento e os lucros da fábrica.

A Economia do Controle de Material

O custo de sistemas de controle de materiais fugitivos geralmente é levado em consideração três vezes, ao longo da vida útil do transportador. A primeira é durante o desenho do sistema; a segunda no lançamento do sistema; e a terceira durante as operações do sistema, quando se descobre que os sistemas iniciais não impedem a fuga de materiais.

Geralmente, é muito difícil, com novas instalações, prever as exigências precisas para o controle de material. Na maioria dos casos, somente um palpite pode ser feito, com base em experiências com materiais ou transportadores similares, corroborado por julgamentos intuitivos de engenharia. Um axioma que merece ser lembrado é: “Uma decisão que custa \$1 para ser executada no estágio de planejamento normalmente custa \$10 para ser alterada no estágio de desenho e \$100 para ser corrigida no local de operação”. A lição é: é melhor planejar para as piores condições possíveis do que tentar forçar ajustes através de equipamentos adicionais, depois que o sistema inicial se provou mal desenhado.

Os detalhes dos pontos de transferência de transportadores, como o desenho final e a instalação de defletores de chutes, às vezes são deixados para o estágio de lançamento. Pode representar uma vantagem o fato de se permitir que fornecedores de sistemas especializados sejam responsáveis pela instalação final de engenharia (no local) e pelo lançamento de seus próprios equipamentos. Isso pode adicionar custos de lançamento, porém é geralmente a maneira mais efetiva de se ter uma correta instalação e de centralizar a responsabilidade pelo desempenho de equipamentos.

As fábricas geralmente são construídas em uma taxa de custo por tonelada de aço

fabricado. Mesmo que os melhores controles de manuseio de materiais não sejam incluídos no desenho, custa muito pouco a mais para garantir que estruturas e chutes sejam instalados de modo que permitam a instalação de sistemas superiores em algum momento futuro. As consequências de escolhas baseadas em pequenas economias feitas no desenho inicial são o problema que criam: materiais fugitivos e entupimento de chutes, acarretando despesas adicionais para sua correção.

ARMAZENANDO INFORMAÇÕES PARA O CONTROLE TOTAL DE MATERIAIS

Muita atenção é prestada à engenharia de componentes-chave de transportadores de correia. Frequentemente, outros fatores que afetam a confiabilidade e a eficiência desses sistemas caros são ignorados. O custo de materiais fugitivos é um deles.

O armazenamento de informações sobre o tema de materiais fugitivos não é parte do padrão de relatórios feitos por funcionários de operações ou de manutenção. A quantidade de derramamento, a frequência de ocorrência, os materiais de manutenção consumidos e os custos relacionados ao trabalho em si raramente são totalizados para se chegar ao custo real dos materiais fugitivos. Todos os fatores – como as horas de trabalho e a frequência da limpeza; o desgaste na correia e na emenda dos transportadores; o custo da substituição de rolos, incluindo o preço de compra, trabalho e tempo ocioso; e até mesmo a energia adicional consumida para superar rolos emperrados com o acúmulo de materiais – deveriam ser calculados para determinar o custo real dos materiais fugitivos. Os componentes cuja vida útil pode ser encurtada por materiais fugitivos, como rolos, revestimentos de polias e a própria correia, deveriam ser examinados para determinar sua vida útil e o ciclo de substituição.

Programas computadorizados de manutenção poderiam facilmente incluir um campo para a causa da falha de qualquer peça substituída. Os menus descendentes desses programas deveriam incluir causas de derramamento, ingresso de pó, ingresso de água e desgaste por abrasão de material (para

rolos). Isso permitiria a geração de relatórios computadorizados de custo *versus* causa de falhas dos componentes. Esse programa deveria incluir dados sobre limpeza da correia e, vedação lateral sua, para que custos precisos possam ser determinados para o sistema instalado.

Alguns serviços contratados de manutenção mantêm bases de dados dos transportadores dos clientes, incluindo especificações dos sistemas, detalhes do estado do equipamento e procedimentos realizados. Essas informações são úteis para o agendamento de manutenção preventiva e para determinar quando recursos externos devem ser utilizados. Elas podem ser utilizadas para um melhor gerenciamento dos equipamentos e do orçamento de uma operação.

A medição dos materiais fugitivos em pontos de transferência é difícil. Em uma área fechada, é possível usar instrumentos de medição de opacidade para determinar a densidade relativa de pó no ar. Para pontos de transferência a céu aberto, a medição de pó é um desafio, apesar de não ser impossível.

Uma técnica básica é a de limpar uma área definida e pesar ou estimar o peso ou volume do material retirado e o tempo consumido na limpeza. O acompanhamento é conduzido através de repetidas limpezas em intervalos regulares de tempo. A frequência dos intervalos – semanais, diários ou de hora em hora – dependerá das condições da fábrica.

A parte mais difícil é a determinação do ponto de origem dos materiais fugitivos. Materiais fugitivos podem ter sua origem em acúmulos nos transportadores, derramamento causado por desalinhamento da correia, vazamento na vedação lateral, derramamento advindo de rápidas elevações durante o carregamento ou carregamento desalinhado, vazamento por buracos nos chutes causados por corrosão ou falta de parafusos ou mesmo em pisos acima do sistema.

A pessoa que realizar um estudo de materiais fugitivos deve levar em consideração o número de variáveis que podem influenciar os resultados. Para isso, a pesquisa deve ser conduzida em um período razoável de tempo e incluir a maior parte das condições comuns de operação, incluindo: condições ambientais,

cronograma de operação, umidade do material e outros fatores que criam ou agravam problemas com materiais fugitivos.

Armazenar informações sobre a quantidade de derramamento – e os custos do trabalho, peças e tempo ocioso associados a ele – deveria ser um fator-chave para o sistema de gerenciamento de informações para a operação de transportadores de correia. Um estudo de engenharia de materiais fugitivos e as recomendações para o controle total de materiais somente serão sensatos se contiverem tais informações abrangendo um período de operações.

Para muitos sistemas de transportadores, os custos associados com materiais perdidos facilmente justificariam medidas corretivas. Na maioria dos casos nos quais registros adequados foram mantidos, provou-se que uma modesta melhoria no controle de materiais rapidamente pagou os custos de instalação de sistemas específicos. Somente a economia em despesas de trabalho normalmente paga a instalação de qualquer equipamento aperfeiçoado em menos de um ano.

TÓPICOS AVANÇADOS

O Gerenciamento do Risco e o Risco para o Gerenciamento

Muitos países estão começando a responsabilizar pessoalmente a gerência pelas falhas na mitigação de condições como o derramamento e o pó resultantes de transportadores mal desenhados, operados e mantidos. Na Austrália, por exemplo, a pena máxima por falhar em tomar medidas corretivas para um problema conhecido que cause a morte ou lesões corporais graves é multa de \$ 60,000 (AUD) e dois anos de prisão para o gerente, assim como uma multa de \$ 300,000 (AUD) para a empresa. Não há dúvida de que um número substancial de acidentes em torno dos transportadores está diretamente relacionado com a limpeza de derramamentos e de acúmulos. Também se sabe que há métodos e produtos para se controlar esses problemas. Consequentemente, qualquer gerente que opte por ignorar tais problemas e, como resultado, arrisque a saúde de trabalhadores corre o risco de ser submetido a tais penalidades.

A utilização de um formato de padrão industrial de “Análise de Riscos” – para determinar a probabilidade e o nível de consequência dos “perigos” vivenciados na limpeza de derramamentos e acúmulos sob e ao redor dos transportadores – fornece uma determinação do risco para empregados e gerentes (**Tabela 1.2**).

A maioria dos operadores e funcionários da manutenção mais conservadores avaliaria a “Probabilidade” de um incidente relacionado à segurança ocorrer durante a limpeza de derramamentos e acúmulos debaixo e ao redor dos transportadores de correia como “B: Já ocorreu ou quase ocorreu” ou “C: Pode ocorrer ou já ouvi dizer que ocorreu” com as “Consequências para Pessoas” classificadas como “2: Ferimentos Sérios”. Movendo-se esses valores de “Probabilidade” e “Consequências para Pessoas” para o “Calculador de Nível de Risco”, uma classificação de Nível 5 ou Nível 8 coloca as atividades de limpeza na categoria de “Extremo Risco” de um ferimento sério (**Tabela 1.2**).

Essas classificações demonstram uma situação na qual o gerenciamento do risco para os gerentes de operações significa que as diligências apropriadas devem ser colocadas em prática através da instalação de sistemas que eliminem ou minimizem esses perigos.

Consequentemente, gerentes devem fazer tudo ao seu alcance para eliminar as ocasiões (como limpeza de transportadores) que exponham os funcionários a perigos, tanto para o bem-estar de seus empregados quanto para a redução dos riscos para si mesmos.

A OPORTUNIDADE DO CONTROLE TOTAL DE MATERIAIS

Finalizando...

Quando os custos criados por materiais fugitivos são compreendidos, torna-se evidente que o controle de materiais em transportadores e pontos de transferência pode oferecer benefícios para transportadores de correia e para as operações que dependem deles. Tal controle tem se provado difícil de ser alcançado – e ainda mais difícil de ser mantido.

É necessária uma abordagem planejada e consistente para auxiliar no controle total de materiais. Trata-se de uma oportunidade de



redução de custos e de aumento da eficiência e lucratividade de muitas operações.

O controle total de materiais significa que materiais não são mantidos na correia e no sistema. Eles são movidos – para onde são necessários, nas condições necessárias, na taxa de fluxo necessária – sem perdas ou consumo excessivo de energia e sem falhas prematuras em equipamentos ou custos excessivos de manutenção. O controle total de materiais melhora a eficiência da fábrica e reduz os custos para os proprietários.

Este livro apresenta vários conceitos que podem ser utilizados em um programa para se alcançar o controle total de materiais para transportadores de correia.

A Seguir...

Este capítulo tratou sobre Controle Total de Materiais, o primeiro capítulo

na seção Fundamentos para o Manuseio Seguro de Materiais a Granel, introduziu a necessidade e os benefícios da redução de derramamentos e pó. O capítulo seguinte, Segurança, dá continuidade a esta seção e explica a importância de práticas seguras ao redor de equipamentos de manuseio de materiais a granel, assim como modos pelos quais o controle total de materiais aumentará a segurança da fábrica.

REFERÊNCIAS

- 1.1 Engineering Services & Supplies PTY Limited. Australian Registration #908273, Total Material Control and Registration #716561, TMC.
- 1.2 Environment Australia. (1998). *Best Practice Environmental Management in Mining: Dust Control*, (ISBN 0 642 54570 7).

Sistema de Matriz de Risco			
Passo 1 : Determinar Probabilidade		Passo 2: Determinar Consequência (Maior das Duas)	
Probabilidade		Consequências para Pessoas	Consequências para a Planta, Instalações, produtividade e meio ambiente:
A	Diária: Ocorrência comum ou frequente	1 Fatalidade, incapacidade permanente	Perigo extremo, extrema reorganização dos negócios. Dano severo ao meio ambiente.
B	Semanal: Já ocorreu ou quase ocorreu	2 Ferimento ou doença grave (tempo perdido)	Perigo de alto nível, significativa reorganização dos negócios. Dano sério ao meio ambiente.
C	Mensal: Pode ocorrer ou já ouvi dizer que ocorreu	3 Incapacidade ou ferimento de curto prazo (tempo perdido)	Dano de nível médio, séria interrupção da produção. Dano reversível ao meio ambiente.
D	Anual: Não é provável que ocorra	4 Tratamento médico, ferimento	Dano de baixo nível, pequena interrupção da produção. Pequeno dano ambiental
E	Uma vez a cada 5 anos: Praticamente impossível	5 Primeiros socorros ou sem ferimentos	Dano insignificante, interrupção mínima da produção. Sem danos ambientais

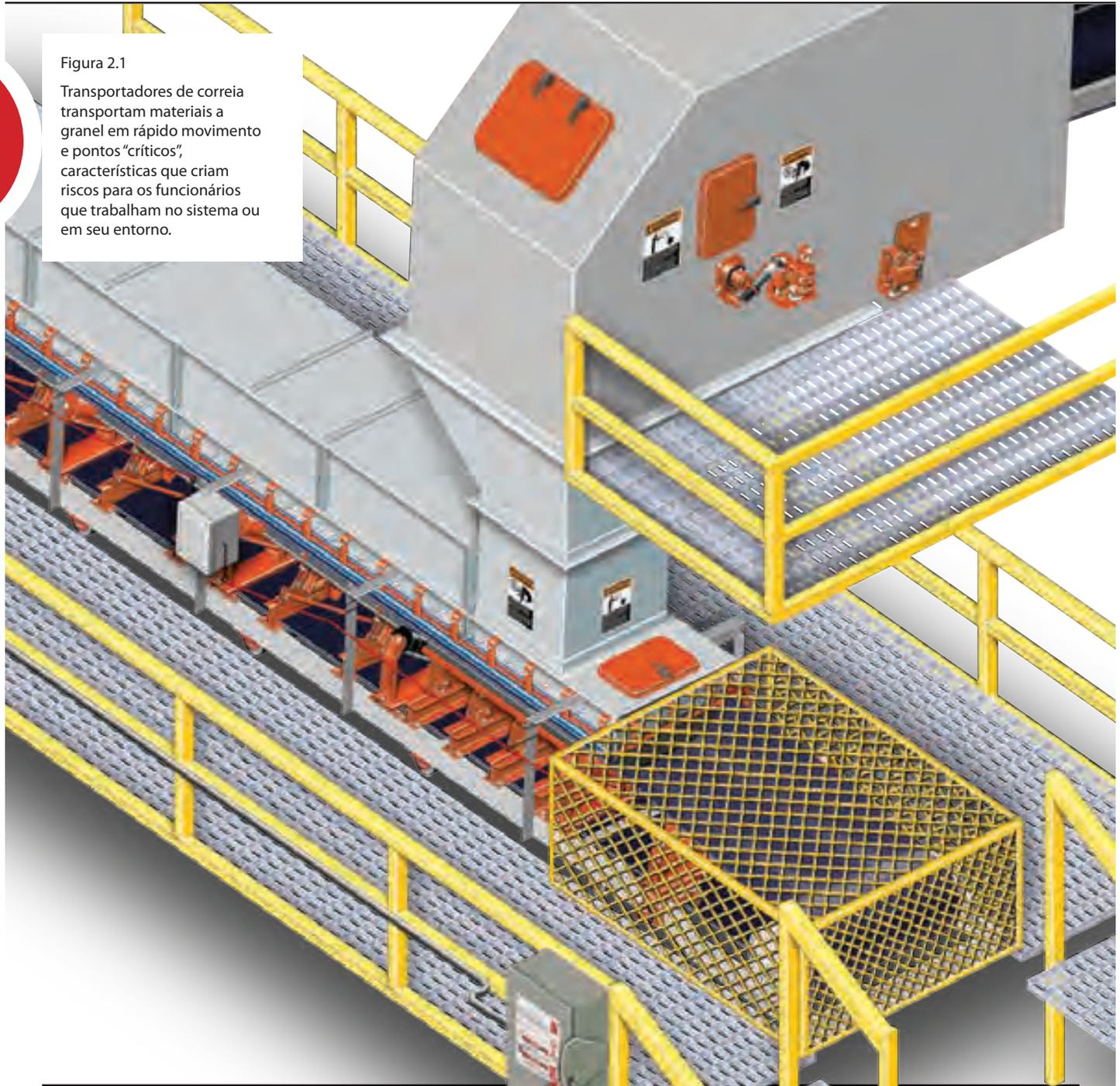
Tabela 1.2

Passo 3: Calculador do Nível de Risco – Calcular Risco					
	A	B	C	D	E
1	1 EXTREMO	2 EXTREMO	4 EXTREMO	7 EXTREMO	11 SIGNIFICANTE
2	3 EXTREMO	5 EXTREMO	8 EXTREMO	12 SIGNIFICANTE	16 MODERADO
3	6 EXTREMO	9 SIGNIFICANTE	13 SIGNIFICANTE	17 MODERADO	20 MODERADO
4	10 SIGNIFICANTE	14 SIGNIFICANTE	18 MODERADO	21 BAIXO	23 BAIXO
5	15 SIGNIFICANTE	19 MODERADO	22 BAIXO	24 BAIXO	25 BAIXO

Exemplo típico de um sistema de matriz de risco como o utilizado na Austrália; origem desconhecida.

Figura 2.1

Transportadores de correia transportam materiais a granel em rápido movimento e pontos “críticos”, características que criam riscos para os funcionários que trabalham no sistema ou em seu entorno.



Capítulo 2

SEGURANÇA

Os Registros e os Problemas	15
Práticas de Segurança em Transportadores.....	18
Treinamento de Segurança	23
A Importância da Responsabilidade dos Funcionários	24
Tópicos Avançados.....	25
Benefício Duplo da Segurança do Transportador	25

Neste Capítulo...

Neste capítulo nós focamos a importância de práticas de segurança e treinamento para os que trabalham nos arredores de transportadores. Causas potenciais de acidentes são examinadas juntamente com os custos destes, tanto os diretos como os indiretos. São descritos procedimentos gerais e práticas específicas de segurança. Discute-se também o treinamento apropriado, tanto para os novatos quanto para os veteranos, assim como o conteúdo apropriado para tal treinamento. O capítulo é concluído com uma revisão da responsabilidade pessoal exigida para a prevenção de acidentes nos transportadores e em seu entorno.

Os transportadores utilizam grandes quantidades de energia mecânica no que seria basicamente uma tira gigante de borracha, esticada firmemente e enfiada em um labirinto de componentes (**Figura 2.1**). Essa tira suporta uma carga pesada e é puxada a grande velocidade. As forças aplicadas são significativas e potencialmente perigosas. Devido à sua natureza, os transportadores de correia transportam materiais a granel em rápida movimentação e pontos “críticos”. Tais características podem gerar riscos para os funcionários que trabalham no transportador ou em seu entorno. Qualquer um que tenha que se aproximar de um transportador de correia deve estar sempre ciente da força envolvida no sistema e manter um respeito saudável por seu potencial de ferir ou matar um indivíduo não treinado ou ingênuo.

Um sistema de transportador tem um impulso de 450 quilowatts de força (600 hp) – assim como a inércia e a energia potencial de sua carga de toneladas de material. É fácil constatar como uma correia transportadora em movimento facilmente venceria um trabalhador em uma competição de “cabo de guerra”, resultando na possibilidade de ferimentos graves ou morte.

Todas as formas de transporte a granel – de caminhões de mineradoras a trens e navios – têm seus próprios perigos e suas preocupações com segurança. Apesar de também apresentarem sua parcela de riscos, transportadores devidamente desenhados, operados e mantidos podem representar um método seguro e eficaz de movimentação de materiais.

Acidentes podem acontecer, mas também podem ser prevenidos. A segurança em

transportadores começa com desenhos e projetos que evitem perigos previsíveis. A gerência deve especificar equipamentos que sejam seguros e de fácil manutenção, e os trabalhadores devem seguir as regras. O estabelecimento e a manutenção de práticas seguras no desenho, na construção, na operação e na manutenção de transportadores e de pontos de transferência auxiliarão enormemente na prevenção de acidentes. Treinamento apropriado é um fator-chave para promover segurança para trabalhadores cujos empregos os coloquem próximos a sistemas de transportadores de correia.

OS REGISTROS E OS PROBLEMAS

Como a Segurança do Transportador se Relaciona com o Pó e o Derramamento

Materiais fugitivos dos transportadores de correia aumentam os riscos à segurança de várias maneiras (**Figura 2.2**). Materiais fugitivos criam a necessidade de pessoal para limpá-los e a realizar a manutenção nos transportadores e em seu entorno. Colocar funcionários próximos à correia em movimento cria a oportunidade para um contato inadvertido se transformar em um ferimento grave ou em morte (**Figura 2.3**).



Figura 2.2
Materiais fugitivos aumentam os riscos à segurança para os funcionários nos transportadores e em seu entorno.



Figura 2.3
Funcionários trabalhando próximo a uma correia em movimento podem criar a oportunidade para que um contato inadvertido se transforme em ferimento grave ou morte.

Transportadores e Segurança: Uma Olhada nos Registros

Devido ao tamanho de suas cargas de materiais, à velocidade de sua operação e à quantidade de energia que consomem e contêm, os transportadores apresentam um conjunto de perigos bastante particular. Como resultado, transportadores provaram ser uma das principais causas de acidentes industriais, incluindo ferimentos graves e fatalidades.

Um relatório da Administração de Segurança e Saúde de Minas (MSHA) nos Estados Unidos examinou acidentes em transportadores de minas de metais/não metais registrados no período de quatro anos, entre 1996 e 2000. O relatório da MSHA (*Referência 2.1*) listou as seguintes atividades de trabalhadores relacionadas àqueles acidentes:

- A. Trabalho sob ou próximo a equipamentos mal protegidos.
- B. Uso de mãos ou ferramentas para remover materiais de rolos em movimento.
- C. Tentativa de liberar rolos emperrados, enquanto o transportador continua em movimento.
- D. Tentativa de remover ou instalar protetores em um transportador em operação.
- E. Tentativa de remover material da polia dianteira ou traseira com a correia em operação.
- F. Uso de roupas largas nas proximidades de transportadores de correia em movimento.
- G. Não bloqueio de correia transportadora atrasada antes de desobstruí-la (tanto correias planas como inclinadas), já que existe energia armazenada em uma correia atrasada.
- H. Alcançar atrás da proteção para puxar a Correia-V.

Uma análise do documento (*Referência 2.1*), incluindo um total de 459 acidentes, dos quais 22 foram incapacitantes e 13 fatais, mostra que 192 (42%) dos ferimentos relatados (incluindo 10 fatalidades) ocorreram enquanto os trabalhadores feridos estavam realizando manutenção, lubrificando ou conferindo transportadores. Outros 179 (39%) dos ferimentos relatados (incluindo 3 fatalidades) ocorreram enquanto o sujeito estava limpando ou liberando com pá o espaço ao redor dos transportadores (**Tabela 2.1**).

O relatório da MSHA não encontrou diferenças na probabilidade de acidentes com base em idade, experiência ou posto de trabalho das vítimas.

Um estudo preliminar de 233 acidentes fatais em mineração, nos Estados Unidos, durante os anos de 2001 a 2008, revelou que houve 48 fatalidades, em 47 incidentes envolvendo transportadores (*Referência 2.2*). Os dados foram compilados a partir de relatórios da Administração de Segurança e Saúde em Minas do Departamento de Trabalho dos EUA.

As atividades mais frequentemente listadas como causas de fatalidades relacionadas a transportadores foram as de Manutenção, como a substituição de rolos ou correia ou a liberação de bloqueios, com 35% (ou 17 mortes), ou uso de pás ou mangueiras para remover derramamentos ou a liberação de acúmulos em roldanas, em segundo, com 27% (ou 13 mortes). Muitas dessas fatalidades resultam de vítimas presas na correia em movimento por terem se aproximado demais de um ponto de risco não protegido ou por trabalhar em um transportador em movimento.

Tabela 2.1

Dados da MSHA sobre Acidentes em Transportadores entre 1996 e 2000			
Causa do Ferimento	Fatal	Não fatal	Total
Pego pela Correia em Movimento	10	280	290
Manutenção, Lubrificação ou Inspeção	10	182	192
Limpeza e Uso de Pá	3	176	179
Total*	13	446	459

* O número total em cada coluna não é a soma da coluna, já que pode haver múltiplos casos citados para qualquer acidente específico (*Referência 2.1*)



TRANSPORTADORES PODEM SER MORTAIS

2

Na medida em que ele caminhava ao longo da correia de 45 metros do transportador, a qual ia do britador até o recipiente de armazenamento, ele notou que a polia tensionadora estava abarrotada de graxa. Ele já trabalhava na moagem há 10 anos, e, em todo esse tempo o raspador na polia da extremidade responsável por manter a correia limpa parecia precisar constantemente de ajustes. Pois bem, ele o faria em um minuto. Mas antes limparia a polia tensionadora.

O operador do britador não estava em seu posto, e tanto o esmagador quanto o transportador estavam parados. Ele caminhou de volta à cabine de controle, religou o transportador e foi buscar uma pá carregadeira, dirigindo-a de volta à polia tensionadora. Ele elevou a concha da carregadeira a uma altura suficiente para que ele pudesse ficar de pé e alcançar a polia. Pegando uma ferramenta – uma enxada comum com um cabo reduzido de 40 centímetros –, ele subiu até a concha e começou a raspar a graxa da polia. Ele havia realizado a tarefa daquela forma várias vezes antes, e o trabalho se tornava muito mais rápido com a polia em movimento. A correia estava se movendo apenas 2, 3 metros por segundo – cerca de apenas 8 km por hora.

Antes mesmo de que ele soubesse o que estava acontecendo, algo parecia ter agarrado primeiro a ferramenta e depois seu braço, levantando-o da concha. A dor de seu braço sendo esmagado durou apenas até que seu ombro e seu pescoço batassem contra a estrutura do transportador. Ele morreu

instantaneamente. Tinha 37 anos de idade.

Essa história não é ficção. Ela também não é a única que poderia ter sido selecionada. Existem várias histórias de casos como esse. Os transportadores matam com muita frequência – ou amputam, cortam, esmagam.

Devido ao fato de os transportadores serem tão comuns, é fácil subestimá-los e se tornar complacente. E, a cerca de 8 km por hora, eles não parecem estar se movendo tão rapidamente. É fácil acreditar que a vítima nessa história poderia simplesmente ter soltado a ferramenta quando ela ficou presa. Mas não é bem assim.

Oito quilômetros por hora significam cerca de 2,2 metros por segundo. A essa velocidade, se seu tempo de reação é três quartos de um segundo, sua mão já teria se deslocado 1,6 metros, antes mesmo de você soltar a ferramenta. Mesmo que seu tempo de reação seja mais rápido, como três décimos de um segundo, sua mão se deslocaria 660 milímetros. Isso é rápido o suficiente para ficar preso, caso você esteja usando uma ferramenta curta. E, se for uma peça larga de roupa que ficar presa, não importa qual o seu tempo de reação. Já é tarde demais.

Impresso com permissão do informativo “Safety Reminder”, publicado pela Associação de Segurança de Recursos Naturais de Ontário (Referência 2.4). (Medidas de conversão adicionadas pela Martin Engineering.)

Na África do Sul, o relatório do Comitê Consultivo de Pesquisa em Sistemas de Transportadores de Correia e Segurança em Minas examinou mais de 3.000 acidentes (incluindo 161 fatalidades em transportadores de correia) entre 1988 e 1999 (Referência 2.3, pág. 27). Entre os achados que ecoaram do relatório supracitado da MSHA, o documento observou que “para pessoas trabalhando em transportadores em movimento, proteções inapropriadas e bloqueios ineficientes destacam-

se como causas principais de acidentes em transportadores”. De acordo com o relatório, os ferimentos mais frequentes são resultado de pessoas trabalhando em polias dianteiras ou traseiras, rolos e chutes de carregamento.

O Custo de Acidentes em Transportadores

Alguns dos custos diretos advindos de acidentes – como tratamento médico, salários perdidos e menor produtividade – podem

ser identificados. Despesas menos evidentes associadas com acidentes são conhecidas como custos “indiretos” ou “ocultos” e podem ser várias vezes mais altas que os custos diretos. Tais custos ocultos incluem:

- A. Despesas e tempo gasto para encontrar um substituto temporário para o trabalhador ferido.
- B. Tempo usado por outros empregados para socorrer o trabalhador ferido.
- C. Tempo usado pela supervisão para investigar o ocorrido, preparar relatórios de acidentes e fazer ajustes no cronograma de trabalho.
- D. Danos materiais em ferramentas, materiais e equipamentos.
- E. Atrasos no cumprimento de tarefas.

Em 2005, o Conselho Nacional de Segurança dos Estados Unidos listou US\$1,190,000 como o custo de uma morte relacionada ao trabalho; o custo de um ferimento incapacitante foi avaliado em US\$ 38,000. Nessa contabilidade estão incluídas perdas de salários e produtividade, despesas médicas e administrativas. Os números não incluem estimativas de danos materiais.

É fácil perceber que mesmo uma pequena redução no número de acidentes relacionados a transportadores pode economizar quantias significativas de dinheiro para uma operação.

PRÁTICAS DE SEGURANÇA EM TRANSPORTADORES

Práticas Gerais de Segurança em Transportadores

Há certas práticas de segurança que deveriam ser observadas independentemente do desenho do transportador ou de suas circunstâncias de operação. Elas incluem:

- A. Procedimentos de fechamento/sinalização/bloqueio/teste.
Procedimentos de fechamento/sinalização/bloqueio/teste devem ser estabelecidos para todas as fontes de energia da correia do transportador, assim como os acessórios e equipamentos associados. Materiais a granel na correia podem representar perigo de queda de pedaços ou energia potencial que movimenta a correia mesmo quando a energia do sistema foi cortada. Somente o

fechamento e a sinalização podem não ser suficientes para garantir a segurança de um trabalhador; portanto, é importante que, após fechar e sinalizar o transportador, o funcionário faça o bloqueio e o teste para se assegurar de que ele não pode se mover. Tais procedimentos devem ser seguidos antes de se iniciar qualquer trabalho – seja de construção, instalação, manutenção ou inspeção – na área.

- B. Cronograma de inspeção/manutenção
Um cronograma formal de inspeção e manutenção deve ser desenvolvido e seguido para o sistema de manuseio de material. Tal programa deve incluir botões de emergência, luzes, sirenes, instalação elétrica e etiquetas de aviso, assim como as partes móveis do transportador e os componentes acessórios.
- C. Observância da velocidade de operação e capacidade.
A velocidade de operação e a capacidade projetadas para os transportadores, chutes e outros equipamentos de manuseio de materiais não devem ser ultrapassadas.
- D. “Caminhada ao redor” por segurança.
Todas as ferramentas e os materiais de trabalho devem ser removidos da correia e do chute antes de se reiniciar um transportador. Uma “caminhada ao redor” por segurança é recomendada antes do reinício da operação do transportador.
- E. Controles de emergência.
Todos os controles de emergência devem estar localizados próximo ao sistema, de fácil acesso e livres de entulhos ou de obstruções.
- F. Equipamento de proteção individual (EPI) e uniforme.
Equipamento de proteção individual e uniforme apropriado, em conformidade com as exigências do local (incluindo normalmente capacete, óculos de proteção e calçados com biqueira de aço) devem ser utilizados na área do transportador. Roupas largas ou volumosas não são permitidas; assim como cabelos longos soltos ou joias.
- G. Práticas seguras enquanto o sistema estiver em operação.
É importante nunca cutucar ou tentar alcançar dentro de um transportador ou sistema de manuseio de material, ou

tentar limpar ou ajustar rolos ou outros componentes enquanto o sistema estiver em operação.

H. Sem funcionários no transportador.

Funcionários nunca devem ter permissão de sentar sobre, atravessar ou passear em um transportador de manuseio de material em operação. (Em algumas partes do mundo, pegar carona no transportador é um método aceito para os trabalhadores chegarem a suas áreas designadas; em outras, isso é estritamente proibido. Para fins de simplificação, este volume considerará as caronas em transportadores como um caso à parte da discussão acerca de transportadores de correia para materiais a granel.)

Padrões de Segurança para o Projeto e Operação de Transportadores

As práticas relatadas não devem substituir as diretrizes de segurança mais detalhadas publicadas pela Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos (ASME) no Padrão ASME B20.1-2006, *Padrão de Segurança para Transportadores e Equipamentos Relacionados*, e B15.1, *Padrão de Segurança para Aparelhos de Transmissão de Energia Mecânica*, nos Estados Unidos – por agências reguladoras apropriadas ao redor do mundo, ou nas regras de uma fábrica específica. Consulte referências, assim como as instruções de segurança fornecidas por fabricantes de sistemas específicos.

Na Austrália, a especificação AS1755-2000 do Padrão Austrália (do inglês Australia Standard – AS) *Equipamento de Segurança de Transportadores* se aplica ao projeto, construção, à instalação e proteção de transportadores e sistemas relacionados para o transporte de materiais.

Tais referências e/ou seus equivalentes nacionais ou internacionais devem ser consultados como um guia para o desenho e a construção de qualquer sistema de transportador de correia.

Sistemas Elétricos dos Transportadores e Segurança

Os sistemas elétricos de transportadores geralmente envolvem altas voltagens e sistemas complexos de comunicação e controle. O setor elétrico é quase sempre considerado

em separado, dentro do departamento de manutenção de uma fábrica. Somente trabalhadores que sejam especialmente treinados e certificados deveriam trabalhar em sistemas de fornecimento de energia elétrica e controles.

Avaliação de Segurança Pré-Trabalho

Antes de se iniciar qualquer trabalho em transportadores de correia, é recomendado que uma avaliação de segurança pré-trabalho seja realizada. Tal avaliação deve incluir todos os equipamentos que podem estar ligados àquele que de fato será consertado. Essa avaliação pré-trabalho deverá garantir que toda a área esteja segura para os trabalhadores e que o equipamento apropriado esteja disponível para o desempenho seguro do trabalho. Além disso, a inspeção de segurança pré-trabalho deve incluir a inspeção detalhada da área ao redor do sistema para verificar perigo de incêndio, tropeções ou queda de objetos.

Um item que normalmente não recebe a devida atenção nas inspeções de segurança pré-trabalho é a coordenação de todas as atividades dos empregados no transportador de correia. Por exemplo, trabalhadores no chute de entrada substituindo lâminas do raspador da correia, podem se ferir, caso os trabalhadores que estejam substituindo a correia a movam.

Procedimentos de Bloqueio/Sinalização

Uma parte crucial do programa de segurança de um transportador são os procedimentos de bloqueio/sinalização. Nos Estados Unidos, o bloqueio/sinalização são exigências da Administração de Segurança e Saúde Ocupacionais (OSHA); a MSHA



Figura 2.4

As regras de bloqueio/sinalização exigem que o suprimento de energia para o sistema transportador (e qualquer equipamento acessório) seja desligado, bloqueado, e sinalizado pela pessoa que estiver trabalhando no sistema.

adotou uma versão similar dessa regra. Para se alcançar segurança total frente à energia potencial armazenada na tensão da correia ou em materiais a granel elevados, componentes adicionais de bloqueio e teste são recomendados.

As regras de bloqueio/sinalização exigem que a energia para o sistema transportador seja desligada, bloqueada e sinalizada pela pessoa que estiver trabalhando no sistema (**Figura 2.4**). Somente a pessoa que bloqueou o sistema pode liberá-lo novamente. Isso impede que alguém inicie o funcionamento do transportador inadvertidamente, enquanto outra pessoa estiver trabalhando nele.

Procedimentos típicos de bloqueio/sinalização seguem:

A. Cadeado próprio.

Cada trabalhador deve colocar um cadeado próprio no botão ou nos botões de controle de energia. Isso pode exigir uma ou várias barras de bloqueio (**Figura 2.5**).

B. Chave própria.

Somente o empregado que colocar cada fechadura tem a chave para ela e somente

aquele empregado pode removê-la.

C. Cadeados múltiplos.

Se vários empregados estiverem trabalhando em uma determinada área, cada um deve colocar um cadeado na fonte de energia. Alguns equipamentos terão vários pontos que exigirão bloqueio.

D. Sinalização própria.

Cada empregado que colocar um cadeado deve também colocar uma sinalização que inclua seu nome e informações de contato.

Procedimentos de Bloqueio

Mesmo quando um transportador de correia for devidamente bloqueado e sinalizado, ainda pode haver quantidade significativa de tensão ou energia potencial presente no sistema. Um cenário de fácil compreensão seria o caso de uma correia inclinada sofrer um desligamento de emergência com material nela. O peso do material causará um rolamento da correia em sentido contrário. Tanto o movimento da correia quanto a potencial cascata de materiais na extremidade inferior do transportador representam riscos de ferimentos para empregados desafortunados ou ingênuos.

Levantar o contrapeso gravitacional da correia tensionadora pode não aliviar tais tensões. Esse método não é confiável. Freios e escoras podem ajudar a prevenir essa rolagem contrária. Entretanto, uma fábrica não deve depender de freios e escoras para prevenir uma correia de se movimentar sem controle. Houve situações em que a correia se moveu devido a tensões internas do esticamento da correia.

Chutes bloqueados, material preso em zonas de carregamento, sob a correia, ou rolamentos desgastados podem emperrar a correia o suficiente para criar tensões consideráveis. A correia pode se mover em qualquer direção, como nas condições no momento do trabalho; tais condições podem mudar e de fato mudam ao longo do trabalho.

Caso os empregados tenham que estar sobre a correia ou próximos a pontos de captura do transportador, a correia deve ser fisicamente impedida de se movimentar por sua própria energia. Isso é chamado “bloqueio” da correia do transportador. Grampos de correia, correntes e tensores (alças de alavancagem por catraca)

Figura 2.5

Colocar um cadeado no sistema de energia de um transportador impedirá que alguém inicie sua movimentação inadvertidamente, enquanto outra pessoa trabalha nele.



Figura 2.6

O grampo de correia deve ser seguro a uma parte da estrutura do transportador capaz de resistir às forças esperadas, não a um rolo.



podem ser utilizados para restringir fisicamente a correia, prendendo o aparelho de bloqueio a uma parte estrutural do transportador capaz de resistir às forças esperadas (**Figura 2.6**).

É recomendado que sejam adquiridos equipamentos de engenharia que grampeiem a correia de maneira segura, de modo a impedir sua movimentação.

Procedimentos de Teste

Um procedimento de teste oferece uma verificação final para garantir que o sistema esteja seguro e sem energia, antes de continuar o trabalho. É uma boa prática tentar iniciar o transportador ou o equipamento bloqueado após o cadeado ter sido instalado. Isso deve incluir tanto as estações locais de início/parada quanto os controles remotos do sistema. Isso garante que os disjuntores corretos foram desenergizados.

Proteções do Equipamento

É importante que pontos de risco – em equipamentos rotatórios, como polias dianteiras, e em equipamentos que permitam movimentos súbitos, como por gravidade – sejam equipados com proteções para prevenir invasões acidentais ou imprudentes por parte de empregados (**Figura 2.7**).

Tem se tornado cada vez mais comuns transportadores totalmente fechados por barreiras protetoras ao longo de passarelas para proteger os funcionários que tenham que utilizá-las (**Figura 2.8**). Tais proteções são feitas com malhas ou telas metálicas para permitir a observação das partes móveis e dos pontos de risco, impedindo uma aproximação que represente riscos para o funcionário (**Figura 2.9**).

Apesar de cada país ter suas exigências individuais, que devem ser cumpridas em termos da instalação apropriada de proteções em equipamentos, exigências locais e industriais devem ser também minuciosamente investigadas e implementadas.

Ao mesmo tempo, deve-se lembrar que o acesso para a manutenção deve ser disponibilizado para várias partes do equipamento. As barreiras físicas instaladas para proteger o equipamento devem ser cuidadosamente desenhadas; do contrário,



Figura 2.7

Pontos de risco em equipamentos rotatórios, como polias dianteiras, e em equipamentos que permitem movimentos súbitos, como por gravidade, devem ser equipados com proteções para prevenir invasões acidentais ou imprudentes de trabalhadores.



Figura 2.8

Tem se tornado cada vez mais comuns os transportadores totalmente fechados por barreiras protetoras ao longo de passarelas para proteger os funcionários que tenham que as utilizar.



Figura 2.9

As proteções são feitas de malhas e telas metálicas para permitir que os funcionários observem as peças móveis do transportador e pontos de risco sem uma aproximação que represente riscos.



Figura 2.10

Para proteger funcionários que trabalham próximo à correia, o transportador deve ser equipado com botões de parada de emergência do tipo "corda de emergência".

interferir na eficiência da manutenção. A remoção das proteções deve exigir uma ferramenta especial para impedir indivíduos não treinados de entrar no sistema. As proteções devem ser suficientes para impedir que um empregado alcance através ou ao redor delas para acessar pontos de risco.

Ao final dos procedimentos de manutenção, é importante que as proteções sejam retornadas à posição, antes de se reiniciar o transportador.

Cordas de Parada de Emergência

Para proteger os funcionários que trabalham próximo à correia, o transportador deve ser equipado com “corda de emergência” para parada de emergência. Tais cordas devem ser convenientemente montados ao longo das passarelas e dos passadiços (**Figura 2.10**). O sistema deve correr ao longo de toda a extensão e de ambos os lados do transportador, caso haja acesso ou passarela em ambos os lados da correia. As cordas devem ser ligadas ao sistema de energia da correia, para que, em caso de emergência, um simples puxão na corda interrompa o fornecimento de energia para o transportador, parando a correia.

Em 1995, a MSHA, nos Estados Unidos, alertou operadores de minas sobre as falhas potenciais de sistemas de paradas de emergência do tipo “corda de emergência” ao longo de transportadores. Após realizar testes com mais de 1.100 sistemas, a MSHA observou uma taxa de falha de 2%. A MSHA atribuiu esse problema a vários fatores:

- A. Derramamentos ao redor do botão, impedindo a desativação do transportador.
- B. Cordas rompidas ou frouxidão excessiva nelas.
- C. Rolamentos pivôs paralisados onde a haste do botão está coberta.

D. Falha de botões elétricos dentro do compartimento.

E. Ligação elétrica incorreta da corda ou circuitos de controle.

A solução para esse problema é a atenção apropriada durante a manutenção e os exercícios de testes semelhantes aos exercícios de incêndio em escolas, ocasiões em que o equipamento de segurança do transportador pode ser verificado. Esses testes devem ser realizados mensalmente.

Sinalização de Segurança

Adesivos de segurança e etiquetas de aviso devem ser afixados em pontos de risco, portas de acesso de manutenção e outras áreas perigosas no equipamento do transportador (**Figura 2.11**). É responsabilidade do fabricante o fornecimento – e, sempre que possível, a afixação – de avisos de segurança para o equipamento. Esses avisos devem ser mantidos limpos e legíveis e devem ser reaplicados devidamente para se adequar a mudanças no equipamento ou procedimentos. É responsabilidade do gerente de operações a substituição de avisos de segurança desgastados, danificados ou ilegíveis. É responsabilidade do empregado obedecer à sinalização de segurança.

Avisos sobre equipamentos que podem ser ligados por controle remoto devem ser colocados de maneira proeminente ao longo do transportador. Muitas vezes, as correias dos transportadores são iniciadas automaticamente ou acionadas por um operador em uma sala de controle remoto, longe do transportador.

Chutes que tenham aparelhos de auxílio de fluxo como canhões de ar, os quais podem ferir empregados seriamente quando acionados, devem ser claramente marcados. Essa situação também exige que o chute seja marcado com restrições para entrada de veículos. Os auxílios de fluxo devem ser devidamente desligados/sinalizados/bloqueados/testados, e os chutes limpos antes da entrada do material.

Adesivos e placas de segurança são disponibilizados por fabricantes renomados de transportadores e equipamentos relacionados, assim como em lojas de materiais de segurança. Nos EUA, a Associação de Fabricantes de Equipamentos de Transportadores (CEMA) tem uma variedade de etiquetas de segurança e precaução para transportadores de materiais a

Figura 2.11

Adesivos de segurança e etiquetas de aviso devem ser afixados em pontos de risco, portas de acesso de manutenção e outras áreas perigosas no transportador.



granel e vários acessórios comuns. Tais etiquetas podem ser visualizadas e adquiridas através do site da organização: <http://www.cemanet.org>.

Sinalizações incorporando pictogramas podem ser exigidas para proteger todos os trabalhadores em fábricas onde são falados vários idiomas (**Figura 2.12**). Se necessário, devem ser realizadas traduções das mensagens de segurança localmente para garantir o significado preciso. (A Organização Internacional para Padronização – ISO – tem o objetivo de eliminar palavras que necessitem de tradução e de usar placas que incorporem apenas figuras.)

Considerações de Segurança para o Lançamento de Transportadores

O início da operação de novos transportadores pode ser um dos momentos mais perigosos, porque o sistema pode não se comportar conforme o esperado, e equipamentos de segurança, como sirenes e sinais, podem não funcionar apropriadamente. Recomenda-se que vários funcionários sejam colocados ao longo da rota do transportador com a finalidade de identificar possíveis problemas, antes de iniciar a correia. Eles devem ter comunicação por rádio com a sala de controle ou com a pessoa responsável por iniciar a correia.

Os eventuais ajustes necessários para que a correia se movimente suavemente devem ser feitos somente enquanto o transportador estiver devidamente desligado/sinalizado/bloqueado/testado. Um simples ajuste, enquanto a correia estiver em movimento, pode resultar em acidentes.

Pensamento Perigoso

Muitas operações proíbem o trabalho no sistema transportador com ele em movimento. Mesmo assim, as mesmas operações exigem trabalhos ao redor do sistema com ele em operação. Os trabalhadores se aproximam dos transportadores para realizar inspeções, procedimentos de manutenção e limpeza de materiais fugitivos.

De acordo com a observação de Richard J. Wilson (*Referência 2.5, pág. 26*), do Centro de Pesquisas do Birô de Minas de Twin Cities:

“A maioria dos procedimentos exige o

desligamento do botão principal de energia que fica próximo à polia dianteira ou na sala de controle. Como isso pode representar uma distância considerável do local de trabalho, o cumprimento dessas exigências pode custar uma grande quantidade de tempo e esforço. Não é difícil imaginar o pessoal da manutenção pensando que não há problemas em realizar algum reparo rápido de rotina sem desligar a correia, considerando-se que o procedimento de desligamento levaria mais tempo que o próprio trabalho.”

Esse “atalho” cria a oportunidade para acidentes e ferimentos.

TREINAMENTO DE SEGURANÇA

O relatório sul africano (*Referência 2.3, pág. 26*) observou: “A maioria dos acidentes pode ser atribuída à falta de compreensão acerca dos riscos inerentes aos sistemas de transportadores e do uso seguro destes”.

A melhor abordagem para a prevenção de



Figura 2.12

Sinalizações que incorporem pictogramas podem ser exigidas para proteger todos os trabalhadores em fábricas onde vários idiomas são falados.

Tradução Livre

acidentes é um programa de segurança bem desenhado, combinado com treinamento efetivo e constante.

Treinamento de Transportador para Novos Empregados

A segurança no transportador de correia deve começar com o trabalhador recém-empregado. A tendência é designar o “novato” – o que tem menos experiência, o mais recentemente empregado – para realizar “o trabalho que ninguém quer”: limpeza ao redor de transportadores de correia em movimento. Antes de designar um novo empregado para a tarefa de trabalhar ao redor de uma correia de transportador, o empregado deve frequentar um mínimo de quatro horas de aulas de instrução especificamente relacionadas a transportadores de correia.

O Curso de Treinamento em Transportadores

Cada fábrica deve ter um programa de treinamento para indivíduos cujos cargos exijam que trabalhem nos transportadores ou próximo deles (**Figura 2.13**). Tal programa deve discutir os riscos e procedimentos de segurança do trabalho ao redor de transportadores. O treinamento deve incluir uma detalhada compreensão da variedade de condições da correia que podem influenciar sua operação, assim como os materiais fugitivos e a segurança dos funcionários. O índice de acidentes pode ser reduzido através da compreensão das diferentes condições do transportador.

Um treinamento abrangente deve incluir no mínimo os seguintes aspectos:

- A. Práticas gerais de segurança ao redor de transportadores de correia.
- B. Equipamento de Proteção Individual (EPI).
- C. Apresentação pessoal e uniforme.

- D. Técnicas apropriadas de trabalho com pá.
- E. Práticas seguras de inspeção e manutenção.
- F. Condições causadoras de problemas no transportador (levando a problemas de manutenção e segurança).
- G. Seleção da correia para adequação às estruturas e condições.
- H. Identificação das fontes de materiais fugitivos.
- I. Eliminação de materiais fugitivos.
- J. Procedimentos de alinhamento da correia.

Treinamento de Revisão

Além dos novatos, os veteranos também necessitam de treinamento. Os empregados mais antigos provavelmente tiveram pouco ou nenhum treinamento sobre correias transportadoras ou sobre segurança ao redor delas. Seminários como o workshop Foundations™ da Martin se provaram eficientes no sentido de fornecer treinamento de transportadores para funcionários, desde operadores e funcionários da manutenção até engenheiros de transportadores e gerentes de fábricas. O Programa Foundations™ oferece uma experiência de aprendizado em transportadores.

Lembretes periódicos entre os treinamentos regulares e as sessões de revisão também são benéficos. Agências como a MSHA dos EUA são uma fonte de históricos de casos de acidentes em correias de transportadores, os quais podem representar materiais eficazes para o treinamento de revisão.

A IMPORTÂNCIA DA RESPONSABILIDADE PESSOAL

A segurança da fábrica se assemelha à limpeza dela de várias formas: ambas são questões de atitude. A gerência da fábrica pode estabelecer o tom geral da operação; no entanto, é a resposta de cada trabalhador que terá o maior impacto no registro de segurança de uma fábrica.

A segurança não é responsabilidade somente do departamento de segurança da fábrica ou de uma agência governamental. É responsabilidade de cada trabalhador garantir a segurança para si mesmo e para seus colegas.

A responsabilidade pessoal inclui:

Figura 2.13

Cada fábrica deve ter um programa de treinamento para indivíduos cujos cargos exijam que trabalhem nos transportadores ou próximo a eles.



- A. Uso de equipamento de proteção individual, incluindo máscaras de pó e respiradores, protetores auriculares, capacetes e sapatos com biqueira de aço.
- B. Atenção às práticas de segurança.
- C. Bons padrões de organização para garantir uma área de trabalho limpa e segura.
- D. Revisão detalhada de manuais de equipamentos para o aprendizado de operações seguras e procedimentos de manutenção.
- E. Disposição para eliminar ações perigosas de outros trabalhadores e ensinar procedimentos de segurança apropriados.

TÓPICOS AVANÇADOS

Sistemas de Proteção de “Nova Geração” e Tempo de Parada do Transportador

Surge a questão de se tecnologias de proteção de “nova geração” podem reagir rápido o suficiente para prevenir ferimentos, quando comparadas com barreiras protetoras convencionais. Os fatores determinantes são o alcance de detecção do equipamento, a velocidade de resposta do dispositivo de proteção, a distância do dispositivo de proteção da peça móvel mais próxima, o tempo de parada da correia do transportador e a velocidade de reação da própria pessoa.

Quase todos os programas de desenho de transportadores calculam o tempo de parada da correia com base no controle da tensão dela para otimização dos componentes de transmissão. Parada, início ou reversão instantânea da correia podem causar sérios problemas dinâmicos para o transportador e seus acessórios. Mesmo em transportadores curtos, onde as preocupações dinâmicas não são consideradas, é comum que uma correia leve 5 segundos para parar. Em sistemas longos, nos quais as questões dinâmicas são uma preocupação, é comum que o transportador leve 30 segundos para parar. O tempo de reação simples para uma pessoa geralmente é definido como o tempo necessário para um observador detectar a presença de um estímulo. Considerando-se que o tempo médio de reação de uma pessoa seja de aproximadamente 0.2 segundos e que a correia do transportador levará um tempo para parar, há

tempo mais do que suficiente para uma pessoa ficar presa no sistema.

Portanto, é muito provável que, se um trabalhador violar as regras e/ou os sistemas de segurança e ficar preso, o transportador não poderá ser parado em tempo de evitar ferimentos sérios ou até mesmo a morte.

BENEFÍCIO DUPLO DA SEGURANÇA DO TRANSPORTADOR

Finalizando...

É possível eliminar os acidentes relacionados aos transportadores? Provavelmente não. Entretanto, podemos nos esforçar para alcançar sua eliminação através de uma abordagem dupla:

- A. Treinamento de novatos e veteranos para trabalhar em segurança nos transportadores e em seu entorno.
- B. Eliminação de muitos dos problemas que exijam trabalho próximo a transportadores de correia.

Deve-se ter em mente que o custo de um acidente pode facilmente exceder o custo de estabelecer um programa de treinamento na organização ou mesmo o salário anual de um treinador em tempo integral.

Oferecer treinamento em operações e manutenção de transportadores para melhorar a segurança deles tem também o potencial de melhorar os resultados das operações. De fato, o treinamento em operações seguras de transportadores traz um duplo benefício: ele apresenta uma oportunidade para a melhoria da segurança dos trabalhadores e, ao mesmo tempo, melhora a eficiência das operações de uma instalação.

A Seguir...

Este capítulo sobre Segurança, o segundo capítulo na seção sobre Fundamentos para o Manuseio Seguro de Materiais a Granel, segue o Controle Total de Materiais e explica como acidentes podem ser causados por uma falta de controle total de materiais. Os próximos três capítulos focam em Transportadores passo a passo, começando com Componentes do Transportador, seguido por A Correia e, finalmente, Emenda da Correia.

REFERÊNCIAS

- 2.1 Padgett, Harvey L. (2001). *Powered Haulage Conveyor Belt Injuries in Surface Areas of Metal/Nonmetal Mines, 1996–2000*. Denver, Colorado: MSHA Office of Injury and Employment Information.
- 2.2 Maki, D. Michele, PhD. 2009. Conveyor-Related Mining Fatalities 2001-2008: Preliminary Data. Unpublished Report for Martin Engineering.
- 2.3 Dreyer, E., and Nel, P.J. (July 2001). *Best Practice: Conveyor Belt Systems*. Project Number GEN-701. Braamfontein, South Africa: Segurança in Mines Research Advisory Committee (sic) (SIMRAC), Mine Health and Segurança Council.
- 2.4 Ontario Natural Resources Segurança Association. *Segurança Reminder*, newsletter. P.O. Box 2040, 690 McKeown Avenue, North Bay, Ontario, Canada, B1B 9P1 Telephone: (705) 474-SAFE.
- 2.5 Wilson, Richard J. (August, 1982). *Conveyor Segurança Research*. Bureau of Mines Twin Cities Research Center.
- 2.6 Giraud, Laurent; Schreiber, Luc; Massé, Serge; Turcot, André; and Dubé, Julie. (2007). *A User's Guide to Conveyor Belt Segurança: Protection from Danger Zones*. Guide RG-490, 75 pages. Montréal, Quebec, Canada: IRSST (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail), CSST. Available in English and French as a free downloadable PDF: <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/RG-490.pdf>.

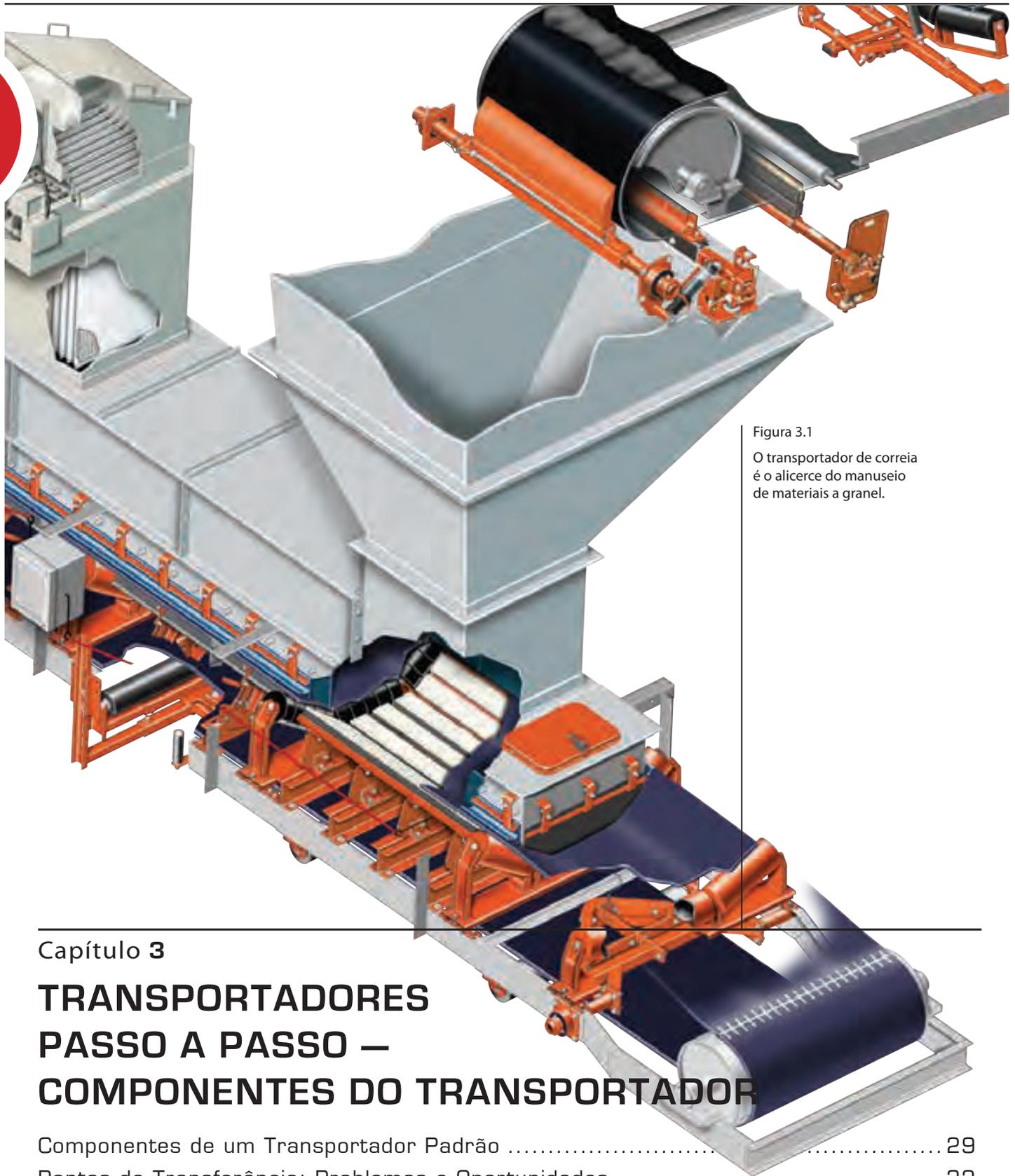


Figura 3.1
O transportador de correia é o alicerce do manuseio de materiais a granel.

Capítulo 3

TRANSPORTADORES PASSO A PASSO – COMPONENTES DO TRANSPORTADOR

Componentes de um Transportador Padrão	29
Pontos de Transferência: Problemas e Oportunidades	32
Engenharia dos Sistemas	34
Questão de Segurança	35
Transportadores de Correia: Simples e Complexos	35

Neste Capítulo...

Neste capítulo, descrevemos os componentes mais comuns de transportadores de correia usados no manuseio de materiais a granel e fornecemos uma equação para calcular a energia necessária para operar a correia do transportador. Três métodos de projeto de pontos de transferência são explicados, juntamente com os benefícios de se utilizar uma abordagem de engenharia de sistemas para auxiliar no controle de material.

Transportadores de correia vêm sendo utilizados há décadas para transportar grandes quantidades de materiais em longas distâncias. Os transportadores provaram várias vezes serem um método confiável e econômico para o movimento de materiais. Transportadores de correia podem transportar materiais subindo inclinações íngremes, contornando cantos, sobre montanhas e vales, através de cursos d'água, sobre o chão ou abaixo dele. Os transportadores de correia se integram bem à outros processos, como britagem, peneiramento, carregamento e descarregamento de vagões e navios e operações de empilhamento e recuperação.

Os transportadores de correia exibem a habilidade de transportar materiais que variam de pedaços grandes, pesados e com extremidades afiadas até partículas finas; de molhados, pegajosos, pastosos até pó seco; de minério bruto à areia de fundição; de toras do tamanho de árvores a pedaços de madeira e até batatas fritas.

De todos os sistemas de manuseio de materiais, os transportadores de correia operam tipicamente com o menor custo de transporte por tonelada o menor custo de manutenção por tonelada, o menor custo de energia por tonelada, e o menor custo de trabalho por tonelada. Essas vantagens podem não se concretizar caso não seja realizada uma análise cuidadosa do tipo de material a granel a ser manuseado e do processo em geral, no momento de especificar um sistema de transportador.

Há muitos projetos de sistemas transportadores disponíveis. Muitos são desenvolvidos para solucionar problemas únicos e complexos específicos de uma indústria em particular ou de um tipo de material a granel. Em qualquer escolha,

alguns fundamentos de projeto podem determinar o sucesso ou a falha no controle do derramamento ou carregamento pelo ar de materiais fugitivos.

Este capítulo descreverá os componentes mais comuns usados no manuseio de materiais a granel.

COMPONENTES DE UM TRANSPORTADOR PADRÃO

O Básico

Para muitas fábricas, o transportador de correia é o alicerce do manuseio de materiais a granel (**Figura 3.1**). Em essência, um transportador de correia é uma tira de borracha grande e reforçada, esticada ao redor de duas ou mais polias, movimentando-se, em uma velocidade definida, carregando uma quantidade específica de material. As complicações surgem à medida que o percurso se torna inclinado ou curvo, quando o transportador precisa ser adicionado em um processo ou fábrica mais sofisticada ou quando precisa cumprir exigências de alimentação de materiais ou outras restrições operacionais.

Um transportador de correia é um equipamento relativamente simples (**Figura 3.2**). Seu desenho básico é tão robusto que pode transportar materiais nas condições mais adversas – sobrecarregado, coberto de água, enterrado em material fugitivo ou de várias outras formas. A diferença, entretanto, entre um transportador de correia cuja engenharia, operação e manutenção são corretos e um sistema disfuncional geralmente aparece rapidamente nos custos de operação e manutenção.

Transportadores de correia comuns para materiais a granel têm largura que vai de 300 milímetros a 3.000 milímetros, com correias de 5.000 milímetros sendo encontradas para



Figura 3.2

Um transportador de correia é um equipamento relativamente simples.

aplicações em fábricas de minério de ferro em pelotas. Os transportadores podem ter qualquer comprimento. A capacidade de carga é limitada pela largura e velocidade da correia do transportador, sendo que há correias que movimentam vários milhares de toneladas de material por hora, 24 horas por dia.

Todo o transportador de correia para manuseio de material a granel é composto de seis elementos principais:

- A. A correia.
Forma a superfície móvel sobre a qual o material viaja.
- B. As polias.
Apoiam e movem a correia, controlando sua tensão.
- C. A transmissão.
Fornece energia para uma ou mais polias para mover a correia.
- D. A estrutura.
Suporta e alinha os componentes rolantes.
- E. Os sistemas de suporte da correia.
Apoiam os filamentos de carregamento e retorno da correia.
- F. Os pontos de transferência.
Carregam ou descarregam os materiais do transportador.

Outra parte de qualquer transportador é o sistema auxiliar instalado para melhorar a operação do sistema. Ele inclui componentes como sensores, raspadores, detectores de

fragmentos de ferro, calhas de transferência e vedações, sistemas de suporte da correia, corda de emergência, sistemas de supressão e coleção de pó e sistemas de proteção climática.

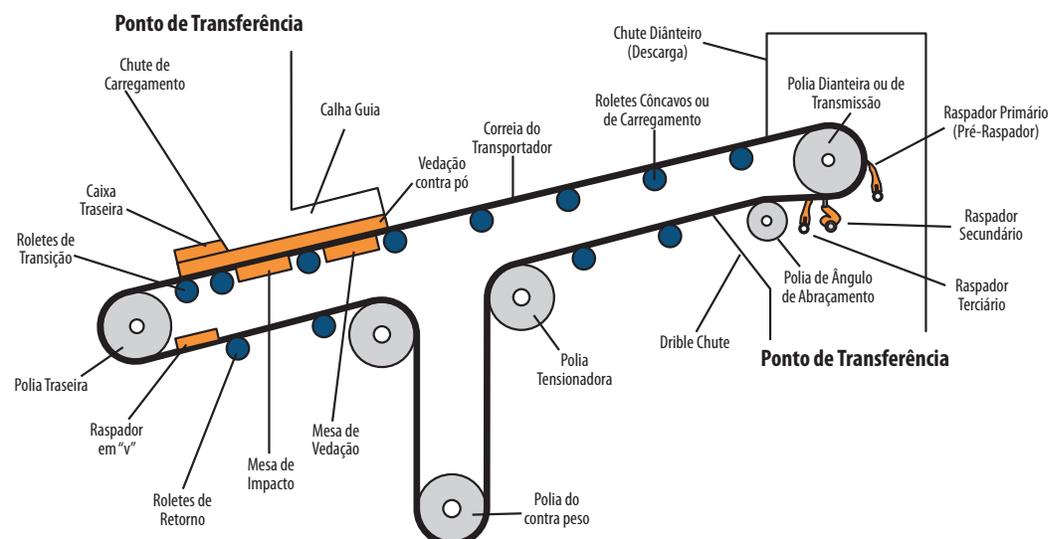
Componentes de um Transportador de Correia Padrão

Apesar de os transportadores de correia serem de certa forma diferentes uns dos outros, eles têm muitos componentes em comum (**Figura 3.3**). Um transportador consiste em uma correia contínua de borracha esticada entre polias terminais. Uma extremidade é a polia traseira. Trata-se do local onde ocorre o carregamento do material, apesar de que ele pode ser feito em qualquer outro ponto do transportador - e transportadores com múltiplas zonas de carregamento são relativamente comuns. A outra extremidade do transportador é chamada dianteira. É por onde o material é geralmente descarregado, porém, com o uso de raspadores ou descarregadores, o material pode ser descarregado em qualquer ponto do transportador.

A correia é apoiada do lado superior (carregamento) por rolos chatos ou côncavos. Rolos côncavos dão a forma de U à correia, aumentando a capacidade de carga do transportador. No lado inferior (retorno) do transportador, onde a correia retorna para o ponto de carregamento, ela é apoiada por roletes de retorno. Os componentes rolantes são montados em molduras e apoiados por estruturas de aço chamadas cavaletes. Em algumas aplicações, como transportadores subterrâneos ou elevados, os componentes rolantes do sistema são montados em cabos de

Figura 3.3

Apesar de os transportadores de correia serem de certa forma diferentes uns dos outros, todos têm componentes em comum.



ção suspensos.

Normalmente, os motores de transmissão de transportadores movidos a eletricidade são instalados de forma a girar a polia dianteira. O(s) motor(es) pode(m) ser instalado(s) em qualquer ponto da extensão do transportador. Motores múltiplos normalmente são utilizados em transportadores longos ou muito carregados.

Um dispositivo de tensão, chamado tensionador, é utilizado para garantir que a correia permaneça apertada contra a polia de transmissão para manter a tensão necessária para o movimento da correia e da carga. O mais comum é um dispositivo automático de tensão conhecido como esticador de gravidade (polia de contra peso), o qual utiliza um contrapeso para criar tensão na correia. O esticador de gravidade geralmente é instalado próximo à polia de transmissão no lado de retorno da correia. Polias tensionadoras são utilizadas para direcionar a correia para a polia de transmissão, a qual é presa ao contrapeso do esticador de gravidade.

Outro tipo de polia, chamada polia de ângulo de abraçamento, é comumente colocada imediatamente após a polia dianteira, no lado de retorno da correia, para aumentar o contato entre a correia e a polia, permitindo que a polia de transmissão menor faça chegar à correia a tensão necessária.

O material geralmente é carregado próximo à extremidade traseira, em uma área conhecida como zona de carregamento. Os componentes da zona de carregamento provavelmente incluirão chute de carregamento, polia traseira, roletes, sistemas de suporte de correia, calhas-guia, chapas de desgaste, vedações laterais, cortinas de entrada e de saída.

A extremidade dianteira, ou de descarga, de um transportador normalmente consistirá da polia dianteira, um chute de descarga, juntamente com um sistema de raspagem de correia, um dribble chute e outro equipamento para monitorar e manter o fluxo.

O ponto de transferência é onde o material a granel se move de um equipamento para outro. Ele pode ser uma zona de carregamento ou de descarga, ou, em caso de o transportador alimentar outro, um ponto de transferência

pode conter ambas as zonas. Entretanto, um ponto de transferência pode também estar onde uma correia alimenta outro sistema de manuseio ou processamento de materiais a granel ou onde ela recebe carga de outro sistema de manuseio e processamento de materiais a granel. Tais sistemas podem ser locais de armazenagem de qualquer tipo; veículos carregadores de materiais, como caminhões, vagões, barcos ou navios; ou outros equipamentos de processamento.

Dependendo do material transportado, uma variedade de outros equipamentos auxiliares pode ser instalada ao longo do curso do transportador ou no ponto de transferência, em qualquer das extremidades.

Energia de Transmissão do Transportador

Conforme discutido, transportadores são movidos por meio de um motor afixado à polia de transmissão. Determinar a exigência de energia de um transportador (especificar o tamanho do motor necessário) depende da tensão para mover a correia e da velocidade dela.

A sexta edição de *Transportadores de Correia para Materiais a Granel* (do inglês *Belt Conveyors for Bulk Materials*), da Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores (CEMA), fornece uma equação, originalmente desenvolvida pelo Deutsches Institut für Normung (DIN), para determinar a exigência de energia de um “Transportador Básico”.

Os fatores com maior influência nas exigências de energia de transportadores são o peso da carga e a elevação que ela deve vencer. A fricção dos vários componentes do transportador normalmente representa uma pequena parte da exigência de energia. Quando a correia é horizontal, essa fricção se torna a consideração mais importante. A tensão é usada para encontrar a energia necessária para operar a correia do transportador (**Equação 3.1**). O valor AT é a soma de todas as tensões positivas e negativas no sistema que devem ser transferidas para a correia pela polia de transmissão, a fim de superar a resistência dos componentes e transportar a carga. Cada um dos cálculos para a tensão dos componentes pode ser encontrado neste livro ou na sexta



Equação 3.1
Cálculo da Energia Necessária.

$P = \Delta T \cdot V \cdot k$			
Considerando que: 5.400 newtons (1.200 lbf) de tensão são adicionados a uma correia, movimentando-se a 3 metros por segundo. Encontre: A energia necessária para operar a correia do transportador.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
P	Energia Necessária	quilowatts	Cavalo de força
ΔT	Tensão Líquida Adicionada à Correia	5.400 N	1.200 lb _f
V	Velocidade da Correia	3 m/s	600 ft/min
k	Fator de Conversão	1/1.000	1/33.000
Métrico: $P = \frac{5400 \cdot 3}{1000} = 16$			
Imperial: $P = \frac{1200 \cdot 600}{33000} = 22$			
P	Energia Necessária	16 kW	22 hp

edição de Transportadores de Correia para Materiais a Granel da CEMA. A tensão adicionada para elevar o material e a correia é calculada no livro supracitado.

Uma vez que a tensão para cada componente tenha sido encontrada, elas podem ser somadas para se chegar à energia total necessária.

Um fator razoável de segurança deve ser adicionado às exigências de energia para garantir que a correia do transportador não seja operada próximo a uma condição de sobrecarga. Esse valor deve ser utilizado como MÍNIMO ao selecionar os componentes de transmissão.

O Valor do Transportador Convencional

Há uma variedade de sistemas avançados de transportadores que oferecem alternativas para o manuseio de materiais. (Ver *Capítulo 33: Considerações sobre Transportadores Especializados*.) Para fins gerais, o transportador de correia convencional de roletes côncavos é o padrão de desempenho e a referência de valor contra o qual os outros sistemas devem ser avaliados. Transportadores

de correia de polia côncava têm um longo histórico de desempenho satisfatório em condições desafiadoras.

O sucesso geral de um sistema de transportador de correia depende muito do sucesso de seus pontos de transferência. Se o material é mal carregado, o transportador sofrerá danos na correia, nos componentes rolantes e/ou na sua estrutura, reduzindo a eficiência de sua operação. Se o material escapa, esse material fugitivo causará vários problemas de manutenção, novamente levando a uma redução na eficiência da produção e a um aumento nos custos de operação e manutenção.

PONTOS DE TRANSFERÊNCIA: PROBLEMAS E OPORTUNIDADES

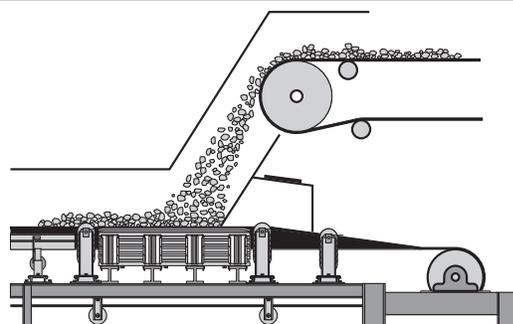
O Desafio do Ponto de Transferência

Um ponto de transferência típico é composto de chutes de metal que guiam o fluxo do material (**Figura 3.4**). Ele também pode incluir sistemas para regular o fluxo, para acomodar apropriadamente o fluxo dentro da estrutura receptora (seja uma correia, seja um veículo, seja outro equipamento) e para impedir a saída de material fugitivo.

Pontos de transferência são tipicamente instalados em transportadores pelas seguintes razões:

- A. Para mover o material para ou do armazenamento ou equipamento de

Figura 3.4
Um ponto de transferência típico é composto por chutes que guiam o material para a correia, veículo ou outro sistema de processamento.



processamento.

- B. Para mudar a direção horizontal do material em movimento.
- C. Para cobrir longas distâncias.
- D. Para permitir energia efetiva de transmissão a fim de cobrir uma distância que seja muito longa para uma única correia

O método e o equipamento para carregamento da correia contribuem muito para o prolongamento da vida útil dela, reduzindo o derramamento e mantendo a correia alinhada. Os desenhos de chutes e outros equipamentos de carregamento são influenciados por condições como a capacidade, as características do material manuseado, a velocidade e a inclinação da correia e o número de zonas de carregamento do transportador.

Para minimizar a degradação do material e o desgaste dos componentes, um ponto de transferência ideal colocaria a quantidade especificada de material na correia receptora, carregando-o:

- A. No centro da correia;
- B. A uma taxa uniforme;
- C. Na direção de movimento da correia;
- D. Na mesma velocidade da correia;
- E. Após a correia estar totalmente côncava;
- F. Com força de impacto mínima.

Ao mesmo tempo, seria necessário espaço e/ou sistemas adequados para:

- A. Vedação lateral e caixa traseira;
- B. Remoção de acúmulos no retorno;
- C. Gerenciamento de material fugitivo;
- D. Inspeção e manutenção.

Porém, na Vida Real...

Alcançar todos esses objetivos de projeto em um único ponto de transferência é difícil. As acomodações exigidas pelas circunstâncias atuais provavelmente levarão ao não cumprimento dos objetivos. O ponto de carregamento de qualquer transportador é quase sempre o fator mais crítico para a vida útil da correia. É nele que ela recebe a maior parte da abrasão e praticamente todo o impacto. É nos pontos de transferência que as forças que levam a derramamentos e criação de pó agem sobre o material e a correia. A otimização do ponto de transferência

é essencial para a taxa de transferência do transportador e para o controle de materiais fugitivos (**Figura 3.5**).

O problema é que pontos de transferência são o centro de interação de muitas das exigências conflitantes, algumas surgidas da passagem dos materiais, e outras, das correias que entram e saem das zonas de carregamento. As características do material, os movimentos do ar e os níveis de impacto adicionam forças que devem ser consideradas em qualquer sistema desenhado para impedir o escape de materiais fugitivos. Além disso, muitas exigências impostas pelo processo geral da fábrica sujeitarão os pontos de transferência a forças e limitações adicionais.

A Engenharia dos Pontos de Transferência

Estas são as abordagens básicas para o projeto de pontos de transferência. A primeira e mais comum é o método convencional de esboçar uma solução usando princípios básicos para adequar o layout mestre dos



Figura 3.5

Um ponto de transferência apropriado é essencial para o controle do material no transportador.

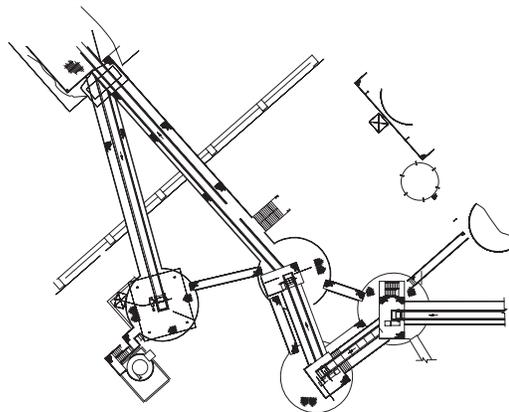


Figura 3.6

O primeiro e mais comum método de projeto de um ponto de transferência é o método convencional de esboçar uma solução usando princípios básicos para adequar o layout mestre dos transportadores.

transportadores (**Figura 3.6**). O segundo método é a especificação de componentes críticos do ponto de transferência e o projeto geral do *layout* do transportador para minimizar os problemas com pontos de transferência. Essa seria a solução especificada (**Figura 3.7**).

O terceiro método é uma solução de engenharia. Ele é utilizado para analisar as características do material a granel e produzir chutes customizados, os quais minimizem o desvio da trajetória do material a granel e coloquem o material na próxima correia, na direção apropriada e na velocidade da correia receptora. Essa terceira classe de pontos de transferência é caracterizada pelas especificações que exigem que o material a granel seja testado em termos de suas propriedades de fluxo. A transferência do material de uma correia para outra é projetada usando a mecânica de fluidos para minimizar o pó, o derramamento e o desgaste. Esse projeto pode ser feito para novas construções ou para melhorias em pontos de transferência existentes. (**Figura 3.8**).

As especificações para um ponto de transferência projetado devem incluir:

A. Características do material e taxas de fluxo.

- B. Exigências mínimas de desempenho em termos de horas de trabalho de limpeza e/ou quantidade de derramamento por horas de operação.
- C. Exigências máximas de orçamento para manutenção anual e reconstruções periódicas em intervalos especificados pelo fornecedor.
- D. Exigências ergonômicas de acesso para limpeza e manutenção.
- E. Plantas de engenharia e especificações para peças desgastadas, assim como manuais completos de manutenção.

ENGENHARIA DOS SISTEMAS

Um Passo para Frente, um Passo para Trás...

Infelizmente, melhorar a operação de sistemas complexos como pontos de transferência de transportadores não se trata de resolver um problema pré-definido. A tentativa de solucionar um problema nesses sistemas de operação sofisticados normalmente traz à luz ou cria outro problema. Esse segundo problema pode se provar tão difícil quanto o original, ou mais.

Nunca é fácil alcançar o controle total de materiais, porque problemas com materiais fugitivos normalmente combinam múltiplas causas e efeitos. Por exemplo, um novo sistema de vedação de extremidades pode oferecer uma melhoria imediata na prevenção do derramamento de material no ponto de transferência. No entanto, se não houver uma placa de desgaste dentro do chute, a força e/ou o peso do material na calha-guia criará pressão lateral que abusará da nova vedação, levando à abrasão e à falha prematura. Eventualmente, a quantidade de derramamento retorna para seu nível anterior inaceitável. O derramamento continuará a cobrar seu alto preço da eficiência do transportador e da operação geral.

A Abordagem de Sistemas

A chave para qualquer melhoria de engenharia é uma solução detalhada que abranja todos os componentes do problema. Os custos para se adotar essa abordagem de sistemas serão mais altos do que os de melhorar componentes individuais. Entretanto,

Figura 3.7

O segundo método é a identificação de componentes críticos do ponto de transferência, o que seria a solução especificada.

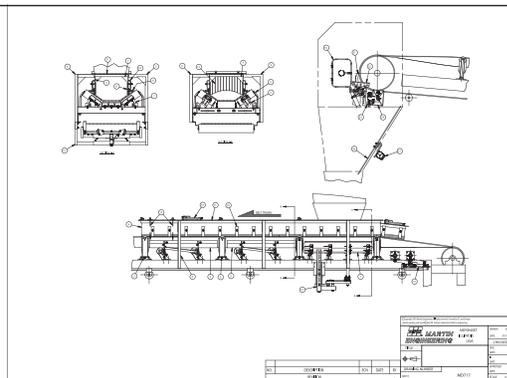


Figura 3.8

Um ponto de transferência projetado é um método utilizado para analisar as características do material a granel a fim de produzir chutes customizados que atendam às exigências de uma operação específica.





QUESTÃO DE SEGURANÇA

3

O projeto de qualquer sistema de manuseio de materiais a granel deve começar pela preocupação com a segurança. Todas as medidas para a segurança dos funcionários que lidam diariamente com a operação e a manutenção do sistema devem ser tomadas. Cordas de emergência, botões de velocidade zero, proteção dos componentes rolantes e passarelas com corrimões são só algumas características básicas de segurança que devem ser incluídas nos sistemas de transportadores. Procedimentos de desligar/sinalizar/bloquear são exigências para

qualquer trabalho a ser realizado no sistema e em seu entorno

O desenho apropriado dos pontos de carregamento e descarga auxiliará na operação e manutenção segura dos sistemas de transportadores. A contenção total dos materiais transferidos evita que materiais fugitivos bloqueiem passarelas, escadas e criem perigos. A eliminação de pó transportado pelo ar reduz os riscos à saúde dos empregados e os custos de manutenção/reparo do equipamento transportador.

o retorno do investimento justifica a despesa.

Falar em “engenharia de sistemas” é fácil; a aplicação dessa abordagem é que se prova difícil. O desenvolvimento de uma abordagem abrangente exige conhecimento do material; compreensão do processo; comprometimento dos recursos para projetar, instalar e operar apropriadamente um sistema e manutenções consistentes para manter o sistema em operação na eficiência máxima e para alcançar o controle total de materiais.

TRANSPORTADORES DE CORREIA: SIMPLS E COMPLEXOS

Finalizando...

Transportadores de correia manuseando materiais a granel são simples máquinas, regidas pelas leis universais da física. Entretanto, eles também são complexos, já que são vulneráveis a uma variedade de incertezas que surgem de grandes quantidades de material não confinado se movendo sobre eles e da energia que aplicam sobre o material. Se mal contido, esse material em movimento pode se espalhar pela instalação em forma de derramamento, acúmulos e pó, reduzindo a eficiência, encurtando a vida útil do equipamento e aumentando custos. A compreensão dos princípios básicos das propriedades dos materiais e do desempenho do equipamento e a aplicação dos remediações discutidas neste livro podem oferecer melhorias

significativas na eficiência do manuseio de materiais e na lucratividade.

A Seguir...

Este capítulo sobre Componentes do Transportador, o terceiro capítulo na seção Fundamentos para o Manuseio Seguro de Materiais a Granel, é o primeiro de três capítulos relacionados aos Transportadores passo a passo. Os capítulos 4 e 5 continuam esta seção sobre os princípios básicos dos transportadores de correia e o controle de materiais para a redução do pó e do derramamento, descrevendo A Correia e Emenda da Correia.

REFERÊNCIAS

- 3.1 Qualquer fabricante e a maioria dos distribuidores de lonas podem fornecer uma variedade de materiais sobre a construção e o uso de seus produtos específicos, assim como sobre correias de transportadores em geral.
- 3.2 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*. Naples, Florida.
- 3.3 O site <<http://www.conveyor-beltguide.com>> é um recurso valioso e não comercial, tratando de vários aspectos das lonas.

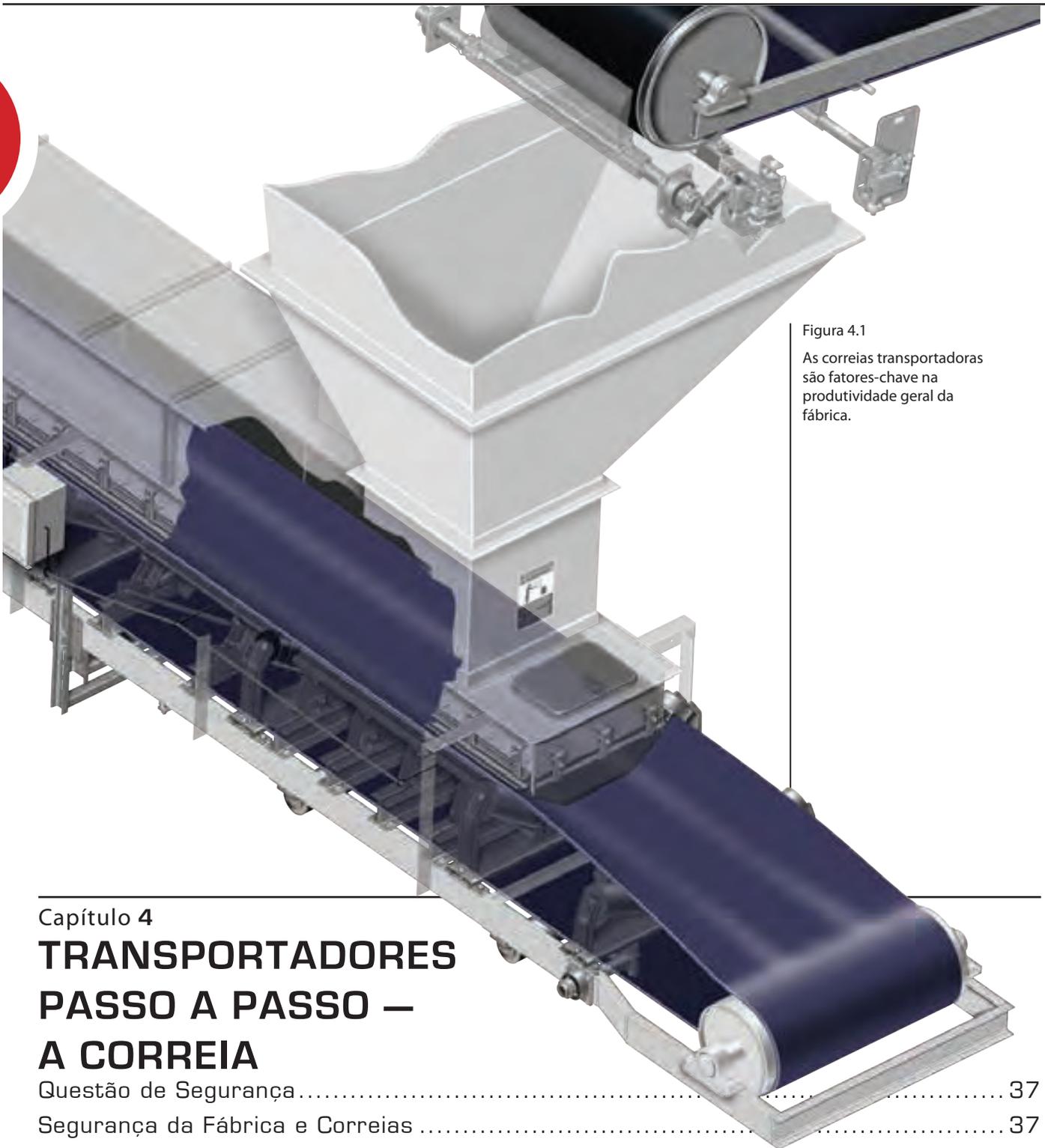


Figura 4.1
As correias transportadoras são fatores-chave na produtividade geral da fábrica.

Capítulo 4

TRANSPORTADORES PASSO A PASSO — A CORREIA

Questão de Segurança	37
Segurança da Fábrica e Correias	37
Construção da Correia	39
Seleção da Correia	44
Armazenamento e Manuseio da Correia	48
Danos na Correia	50
Reparos na Correia	55
Preservando a Vida Útil da Correia	58
A Correia é a Chave	59

Neste Capítulo...

Este capítulo dá sequência às discussões acerca dos fundamentos para o manuseio seguro de materiais a granel e os princípios básicos dos transportadores, focando na construção e no uso apropriado das correias. Considerações para a seleção da correia estão incluídas, juntamente com a importância do armazenamento e manuseio apropriados. Além disso, são discutidos vários tipos de danos na correia, assim como métodos de reparação e preservação da vida útil dela.

Um sistema de transportador de correia é composto por vários componentes; no entanto, nenhum é mais importante que a correia (**Figura 4.1**). A cinta representa uma porção substancial do custo da correia, e sua operação bem-sucedida pode ser o fator-chave para a produtividade geral de toda a fábrica na qual se encontra o sistema. Portanto, a cinta (borracha) deve ser selecionada com cuidado, e todas as medidas possíveis devem ser empregadas para salvaguardar sua utilidade.

Este capítulo foca em cintas de serviço pesado utilizado tipicamente no manuseio de materiais a granel. Os tipos mais comuns de cintas para manuseio a granel são feitos com coberturas de borracha ou cloreto de polivinila (PVC) e uma carcaça tensionadora interna de tecido sintético ou cabos de aço.

SEGURANÇA DA FÁBRICA E CORREIAS

Resistência a Incêndios da Correia do Transportador

Um incêndio na correia do transportador é um risco significativo. A correia em si pode queimar; no entanto, são o comprimento e o movimento da correia que representam o risco de uma correia espalhar um incêndio por uma grande área, dentro das instalações, em um tempo muito curto.

Incêndios em transportadores são mais comumente iniciados por calor gerado pela fricção induzida por uma polia girando contra uma correia emperrada (ou deslizando) ou por uma correia se movendo sobre roletes travados. Outros incêndios em esteiras ocorrem quando material quente ou ardente é inadvertidamente carregado na correia. As melhores práticas para minimizar o risco de incêndio em qualquer correia de transportador incluem:

- A. Verificar regularmente a correia.
- B. Remover todos os acúmulos de materiais combustíveis ao longo da correia.
- C. Corrigir fontes potenciais de incêndios, como rolos travados, rolamentos superaquecidos ou desalinhamento da correia.

Com esse risco de incêndio, agravado por gases tóxicos, fumaça densa e vapores



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Assim como com qualquer tipo de maquinário em movimento, a correia transportadora deve ser tratada com respeito e com a compreensão de que ela pode causar ferimentos. Há uma série de riscos de ferimentos relacionados à correia transportadora que podem levar à morte ou a ferimentos mais sérios. A maioria dessas preocupações surge do movimento da correia pelo sistema do transportador, como queimaduras por contato e o risco de se ficar preso devido ao contato com a correia em movimento. Cuidado especial deve ser tomado ao procurar por áreas danificadas ou checar o alinhamento.

Rolos de transportador de correias são grandes e de difícil manuseio, por isso devem

ser manuseados com cuidado. Quando transportados, eles devem ser travados para que não se soltem e devem ser manobrados com o equipamento apropriado e as medidas de segurança.

Consertar uma correia expõe os trabalhadores a aspectos como o levantamento de cargas pesadas, ferramentas afiadas e substâncias químicas. Os procedimentos apropriados de desligamento/sinalização/bloqueio/teste devem ser seguidos antes de iniciar trabalhos no sistema ou em seu entorno.

Deve-se usar o EPI's apropriados e os procedimentos do fabricante para o manuseio de substâncias químicas devem ser seguidos.

nauseantes que podem resultar de um incêndio em correia, a cinta é regulamentada nas aplicações em que essas condições são mais perigosas – minas subterrâneas, particularmente as de carvão. Muitos países substituíram as exigências antigas de cinta retardante de incêndios, uma cinta que passava em pequenos testes com maçaricos Bunsen, ordenando o uso de cinta autoextinguível em aplicações subterrâneas.

Deve-se observar que **TODAS** as correias transportadoras queimarão com suficientes calor e fluxo de ar. Entretanto, testes padronizados de laboratório têm sido aceitos por agências reguladoras governamentais a fim de medir e categorizar as características de queima de diferentes correias. Em termos gerais, “auto extingüível” é utilizado para correias que não propagam um incêndio em um cenário de laboratório uma vez que a fonte do mesmo tenha sido removida.

A cinta auto extingüível custa mais do que o retardante de incêndios. Esse acréscimo no custo é geralmente de 10% a 50%, porém pode variar, dependendo da construção da carcaça e da medida da cobertura.

Com exceção dos Estados Unidos, os padrões de segurança contra incêndio para correia de transportadores são semelhantes nos maiores países exploradores de carvão, incluindo Austrália, Canadá, China, Alemanha, Índia, Indonésia, Polônia, Rússia e África do Sul. Na Alemanha, por exemplo, exigências estritas foram implementadas há mais de 30 anos.

Há várias organizações reguladoras e agências governamentais internacionais que oferecem orientação e direção. Entre elas estão: Instituição Britânica de Padrões (British Standards Institution - BSI), Associação dos Fabricantes de Equipamentos para Transportadores (Conveyor Manufacturers Equipment Association - CEMA), Deutsches Institut für Normung (DIN), European Standards (EN) e Organização Internacional para Padronização (International Organization for Standardization - ISO).

Os testes nesses e na maioria dos outros países incluem:

A. Teste de Fricção de Tambor (DIN 22100 e outros).

O teste de fricção de tambor mede a capacidade de uma superfície manter sua temperatura abaixo de um máximo exigido, após um tempo específico e sob uma tensão específica. O procedimento de teste simula uma correia deslizando sobre uma polia emperrada ou uma polia rodando sob uma correia parada. Para passar neste teste, a temperatura da superfície da correia deve permanecer abaixo de 325°Celsius (617° F) sem chamas ou brilhos visíveis.

B. Teste de Resistência de Superfície (ISO 284/EN 20284/DIN 20284).

Uma carga eletrostática pode se formar na superfície de uma correia e acender uma mistura de gases inflamáveis e ar. Mantendo a resistência da superfície da correia baixa (tornando-a mais condutora), a correia permite que a carga flua livremente, eliminando o risco de faíscas.

C. Teste com Maçarico de Propano de Alta Energia (EM 12881)

Para determinar se a correia de um transportador propagará um incêndio, uma amostra de 2 a 2,5 metros de comprimento por 1.200 milímetros de largura é queimada com um maçarico de propano. Após a remoção da fonte de ignição, as chamas devem se extinguir em certa quantidade de tempo, deixando uma área definida de danos na correia.

D. Teste de Galeria em Escala de Laboratório (DIN 22100 e 22118).

Uma amostra de cinta de 1.200 milímetros de comprimento por 120 milímetros de largura é colocada sobre um maçarico de propano. Após a remoção da fonte de ignição, as chamas devem se auto extinguir, e uma área definida não danificada deve permanecer.

Nos Estados Unidos, padrões de inflamabilidade de correias transportadoras podem ser considerados menos rigorosos do que os utilizados em outros países, já que uma abordagem sistêmica é utilizada para a supressão de incêndios. As regulamentações dos EUA incluem não somente cintas de transportadores, mas também aparelhos de monitoramento do ar e de detecção de deslizamentos motores.

As atuais exigências de resistência a incêndios nos Estados Unidos para aplicações gerais, exceto em minas subterrâneas de carvão, conforme publicado no Código de Regulamentações Federais (Code of Federal Regulations - CFR), são bastante simples:

Teste com Maçarico Bunsen (CFR Parte 30 Seção 18.65).

Um pequeno (aproximadamente 150 por 12 milímetros) pedaço de correia é colocado sobre a chama de um maçarico Bunsen por um minuto, sendo ela removida após esse tempo, e um fluxo de ar aplicado por três minutos. Após um determinado período de tempo, a duração das chamas é registrada. A média de quatro amostras não deve queimar por mais de um minuto ou exibir brilho remanescente por mais de três minutos.

Esse teste, implementado pelo Ato Federal de Saúde e Segurança em Minas de Carvão de 1969, é semelhante a um padrão para correias subterrâneas que estava em vigor na Europa até meados dos anos 70. Entretanto, com o advento de regulamentações mais exigentes, as correias retardantes de incêndios tiveram permissão de utilização na Europa somente em aplicações sobre o solo; as correias auto extingüíveis passaram a ser exigidas para o subsolo.

Os Estados Unidos agora têm um padrão mais exigente para correias resistentes a incêndios para minas subterrâneas de carvão. Em dezembro de 1992, a Administração de Segurança e Saúde em Minas (MSHA), do Departamento de Trabalho dos EUA, propôs uma nova regra para as exigências dos testes em correias de transportadores (Registro Federal, vol. 57, nº 248) que elevaria os padrões de segurança aos níveis internacionais. Quase dez anos depois, em julho de 2002, essa regra proposta foi retirada. As razões citadas para tal foram que o número de incêndios em correias de transportadores havia caído significativamente, e as melhorias no monitoramento das correias estavam sendo implementadas.

Recomendações do Ato de Melhoria nas Minas e Novas Respostas de Emergência (Mine Improvement and New Emergency Response - MINER) de 2006 resultaram em uma nova regra para minas subterrâneas de carvão (CFR Parte 30 Seção 14.20) efetivada em dezembro de 2008, incluindo o Laboratório de Testes

e Avaliação de Correias (BELT), um teste de resistência a chamas em escala de laboratório, baseado no trabalho realizado para a regra proposta em 1992. Para que uma correia passe no teste BELT, ela deve ter capacidade de resistência a incêndios melhorada, o que limita consideravelmente a propagação de chamas.

O teste exige que três amostras de correia, de aproximadamente 152 por 23 centímetros, sejam colocadas em uma câmara de testes de 168 centímetros de comprimento por 456 centímetros quadrados. Após a aplicação da chama do maçarico na extremidade dianteira da amostra por 5 minutos e a extinção das chamas, cada amostra testada deve exibir uma porção não danificada em toda a sua largura.

Na época da produção desse material, a regra final publicada pela MSHA exigiu que as correias de transportadores utilizados em minas subterrâneas de carvão fossem mais resistentes a incêndios do que era exigido previamente, a partir de 31 de dezembro de 2009. A regra também exige que a cinta existente seja substituída dentro de dez anos. A MSHA ou fabricantes renomados de cintas podem ser contatados para informações atualizadas adicionais.

Outras Preocupações com a Segurança da Correia

Outros padrões são utilizados às vezes. Alguns países têm exigências ainda mais rigorosas acerca de, por exemplo, toxicidade, higiene ou rugosidade da cobertura da correia. As especificações exatas podem ser encontradas nos padrões de regiões geográficas ou indústrias específicas. Os procedimentos e padrões são oferecidos dentro dos padrões DIN, EN, ISO, BSI, CEMA e, para o Brasil, consulte NR 12 e NR 22. Obviamente, é imperativo que a correia seja compatível com os materiais a serem transportados.

CONSTRUÇÃO DA CORREIA

A Carcaça da Correia

A cinta de correias transportadoras é composta por duas partes: a carcaça interna e as coberturas externas. A carcaça é a seção estrutural mais importante da correia, já que contém o membro tensionável para manusear a carga transportada pelo sistema. O propósito

primário da carcaça é transmitir a tensão necessária para elevar e mover a correia carregada e absorver a energia de impacto liberada pelo material ao ser carregado na correia. Independentemente de qual sistema de suporte de correia seja empregado, se a carcaça da correia não conseguir lidar com a energia do impacto inicial, a correia irá falhar prematuramente. A carcaça deve ser adequada para permitir técnicas apropriadas de emenda e forte o suficiente para lidar com as forças que ocorrem ao se iniciar, movimentar e parar a correia carregada. A carcaça também fornece a estabilidade necessária para o suporte apropriado entre roletes e para manter o alinhamento.

A maioria das carcaças é feita de uma ou mais camadas de tecido entrelaçado, apesar de que a cinta de serviço pesado pode incorporar cabos de aço paralelos para substituir algumas ou todas as camadas de tecido. O tecido da carcaça geralmente é feito de fios entrelaçados em um padrão específico. Os fios que correm no comprimento, paralelos ao transportador, são chamados de fios de deformação e são os membros que suportam a tensão. As fibras transversais ou cruzadas são chamadas de fios de trama e são desenhadas primariamente para resistência a impactos, fixação mecânica, suporte de carga e estabilidade geral do tecido.

Anos atrás, os transportadores de correia usavam fios feitos de algodão como reforço têxtil. Para melhorar a adesão da cobertura e a resistência a abusos, um tecido intermediário era normalmente colocado entre a cobertura e a carcaça. Ao longo dos anos 60 e 70, os reforços de carcaça passaram por mudanças. Hoje em dia, a maioria das carcaças de correias é feita com tecidos sintéticos, como nylon, poliéster ou uma combinação dos dois. Esses tecidos são superiores aos tecidos naturais mais antigos em quase todos os aspectos, incluindo força, adesão, resistência a abusos, fixação e flexão. Atualmente, os tecidos que incorporam fibras de aramido são usados em algumas aplicações em correia de transportadores. As fibras de aramido oferecem alta força, baixo alongamento e resistência ao calor. Tecidos intermediários raramente são utilizados com esses tecidos sintéticos, já que pouca ou nenhuma melhoria é alcançada.

Tipos de Carcaça

Há quatro tipos de carcaças de correias:

A. Correia de Camadas Múltiplas.

A correia de camadas múltiplas normalmente é composta por duas ou mais camadas de algodão entrelaçado, raíom ou uma combinação de ambos, unidos por um composto de elastômero. As características de força da correia e suporte de peso variam de acordo com o número de camadas e o tecido utilizado. O transportador de camadas múltiplas foi o tipo mais largamente utilizado nos anos 60, porém, hoje em dia, ele foi substituído pela cinta de camadas reduzidas.

B. Correia de Camadas Reduzidas.

As correias de camadas reduzidas consistem em carcaças com menos camadas em comparação às de camadas múltiplas ou entrelaçamento especial. Na maioria dos casos, a correia de camadas reduzidas depende do uso de fibras têxteis sintéticas de maior força, concentradas em uma carcaça de menos camadas para fornecer maior força de unidade do que em comparação com uma correia de camadas múltiplas. Os dados técnicos disponibilizados pelos fabricantes de correias geralmente indicam que a cinta de camadas reduzidas pode ser utilizada para a mesma gama de aplicações especificadas nas correias de camadas múltiplas.

C. Correia de Cabos de Aço.

Correias com cabos de aço são feitas de uma única camada de cabos de aço paralelos, totalmente envoltos em borracha como elemento tensionador. A carcaça da cinta de cabos de aço é disponibilizada em dois tipos de construções. A construção toda em goma usa somente cabos de aço e borracha; a construção reforçada por tecidos tem uma ou mais camadas de tecido sobre e/ou abaixo dos cabos, porém separadas deles pela borracha. Ambos os tipos têm cobertura superior e inferior apropriadas. A cinta de cabos de aço é produzida usando uma ampla variedade de diâmetros de cabos de aço e espaçamento, dependendo primariamente da força desejada para a correia. A cinta de cabos de aço geralmente é utilizada em aplicações que exijam tensões

operacionais além do alcance das correias de tecidos.

Outra aplicação é em transportadores onde, devido a limitações na distância em que o sistema tensionador pode se movimentar, a correia não pode se esticar significativamente.

D. Correia de Entrelaçamento Sólido.

Este tipo de correia consiste em uma única camada de tecido sólido entrelaçado, normalmente impregnada e coberta de PVC, com coberturas superior e inferior relativamente finas. A superfície de correias de PVC geralmente é enrugada de propósito para auxiliar o transporte em inclinações; no entanto, a superfície enrugada torna a limpeza mais difícil. A resistência à abrasão do PVC é mais baixa que a da borracha, então, algumas correias de entrelaçamento sólido são feitas com a combinação de um núcleo de PVC e coberturas de borracha.

Cobertura Superior e Inferior

As coberturas protegem a carcaça da correia da abrasão causada pelo carregamento ou quaisquer outras condições que poderiam contribuir para a deterioração da correia. A cobertura superior e a inferior da correia do transportador fornecem pouca força estrutural a ela. O propósito da cobertura superior é proteger a carcaça dos danos causados pelo impacto e do desgaste. A cobertura inferior fornece uma superfície de fricção para a transmissão de energia e o alinhamento da correia. Normalmente, a cobertura superior é mais grossa que a inferior e mais resistente à abrasão, os danos por impactos e ao desgaste, devido ao seu maior potencial para danos. Abrasão e cortes podem ser tão severos que uma cobertura superior a 18 milímetros se torna necessária. De qualquer maneira, o objetivo da seleção da cobertura é fornecer proteção suficiente para a carcaça chegar ao limite de sua vida útil.

As coberturas podem ser feitas de uma variedade de elastômeros, incluindo borrachas naturais e sintéticas, PVC e materiais especialmente formulados para atender exigências especiais de aplicação, como resistência a óleo, incêndios ou abrasão.

Usuários podem ser tentados a inverter a correia quando a superfície superior se torna

desgastada. Em geral, é melhor evitar a inversão da correia após desgaste profundo no lado superior. Girar a correia leva uma superfície irregular para o contato com a polia, resultando em má distribuição lateral da tensão, o que pode levar ao desalinhamento da correia. Outro problema é que pode haver partículas finas do material carregado presas nas irregularidades da superfície carregadora; ao ser girada a correia, esse material passa a ser colocado em contato abrasivo com o revestimento da polia, dos roletes e de outros sistemas de suporte da correia. Além disso, após anos sendo feita côncava em uma direção, a correia tende a se “firmar” (uma predisposição a uma direção) e resistirá à reversão de concavidade necessária para inverter a correia. Às vezes, pode-se levar semanas para superar esse quadro, e ele ainda pode levar a problemas de alinhamento da correia.

Uma menção específica deve ser feita à prática de alguns fabricantes de correias de estampar seu logotipo na superfície carregadora da correia (**Figura 4.2**). Mesmo quando próxima à extremidade da correia, essa área se torna uma armadilha para o material transportado, e a rugosidade dela pode abusar dos sistemas de limpeza e vedação da correia, sob os quais a área salientada irá passar. É recomendado que os usuários especifiquem que esses logotipos de fornecedores sejam posicionados no lado de retorno da correia, que não carregará materiais.

Relação de Aspecto

Apesar de algumas correias terem a mesma espessura da cobertura dos dois lados, a maioria delas é fabricada com uma cobertura um pouco mais fina do lado da polia (mais leve em escala) do que o lado carregador, devido à diferença de resistência necessária ao desgaste. A diferença de espessura entre a cobertura superior e a inferior é definida como a relação de aspecto da correia. Entretanto, a diferença na espessura



Figura 4.2

É uma má prática para o fabricante de correias estampar seu logotipo no lado carregador da correia, já que ele pode acumular material.

entre as duas coberturas não pode ser muito grande, ou a correia pode se envergar.

O problema com correias que possuem relação de aspecto mal projetado é que a massa maior de borracha irá encolher mais que a menor. Conseqüentemente, se uma correia tem uma relação desproporcional entre a cobertura superior e a inferior, e a superior encolher devido à idade, à exposição a raios ultravioleta ou outros fatores, a correia irá se envergar, reduzindo a área inferior em contato com as roldanas. Isso dificultará que se mantenha o alinhamento da correia. Esse problema pode ocorrer mais provavelmente quando, visando obter uma cobertura superior grossa para prolongar a vida útil, uma fábrica faz o pedido de uma correia cuja cobertura superior é grossa demais para a inferior. Para promover o encolhimento e um alinhamento mais consistentes, uma relação de aspecto de 1.5 para 1 é recomendada para correias com até 900 milímetros, e de 2 para 1 para aquelas entre 1.000 e 1.600 milímetros. Para correias acima de 1.600 milímetros, recomenda-se uma relação de aspecto de 3 para 1. Correias com relação de aspecto de 3 para 1 são apropriadas para vários propósitos e é o tipo mais comumente estocado pelos distribuidores.

Chapuzes, Nervuras, Fraturas Estriadas e Alças

Elementos salientes são utilizados às vezes na superfície de correias para auxiliar no carregamento de materiais (**Figura 4.3**) Esses chapuzes, nervuras, fraturas estriadas e alças são utilizados geralmente para permitir que um transportador carregue materiais em um ângulo maior de inclinação do que seria normalmente possível com uma correia plana. Isso é

particularmente útil com grandes pedaços de pedra que poderiam facilmente rolar por uma inclinação desobstruída.

Chapuzes ou nervuras podem ser vistos como paredes ou prateleiras instalados perpendiculares às linhas formadas pelas extremidades da correia. Fraturas estriadas possuem um formato em V. Alças são “ilhas” individuais ou pilares na superfície da correia. Todos estão disponíveis em uma variedade de padrões e estilos, com altura determinada pela aplicação. Eles podem ser moldados à superfície durante a fabricação original da correia ou podem ser parafusados ou vulcanizados à superfície da correia.

Deve-se ter em mente que quanto mais altas forem essas peças, mais vulneráveis elas serão a danos e mais difícil será a limpeza e a vedação da correia.

Um modo de aumentar a tração entre a correia e o material transportado é usar uma cobertura superior que tenha fraturas estriadas invertidas. Ao invés de serem salientes sobre a correia, eles são como interrupções na superfície da cobertura superior, como as bandas de rodagem dos pneus. Os canais são cortados na cobertura da correia com uma fresa; eles podem ter o ângulo das fraturas estriadas ou serem perpendiculares à borda da correia. Esse desenho permite maior sucesso na limpeza e vedação da correia com os sistemas tradicionais, apesar de ser possível que materiais transportados entupam os canais.

Graus da Correia

Vários órgãos nacionais e internacionais estabeleceram sistemas de classificação para a correia utilizada no manuseio geral de materiais a granel. Desenhadas para oferecer uma referência para os usuários finais acerca de que graus usarem em diferentes aplicações, as classificações especificam distintos critérios de testes laboratoriais sem fornecer qualquer garantia de desempenho em alguma aplicação específica.

Nos Estados Unidos, a Associação dos Fabricantes de Borracha (RMA) estabeleceu dois graus padrões de cobertura de correia. A correia RMA Grau I atende exigências superiores de tensionamento e alongamento da borracha, tipicamente indicando maior resistência a cortes em comparação com o

Figura 4.3

Chapuzes, nervuras, fraturas estriadas e alças são elementos salientes na superfície de correias para auxiliar o carregamento de materiais em um ângulo maior de inclinação.



desempenho das coberturas de Grau II. Deve-se observar que a classificação por graus não necessariamente denota resistência geral à abrasão.

A Organização Internacional para Padronização (ISO) estabeleceu de maneira similar um sistema de graduação chamado ISO 10247. Esse padrão inclui Categoria H (Serviços com Corte Severo), Categoria D (Serviços com Abrasão Severa) e Categoria L (Serviços Moderados). A Categoria H é comparável grosseiramente com o RMA Grau I; as Categorias D e L se aproximam da correia RMA Grau II.

Além disso, há tipos de correias fabricados para atender exigências específicas de aplicações desgastantes, como serviços com materiais quentes, em minas subterrâneas, ou exposição a óleo ou produtos químicos. No entanto é aconselhável adquirir compreensão das condições operacionais e consultar fornecedores qualificados, antes de selecionar categorias de correias.

Resistência a Abrasão em Correias

Há dois tipos de abrasão que ocorrem em correias de transportadores. Uma é causada pelo material esfregado contra a cobertura da correia. Assim como ocorre com um carpinteiro lixando um objeto, esse desgaste ocorre relativamente por igual, sob a influência do material sendo pressionado contra a superfície. A taxa real de abrasão dependerá da natureza do material, sendo modificada pela densidade do carregamento dele e pela velocidade da correia. São os chamados danos por intrusão.

Uma forma mais agressiva de abrasão é o dano causado à superfície por materiais afiados que cortam a correia. Trata-se do tipo conhecido como danos por impacto.

Há dois tipos de testes utilizados para medir o desgaste na cobertura da correia. Um é a Metodologia de Teste de Abrasão ISO 4649 Tipos A e B (antigo DIN 53516). Esse teste utiliza uma amostra de cobertura de borracha e a segura contra um tambor abrasivo rotatório por um intervalo fixo. A amostra é pesada antes e depois para calcular a perda de volume. Quanto menor o número (menos material perdido), mais resistente ela é à abrasão.

Um segundo método de teste é o Teste de Abrasão de Pico, também chamado pela Sociedade Americana de Testes e Materiais (ASTM) de Método de Teste ASTM D2228. Nesse teste, facas de carbetto de tungstênio são utilizadas para causar abrasão em uma pequena amostra da cobertura da correia. Como no anterior, a amostra é pesada antes e após o procedimento, e a perda de peso é calculada. Os resultados são fornecidos como um índice; portanto, quanto maior o número, melhor a resistência à abrasão.

A maioria das referências alerta que nenhum dos testes deve ser visto como uma previsão precisa do desempenho real em aplicações de campo.

Novos Desenvolvimentos em Correias

Uma inovação recente é o desenvolvimento de coberturas de correias energeticamente econômicas. Chamadas Coberturas de Baixa Resistência de Rolagem (LRR), essas coberturas inferiores reduzem a tensão necessária para operar a correia, porque há menos resistência à endentação nos rolos, na medida em que a correia se movimenta sobre os roletes. De acordo com os fabricantes, essa correia pode produzir economia no consumo de energia operacional de 10% ou mais. A economia ocorre no encontro da correia de borracha com as roletes do sistema. A cobertura energeticamente econômica tem menor resistência à rolagem, porque a cobertura inferior retorna a uma configuração achatada mais rapidamente do que correias convencionais, as quais deformam à medida que passam sobre os componentes rolantes do transportador.

Os fabricantes observam que os benefícios desse tipo de cobertura podem ser mais bem percebidos em transportadores longos e horizontais, utilizando correias largas, totalmente carregadas com material de alta densidade, onde a fricção do sistema é determinada pelas resistências relacionadas aos roletes. O componente LRR custa mais do que os outros compostos de cobertura. No entanto, nas instalações onde os benefícios podem ser totalmente percebidos, o composto compensa seu custo individual através da redução dos custos com eletricidade e, em sistemas novos, permitindo que o transportador seja equipado

com menores motores, polias, redutores, eixos, rolamentos, roletes e estruturas de aço.

Os usuários não podem supor que uma cobertura de LRR reduzirá as despesas operacionais, nem podem simplesmente especificar o LRR, já que cada correia é composta para uma aplicação específica. A relação entre o consumo de energia com uma correia LRR e as condições de temperatura não é linear e há tipicamente uma pequena janela de aplicação. Uma cobertura inferior específica em LRR, desenhada para economizar energia a 20^o pode custar mais para ser operada a 0 ou 30^o graus, portanto, cada correia deve ser projetada para as condições climáticas de cada aplicação.

Outro novo desenvolvimento em correias é o uso de coberturas antiaderentes. Essa correia é criada aplicando-se uma camada antiaderente para impedir que se formem acúmulos de material sobre a correia. Essa camada reduz a necessidade de limpeza da correia, conseqüentemente, estendendo a vida útil através da redução do desgaste da cobertura. Essa camada também é resistente a óleo e graxa e não é afetada pela ação dos elementos e pelo envelhecimento. Deve-se observar que os limpadores convencionais de correia (raspadores) devem ser removidos se for utilizada correia antiaderente, já que a “extremidade limpante”, mesmo dos pré-limpadores feitos de poliuretano, pode remover a camada.

Os transportadores são projetados como sistemas, e qualquer mudança na especificação original da correia pode afetar negativamente a operação do transportador. Fabricantes de correia devem ser consultados para determinar qual tipo é mais apropriado para qualquer aplicação.

Extremidade Cortada ou Extremidade Moldada

Há dois métodos para se criar as extremidades de uma correia: extremidades moldadas ou cortadas.

Uma correia de extremidade moldada é fabricada na largura exata especificada para a correia, portanto, as extremidades da correia são imersas em borracha. Como resultado, o tecido da carcaça não é exposto aos elementos. Devido ao fato de ser feita sob

medida, provavelmente exigirá um tempo de provisionamento maior e geralmente custa mais do que a correia de extremidade cortada.

A correia de extremidade cortada é fabricada e depois cortada na largura especificada exigida para atender ao pedido. Por meio desse método, o fabricante pode atender dois ou três pedidos com uma única correia produzida. Como resultado, as correias de extremidade cortada são mais econômicas de se fabricar, por isso esse tipo se tornou mais comum. O corte na largura especificada pode ocorrer no momento da manufatura ou pode ser feito cortando-se uma correia de um rolo grande em uma operação secundária, tanto nas instalações do fabricante quanto de um distribuidor.

Uma correia de extremidade cortada pode ser extraída de qualquer corrie mais larga. Isso a torna mais prontamente disponível. No entanto, há algumas desvantagens. Nas extremidades cortadas da correia, a carcaça é exposta; portanto, ela se torna mais vulnerável a problemas relacionados a condições ambientais abusivas no armazenamento, manuseio e utilização. Além disso, o processo de corte é vulnerável a problemas. Facas cegas podem levar a problemas como arqueamento da correia – uma curvatura na extremidade. Ainda, há os fatores desconhecidos inerentes à compra de correia usada ou recortada, incluindo idade, exposição ambiental e histórico de aplicação.

A correia de cabos de aço é fabricada em uma largura predeterminada, portanto, tem as extremidades moldadas. Correias de camadas de tecido são disponibilizadas com ambos os tipos de extremidade.

SELEÇÃO DA CORREIA

Especificando uma Correia

A seleção e a engenharia de uma correia apropriada são mais bem realizadas por um especialista, que pode ser encontrado trabalhando para um fabricante ou distribuidor de correias ou como consultor independente. Uma correia devidamente especificada e manufaturada proporcionará melhor desempenho, vida útil otimizada e custo mais baixo. A seleção equivocada ou a substituição pode levar a conseqüências catastróficas.

Há uma série de parâmetros operacionais e condições materiais que deve ser detalhada ao se especificar uma correia. As condições materiais a serem detalhadas incluem:

A. Espessura.

Variações nos limites da espessura para uma escala de deslizamento de +/- 20% para coberturas finas como as de 2.4 milímetros e +/- 5% para coberturas de mais de 19 milímetros.

B. Curvatura ou arco.

Curvatura ou arco limite para um quarto de 1% (0.0025). Isso permite uma dimensão de curvatura ou arco de +/- 25 milímetros em 10 metros. A curvatura representa a convexidade da extremidade da correia; o arco é a concavidade dela. A RMA define arco (e curvatura) como a relação da distância, a meio caminho entre dois pontos, ao longo da extremidade da correia, que estejam distantes de 15 a 30 metros, entre a real extremidade da correia e uma fita ou fio esticado reto entre os dois pontos. Para expressar isso em porcentagem, calcula-se a relação em centésimos e multiplica-se por 100. Por exemplo, se 30 metros de correias estavam desviados por 450 milímetros, isso seria equivalente a uma curvatura de 1.5%. Em medidas imperiais, uma distância de 18 polegadas sobre um comprimento de 100 pés de correia seria uma curvatura de 1.5%.

C. Superfície da correia.

Especifique a superfície da correia como suave, plana e uniforme +/- 5 pontos de dureza. A dureza é medida, nos Estados Unidos, com um Durômetro Shore A. As leituras vão de 30 a 95 pontos - quanto maior o número no durômetro, mais duro é o composto. A escala Internacional de Graus de Dureza da Borracha (IRHD) tem uma abrangência de 0 a 100, correspondendo ao módulo elástico de 0 (0) e infinito (100), respectivamente.

D. Marca do fabricante.

Solicite que a marca do fabricante seja eliminada ou moldada na cobertura inferior, ao invés da superior, onde ela não interferirá na limpeza e vedação da correia.

Os parâmetros operacionais a serem detalhados ao especificar uma correia de

transportador incluem:

- A. Horas de operação carregada e descarregada.
- B. Detalhes do ponto de transferência, incluindo ângulo de concavidade e distância de transição, assim como informações sobre a trajetória do material, o peso e a velocidade de queda.
- C. Descrição o mais completa possível do material a ser manuseado, incluindo tamanhos dos pedaços e alcance da temperatura do material.
- D. Detalhes do sistema de limpeza da correia a ser utilizado.
- E. Descrição dos tratamentos químicos (ex: agentes descongelantes ou supressores de pó) a serem aplicados.
- F. Descrição dos contaminantes atmosféricos (de processos próximos ou outras fontes).
- G. Especificação dos extremos climáticos locais que a correia terá que suportar.

Conheça sua Estrutura, Conheça sua Correia

Colocar qualquer correia sobre a estrutura de um transportador, sem conhecer as características dela pode atrapalhar o desempenho do sistema e reduzir o desempenho da correia. Podem surgir problemas na forma de desalinhamento, redução da vida útil, danos nas emendas, tempo ocioso não programado e despesas adicionais de manutenção.

Uma análise detalhada da estrutura do transportador e dos componentes rolantes é necessária para garantir que a correia utilizada no sistema seja a escolha correta. Recomenda-se que todos os parâmetros sejam totalmente compreendidos, antes de selecionar e instalar uma correia em uma estrutura existente. É sempre sábio considerar os conselhos dos fornecedores de correia.

Compatibilidade com a Estrutura e os Componentes Rolantes

Comprar correias é como comprar roupas. Para servir da melhor maneira, elas devem ser feitas sob medida para a estrutura existente.

As correias de transportadores são desenvolvidas para distintas capacidades, comprimentos, larguras, ângulos de concavidade e tensões. Uma correia deve ser

compatível com a estrutura do transportador, e isso envolve mais do que somente a largura da correia. Infelizmente, isso não é comumente compreendido no nível da operação de uma fábrica. Muito frequentemente, há uma filosofia de “uma correia é uma correia”. Isso tem origem na compreensão incompleta acerca da complexidade da equação da correia. Essa filosofia se torna prática, às vezes, quando há a necessidade de economizar ou de garantir um retorno mais rápido do serviço. A resposta típica nesses casos é usar uma correia do estoque, seja um pedaço restante, seja uma correia sobressalente encontrada em lojas de manutenção, seja uma correia de pronta entrega de alguma fonte externa, como um distribuidor de correias ou um vendedor de equipamentos usados.

Trata-se de uma falsa economia utilizar uma correia “barganhada” que não seja totalmente compatível com o sistema do transportador. A incompatibilidade entre a correia e a estrutura é um problema comum que leva ao mau desempenho da correia e ao fraco retorno do investimento nela. Essa incompatibilidade poderia muito bem ser a causa mais comum de problemas de alinhamento vistos em transportadores onde uma correia substituta foi instalada ou pedaços foram adicionados à correia existente. Compreender os princípios básicos de compatibilidade é essencial para garantir um bom desempenho da correia e do transportador.

Especificar uma correia transportadora é uma tarefa importante. É extremamente vantajoso para a operação permitir que um especialista se encarregue dessa parte do processo do transportador. Esse especialista estará familiarizado com as capacidades das correias fornecidas pelos fabricantes e saberá formular as perguntas apropriadas.

Classificação da Tensão da Correia

Cada correia é classificada quanto à força – a quantidade de força de tração que suportará. A força de uma correia (ou, mais precisamente, a tensão que ela pode suportar) é classificada, nos Estados Unidos, em Libras por Polegada de Largura, comumente abreviada como PIW (do inglês *Pounds per Inch of Width*). Em outras partes do mundo, a correia é classificada quanto à força máxima de ruptura no sistema métrico de newtons por milímetro (N/mm) ou

quilonewtons por metro (kN/m).

A classificação de força é feita em função do reforço incluído na carcaça da correia e da quantidade e do tipo de material nas camadas de tecido ou, em caso de correia de cabos de aço, do tamanho deles. Como observado, a cobertura superior e a inferior de uma correia representam muito pouco da força dela ou da sua classificação de tensão.

A força da correia, seja quanto à classificação de tensão da carcaça ou à força máxima de ruptura, representa a quantidade de força que pode ser aplicada à correia. Exigir mais em termos de carga de material, de peso de tensão e de inclinação gravitacional poderia causar problemas sérios, incluindo a possibilidade de ruptura da correia. Quanto maior a classificação de tensão da correia, mais importante é a compatibilidade entre ela e a estrutura e os componentes rolantes.

A estrutura de cada transportador exigirá uma correia com uma classificação de tensão específica. Os fatores que afetam essa decisão são:

- A. Comprimento da estrutura.
- B. Ângulo de inclinação do transportador.
- C. Capacidade desejada.
- D. Largura da correia.
- E. Arrasto e inércia dos componentes rolantes.

Raio Mínimo de Curvatura

A correia é projetada com um tamanho mínimo de polias especificado pelo fabricante. Curvar uma correia sobre um raio muito pequeno pode danificá-la. Isso pode resultar em separação de camadas, falhas em camadas ou rachadura da cobertura superior da correia. O tamanho inadequado das polias também pode levar à separação de emendas mecânicas. O diâmetro mínimo da polia é determinado pela quantidade e pelo material das camadas, seja de aço, seja de tecido reforçado, além da classificação de tensão da correia e da espessura das coberturas superior e inferior.

Quando um sistema de transportador é originalmente desenhado, o desejo de utilizar uma correia mais espessa (para prolongar a vida útil face aos altos níveis de impacto na zona de carregamento, por exemplo) pode exigir a instalação de polias de maior diâmetro.

Um erro comum ocorre quando uma operação observa algum tipo de dano à superfície carregadora da correia. A reação imediata é instalar uma correia ainda mais espessa no transportador, na expectativa de se conseguir uma vida útil mais longa. Se a correia mais espessa trabalhar sobre uma polia de diâmetro mínimo, ela pode, na verdade, ter uma vida útil mais curta, piorando o problema que a cobertura mais espessa deveria resolver.

Ângulo de Concavidade

As correias são côncavas para permitir que o transportador carregue mais material. À medida que o ângulo de concavidade aumenta, mais material pode ser carregado. Todas as correias de borracha plana ou de PVC podem ser moldadas em formato côncavo pelos roletes. O tipo de carcaça da correia, a espessura dela, sua largura e classificação de tensão determinam o ângulo máximo de concavidade. De acordo com os dados técnicos dos fabricantes de correia, a concavidade é tipicamente mostrada como a largura mínima da correia permitida para os vários ângulos côncavos.

Exceder o ângulo máximo de concavidade de uma correia em particular pode causar uma deformação permanente em forma de arco. Esse arco dificulta a vedação, a limpeza, e quase impossibilita o alinhamento. À medida que o arco aumenta, a superfície de contato entre os componentes rolantes e a correia é reduzida, diminuindo a capacidade dos roletes de guiar a correia devidamente.

Se a concavidade da correia for ultrapassada, ela pode não formar o ângulo côncavo corretamente, criando problemas de vedação e alinhamento. Se uma correia for muito dura e não aceitar a concavidade apropriada, ela não se alinhará devidamente ao longo do sistema. Isso rapidamente evoluirá para derramamentos nas laterais do transportador e danos nas extremidades da correia (**Figura 4.4**).

Outro problema que pode ocorrer caso a concavidade da correia seja excedida são os danos nas coberturas superior e inferior e na carcaça, na área de transição entre rolos de diferentes ângulos.

Além disso, se a concavidade da correia não for compatível com os roletes, pode haver maior consumo de energia para operar o transportador do que o desenho original.

Distância de Transição

A correia passa pela polia traseira em posição plana. À medida que ela sai da polia traseira e se move para a zona de carregamento, suas extremidades são elevadas, formando a concavidade onde o material é carregado (**Figura 4.5**). Essa concavidade é formada pelos roletes de transição – roletes posicionados em ângulos intermediários entre o plano e o ângulo final de concavidade do transportador.

Há uma área de transição semelhante, porém contrária, na polia dianteira do transportador, onde ele é levado de um formato côncavo de volta ao plano, logo antes de chegar ao ponto de descarga.



Figura 4.4

Exceder a capacidade de concavidade pode resultar em danos na correia.



Figura 4.5

Roletes de transição são utilizados para elevar as extremidades da correia e formar a concavidade onde é carregado o material.



Figura 4.6

A falha na área de transição entre rolos é causada por uma distância de transição imprópria (centro da polia de carga ou descarga até o primeiro rolo responsável pela concavidade) normal da correia.

À medida que a correia é tornada côncava, suas extremidades são esticadas mais do que o centro. Se a transição é feita em uma distância muito curta, danos podem ocorrer nas áreas de emenda com os roletes – os pontos sobre a interseção entre o rolo plano central e o rolo angulado (**Figura 4.6**).

É comum ver transportadores com área de transição mais curta que o necessário. Há várias razões para isso: falha na engenharia ou na compreensão acerca da importância da transição, falta de espaço ou desejo de reduzir custos. Por isso é ainda mais importante não piorar o problema, aplicando uma correia substituta que exija uma distância de transição maior.

Pode ser possível alongar a área de transição de um transportador. Há duas formas de se fazer isso. Uma seria mover a polia traseira para trás, de modo a estender a distância antes da zona de carregamento. O segundo método consiste na adaptação de uma área de transição de dois estágios, onde a correia assume formato côncavo, parcialmente antes de entrar na

Figura 4.7

A correia deve ser enrolada com o lado carregador para fora, em um núcleo com abertura quadrada.



Figura 4.8

Armazenar a correia no chão é uma má prática que pode causar danos.



zona de carregamento, e então, completa sua transição para o ângulo final de concavidade após o material ter sido carregado (ver *Capítulo 6: Antes da Zona de Carga.*)

São mais comuns, no entanto, circunstâncias como falta de espaço disponível e limites no orçamento, impedindo o alongamento da área de transição do transportador. A solução mais comum seria assegurar-se de que a correia é adequada à distância de transição existente. Essa pode não ser a solução mais econômica, quando são incluídos todos os custos – como os problemas de carregamento, maior tensão nas extremidades e danos na correia. Uma área de transição mal desenhada aumentará os custos e reduzirá a vida útil da correia.

ARMAZENAMENTO E MANUSEIO DA CORREIA

O transportador de correia tem sido a forma mais econômica e eficiente de manuseio de materiais a granel para muitas indústrias. Entretanto, para que essa importante parte da fábrica tenha o desempenho esperado, ela deve ser cuidadosamente armazenada e manuseada, desde o momento da fabricação até sua instalação no sistema do transportador. Técnicas impróprias de armazenamento podem levar a danos na correia, fazendo-a apresentar desempenho ruim, quando instalada na estrutura do transportador. À medida que aumenta o tempo de armazenamento e quanto maior o rolo da correia, maior também será a importância de se seguir os procedimentos corretos. Os custos de manuseio, transporte e armazenamento da correia são mínimos em comparação com o preço de compra da correia; portanto, os procedimentos corretos devem ser seguidos para proteger o investimento.

A seguir estão as diretrizes-chave de armazenamento e manuseio:

A. Enrolada em um núcleo.

À medida que a correia deixa as instalações do fabricante ou do distribuidor, ela deve ser enrolada com o lado carregador para fora, em um núcleo com abertura quadrada (**Figura 4.7**). O núcleo protege a correia de ser enrolada em um diâmetro muito pequeno quando ela é elevada pelo centro. Ele também ajuda no desenrolar da correia sobre o transportador. O tamanho do

núcleo é determinado pelo fabricante, com base no tipo, na largura e no comprimento do rolo de correia. O tamanho do rolo pode ser menor do que o diâmetro mínimo da polia, já que a correia enrolada não está sendo tensionada. A barra de elevação deve ser quadrada para se adequar à abertura quadrada do núcleo.

B. Devidamente apoiada.

A correia do transportador nunca deve ser armazenada no chão (**Figura 4.8**). Esse tipo de armazenamento concentra o peso do rolo sobre a superfície inferior. A carcaça da correia é comprimida nessa pequena área e portanto não é comprimida igualmente de um lado ao outro. A carcaça pode ser mais esticada em um lado ou outro. Isso é uma causa provável de curvatura da correia em formato de banana ao longo do seu comprimento.

Um rolo de correia nunca deve ser armazenado apoiado lateralmente (**Figura 4.9**). O peso do rolo pode causar expansão da lateral da correia, criando problemas de curvatura. A umidade pode penetrar na carcaça através da extremidade cortada da correia, criando problemas na carcaça ou curvatura da correia.

A correia deve ser apoiada em posição vertical em um suporte acima do solo (**Figura 4.10**). Isso coloca o estresse de uma metade do peso do rolo sobre o núcleo, aliviando o peso sobre a parte inferior. Esse suporte pode ser utilizado durante o transporte para distribuir melhor o peso da correia. Ele pode, depois, ser utilizado na fábrica para armazenamento, ou a correia pode ser transferida para um sistema de armazenamento próprio da fábrica, o qual apoie devidamente o rolo. É importante que o rolo seja apoiado devidamente desde o momento da fabricação até a instalação.

C. Rodada no suporte.

Se o suporte for desenhado corretamente, o colo da correia pode ser rodado aleatoriamente a cada 90 dias. Isso distribuirá o peso ao longo da carcaça de maneira mais igualitária. A bobina da correia deve ser produzida com uma seta indicando a direção de rotação. Rodar a correia na direção oposta causará o desenrolamento

dela.

D. Devidamente protegida.

Durante o transporte e o armazenamento, o rolo de correia deve ser coberto com uma lona ou envolto em material opaco resistente



Figura 4.9

Armazenar um rolo de correia lateralmente pode levar a problemas de curvatura.



Figura 4.10

Apoiar o rolo de correia em um berço ou suporte impedirá estresse desigual; é desaconselhável armazená-lo no chão.

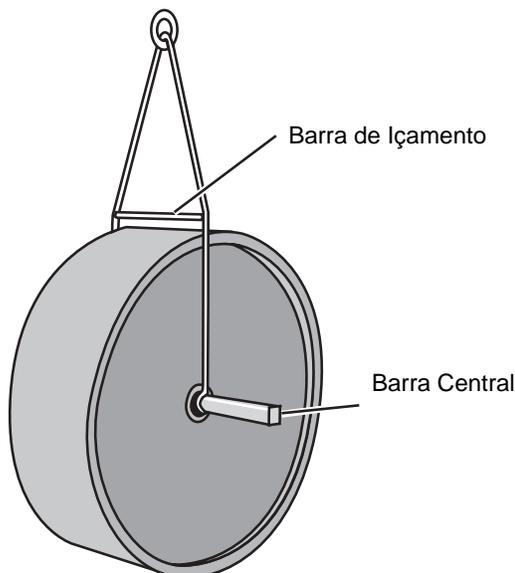


Figura 4.11

Utilizar uma barra de içamento, ao elevar um rolo de correia previne danos às extremidades da correia.

à água. Cobrir o rolo de correia o protege da chuva, dos raios solares e do ozônio. A cobertura deve permanecer durante todo o processo de armazenamento.

O rolo de correia deve ser armazenado dentro de um prédio para protegê-lo dos fatores ambientais. A área de armazenamento não deve conter transformadores grandes ou linhas de alta tensão, que podem interagir com o ozônio e afetar a correia. O prédio não precisa ser aquecido, porém deve ter uma temperatura relativamente estável.

E. Elevada corretamente.

Ao se elevar um rolo de correia, uma barra de elevação quadrada no tamanho correto deve ser introduzida no núcleo. Faixas ou correntes do tamanho apropriado para o peso do rolo devem ser utilizadas. Uma barra de içamento deve ser utilizada para impedir que as correntes ou faixas danifiquem as extremidades de correia (**Figura 4.11**).

Diretrizes adicionais são fornecidas no ISO 5285; fabricantes de correia podem fornecer diretrizes para seus produtos específicos.

Figura 4.12

Danos por impacto são causados por materiais grandes e afiados atingindo a correia, resultando em arranhões e cortes aleatórios na cobertura superior.



Figura 4.13

Danos por material preso geralmente são identificados como dois sulcos, um em cada lado da correia, próximo da extremidade onde a correia corre sob a calha-guia do transportador.



DANOS À CORREIA

Prolongando a Vida Útil da Correia

Conforme observado, o custo da correia pode facilmente exceder o custo de outros componentes do transportador e pode chegar ao ponto de se aproximar do custo da estrutura de aço dele. Um fator-chave para se alcançar um retorno razoável para o investimento em correias é evitar danos e prolongar sua vida útil. Obviamente, todos os sistemas instalados ao redor do transportador – seja para alimentá-lo, receber materiais dele ou auxiliar no transporte dos materiais – devem ser projetados para representar risco mínimo para a correia.

Danos às correias podem ser um grande obstáculo para a lucratividade de operações que utilizam transportadores. Essa despesa, que ocorre regularmente em fábricas em todo o mundo à custa de milhares de dólares, normalmente pode ser prevenida. Infelizmente, relativamente pouco esforço é utilizado na análise da vida útil da correia e nas razões para uma correia não alcançar sua vida útil máxima, devido à dificuldade de se identificar e medir todas as variáveis que afetam esse aspecto.

Os tipos de danos à correia podem ser divididos em dois grupos: desgaste normal e danos evitáveis. O desgaste devido à operação normal do transportador pode ser gerenciado e minimizado para prolongar a vida útil da correia, porém certo nível de desgaste é considerado aceitável. Talvez os danos evitáveis não possam ser totalmente prevenidos, mas podem ser minimizados através do desenho apropriado dos equipamentos e do gerenciamento da manutenção.

O primeiro passo para prevenir danos à correia é identificar a causa ou fonte(s) dos danos. Uma análise passo a passo pode quase sempre levar ao “culpado”.

Tipos de Danos à Correia

A seguir apresentamos uma breve análise dos principais tipos de danos à correia:

A. Danos por impacto.

Danos por impacto são causados por materiais grandes e afiados atingindo a cobertura superior da correia. O resultado desse impacto são arranhões e cortes aleatórios na cobertura superior (**Figura**

4.12). Um pedaço grande e congelado de carvão pode causar esse tipo de dano, por exemplo, se o impacto for severo o suficiente, a correia pode ser totalmente cortada. Esse tipo de dano normalmente é visto sob britadores ou em transportadores de minas manuseando material bruto.

A queda de materiais grandes sem método algum para auxiliar a correia na absorção da energia também pode levar a danos por impacto. (Ver *Capítulo 8: Chutes de Transferência Convencionais e Capítulo 10: Suporte da Correia.*)

B. Danos por material preso.

Os danos por material preso geralmente são vistos como dois sulcos, um em cada lado da correia, próximos da extremidade onde a correia corre sobre a calha-guia (**Figura 4.13**). Muitas vezes esse tipo de dano é atribuído à pressão do sistema de vedação da calha-guia. No entanto, estudos extensos demonstraram que esse tipo de dano à correia é mais provavelmente devido à compressão de material preso entre o sistema de vedação e a correia.

Esse material fica preso quando a correia se enverga abaixo da linha normal de funcionamento e fora do sistema de vedação. O material fica preso nesse “ponto de pinçamento”, formando uma ponta de lança que pode causar cortes ou abrasão na superfície da correia à medida que ela passa por ele (**Figura 4.14**). Isso leva a vários eventos negativos:

a. Formação de conchas.

O material preso formará uma área de alta pressão, causando desgaste excessivo no sistema de vedação (visto como a formação de conchas na vedação em cada rolete).

b. Formação de sulcos.

Sulcos serão cavados ao longo de todo o comprimento da correia sob a calha-guia (**Figura 4.15**).

c. Derramamento de material.

O material será forçado para fora da correia, levando à formação de pilhas de material derramado sob a zona de carregamento.

Materiais também podem ficar presos quando a calha-guia é colocada no interior da parede de chute no caminho do fluxo do material. Esse arranjo não só faz com que materiais fiquem presos causando danos à correia, mas também reduz a área transversal da parede de chute, reduzindo a capacidade do transportador. Esse mesmo dano pode ser visto quando se instalam sobras de correia ou correias usadas para vedação de pó, já que a carcaça é mais abrasiva que a cobertura da correia e a desgastará. Placas de desgaste mal instaladas também podem fazer materiais ficarem presos, criando esse tipo de desgaste.

Uma forma de prevenir o envergamento é



Figura 4.14

O material fica preso nesse “ponto de pinçamento”, formando uma ponta de lança que causará cortes ou abrasão na superfície da correia, à medida que ela passa por ele.



Figura 4.15

O material preso pode cavar sulcos ao longo de todo o comprimento da correia sob a calha-guia.

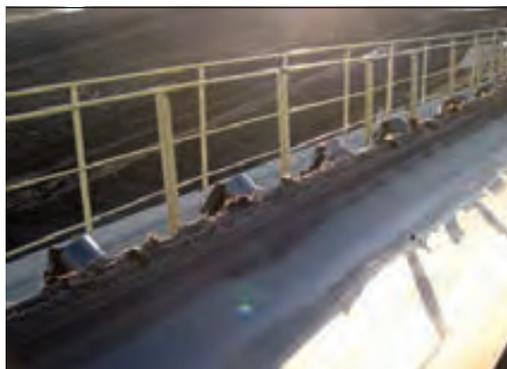


Figura 4.16

Danos na extremidade da correia indicam que ela está desalinhada e entrando na estrutura do transportador.

usar sistemas de suporte com barras para apoiar a correia e estabilizar o percurso de toda a área que possui calha. (Ver *Capítulo 10: Suporte da Correia.*)

C. Danos nas extremidades da correia.

Esse tipo de dano normalmente é identificado pelas extremidades desgastadas em um ou ambos os lados da correia (**Figura 4.16**). Se os danos nas extremidades não forem identificados e corrigidos, eles podem se tornar sérios o suficiente para de fato reduzirem a largura da correia até um ponto em que ela não possa mais carregar a capacidade nominal do transportador.

O desalinhamento da correia é provavelmente a maior causa de danos nas extremidades. Há várias razões para uma correia se desalinhar. Elas incluem estruturas desalinhadas, carregamento descentralizado, acúmulos de materiais nos componentes rolantes ou até mesmo o efeito do sol sobre apenas um lado da correia.

Há várias técnicas e tecnologias que podem ser utilizadas para alinhar a correia. Entre elas estão o levantamento a laser da estrutura, o ajuste dos roletes para

compensar a tendência de desalinhamento da correia e a instalação de roletes de alinhamento autoajustáveis que usam a força do movimento da correia para alinhar seu percurso.

A chave para o bom alinhamento da correia é encontrar a causa para o desalinhamento e, então, remediar essa causa, ao invés de se gastar tempo e dinheiro virando um rolete em uma direção e outro em outra para buscar o alinhamento. (Ver *Capítulo 16: Alinhamento da Correia.*)

D. Delaminação da correia.

Outra forma de dano vista nas extremidades da correia é a delaminação, através da qual as camadas da carcaça ou as coberturas se separam (**Figura 4.17**). Isso pode ser causado devido ao enrolamento da correia em polias que são muito pequenas. A entrada de umidade, produtos químicos ou outros materiais alheios na extremidade da correia pode contribuir para esse problema.

E. Cobertura superior desgastada.

Danos à cobertura superior são identificados quando ela é desgastada na área de carregamento da correia ou em toda a superfície superior (**Figura 4.18**). Vários fatores podem contribuir para o desgaste da cobertura superior.

Uma causa pode ser a abrasão causada pelo carregamento do material. Há uma ação abrasiva ou trituração sobre a cobertura da correia criada pela queda do material na correia em movimento.

Outra causa pode ser o acúmulo de material. Esse material agarra na correia, passando do ponto de descarga e se soltando ao longo do retorno do transportador. Se esse material fugitivo não for controlado, ele pode se acumular no chão, em espaços confinados e em componentes rolantes. Esse acúmulo pode crescer rapidamente, até o ponto em que a correia se movimenta através de uma pilha de material fugitivo que desgasta a cobertura da correia. Esse dano acontece mais frequentemente quando os materiais têm partículas afiadas e níveis mais altos de abrasão.

A má seleção do limpador de correia e sua montagem imprópria também podem

Figura 4.17

Outra forma de dano à extremidade da correia é a delaminação, na qual as camadas da carcaça se separam ou as coberturas se soltam.



Figura 4.18

A abrasão por carregamento de material é vista como um desgaste na cobertura superior na área de carregamento da correia.



danificar a cobertura superior da correia. Os raspadores devem ser montados de modo a evitar trepidação. A trepidação dos raspadores pode rapidamente remover a cobertura superior da correia, se não corrigida imediatamente.

Pesquisas mostraram que mesmo os sistemas de raspadores bem instalados podem causar algum desgaste na cobertura da correia. Isso é qualificado como uma porção do “desgaste normal” da correia. Com dispositivos de limpeza devidamente tensionado, esse desgaste é discreto e provou-se que é menor do que a abrasão de um rolete emperrado por acúmulo de material.

Correias alimentadoras lentas, que transportam materiais de silos com pontos altos de carregamento, também podem sofrer danos na cobertura superior. Reduzir essa pressão descendente do material carregado na correia reduzirá o dano potencial.

F. Rasgos e sulcos por objetos estranhos.

Danos na forma de rasgos e sulcos são causados por pedaços perdidos de metal, indo desde lascas de contêineres até dentes da concha de carregadeiras (**Figura 4.19**).

Esses pedaços de metal podem ficar presos na estrutura do transportador, formando uma faca que corta a correia. Esse dano é o tipo mais difícil de controlar, porque ele ocorre muito rapidamente e frequentemente com efeitos catastróficos. Há várias formas de minimizar, mas não de eliminar totalmente a quantidade de metal no fluxo de material. Esses métodos incluem telas, detectores de metal e monitores de vídeo. Porém, independentemente da eficácia das precauções, a correia ainda é vulnerável.

G. Danos pelo limpador de correia.

Os transportadores de correia geralmente têm uma relação paradoxal com os raspadores de correia. Sistemas de limpeza são necessários para remover acúmulos, o que reduz a quantidade de materiais fugitivos ao longo do transportador e, portanto, preserva a vida útil da correia; no entanto, raspadores de correia também têm efeitos negativos. Como qualquer objeto estranho, os raspadores podem danificar a correia, especialmente quando o

sistema de limpeza é mal aplicado ou mal mantido. Os danos podem se originar na excessiva pressão ou instalação desalinhada. Raspadores trepidando podem arrancar pedaços da superfície da correia (**Figura 4.20**).

Qualquer dano na superfície da correia ou na extremidade do raspador pode criar vibração adicional, expandindo o movimento e perpetuando o ciclo.

H. Rachaduras na cobertura superior.

Rachaduras pequenas e aleatórias na cobertura superior perpendiculares à direção de movimento da correia podem ser causadas por incompatibilidade entre os diâmetros da



Figura 4.19

Metais que vão desde lascas de contêineres a dentes de conchas de carregadeiras podem ficar presos na estrutura do transportador, danificando a correia.



Figura 4.20

Os impactos da trepidação dos raspadores podem causar pequenos cortes na cobertura da correia.



Figura 4.21

Curvar a correia ao redor de uma polia muito pequena pode causar rachaduras na cobertura superior, perpendiculares ao curso da correia.

correia e da polia (**Figura 4.21**).

Cada correia, dependendo do fabricante, do número de camadas, dos materiais de reforço, e da espessura exigirá um raio mínimo de curvatura. Esse tipo de dano ocorre se a correia não for compatível com os diâmetros de todas as polias da estrutura. Curvar uma correia em um raio muito pequeno forçará demais a cobertura superior. Esse estresse indevido causará rachaduras na borracha, expondo os materiais de reforço da correia, o que pode levar a danos na carcaça interna desta.

Qualquer mudança em relação às especificações originais da correia também deve ser feita com uma revisão do seu programa de especificações, incluindo um estudo dos diâmetros das polias do transportador e da tensão necessária para impulsionar a correia.

Instalar uma correia mais espessa em um sistema existente com o intuito de melhorar a vida útil, impedindo outros tipos de danos, como aqueles por impacto; pode encurtar dramaticamente a vida útil da nova

correia, especialmente se o diâmetro das polias do transportador for menor do que o recomendado pelo fabricante. É importante conferir sempre com o fabricante da correia para assegurar que o parâmetro desenhado é compatível.

I. Danos por calor.

Transportar material quente também pode causar rachaduras na cobertura superior ou separação das camadas. As rachaduras por calor podem ser paralelas ou perpendiculares (ou ambas) à direção da correia (**Figura 4.22**). Se o material transportado é mais quente do que a capacidade da correia, podem se formar buracos através dela. A utilização de correias de alta temperatura pode reduzir essas rachaduras e prolongar a vida útil. A única solução real seria esfriar o material antes de transportá-lo ou usar outro método de transporte, pelo menos até que esteja frio o suficiente.

J. Falhas de emenda.

À medida que a correia se move ao longo do sistema transportador, passando de plana a côncava nas polias terminais (carga e descarga), o terço externo da correia viaja mais do que o terço central. Portanto, o terço externo da correia precisa esticar mais do que o terço interno. Se esse esticamento ocorre em uma distância muito curta, a correia pode se danificar no ponto onde os rolos externos responsáveis pela concavidade encontram o rolo plano central. Esse dano é chamado de falha de emenda.

As falhas de emenda aparecem como pequenas marcas de esticamento ao longo de todo o comprimento da correia, nas áreas que passam sobre os pontos onde os rolos de concavidade se encontram com os rolos planos. (Essas marcas de esticamento correm paralelas à correia, aproximadamente a um terço da extremidade.) Em estágios iniciais, podem ser vistas em forma de “W” ou “M” na correia, quando ela passa por um rolo de retorno (**Figura 4.23**). Esse tipo de dano pode ser tão sério que pode rasgar a correia em três pedaços distintos.

A falha de emenda é causada por espaçamento muito grande entre roletes e tensão de carga suficiente para forçar a

Figura 4.22

Carregar material quente pode levar a rachaduras na cobertura superior da correia.



Figura 4.23

A falha de emenda pode ser vista em forma de “W” ou “M” na correia, quando ela passa sobre um rolo de retorno.



correia a se deformar nesse espaço. Uma distância de transição que seja curta demais e/ou um espaçamento rolete-emenda de mais de 10 milímetros ou o dobro da espessura da correia podem causar falhas de emenda. A espessura da correia, os materiais de reforço, a própria construção da correia e os ângulos de concavidade determinam a distância de transição de uma correia específica. Ao desenhar um novo sistema que contemple mudanças nas especificações da correia ou ângulos maiores de concavidade, é importante verificar com o fabricante para assegurar que as distâncias de transição apropriadas sejam mantidas tanto na polia dianteira quanto na traseira.

K. Envergamento da correia.

Esse tipo de dano ocorre quando a correia tem uma curvatura permanente através da sua face, perpendicular à sua direção de movimento (**Figura 4.24**).

O envergamento pode ser causado por calor, por pontos de transição incompatíveis com a correia ou por um ângulo de concavidade muito severo para o tipo de correia. Outra causa é seu sobre-tensionamento. A presença de agentes químicos, como os descongelantes ou surfactantes de pó, também pode causar o envergamento para cima ou para baixo da correia, dependendo se o agente químico encolhe ou incha o elastômero, na cobertura superior da correia. Relações de aspecto que sejam altas demais (onde a cobertura superior é espessa demais para a inferior) também podem causar o envergamento da correia.

Correias envergadas são extremamente difíceis de alinhar, já que a área de fricção - a superfície onde a correia entra em contato com os rolos - é drasticamente reduzida.

L. Curvatura da correia.

A curvatura ocorre longitudinalmente na correia, quando ela é vista do topo. A

Associação dos Fabricantes de Borracha define a curvatura como a extremidade convexa da correia; o lado côncavo é chamado de arco (**Figura 4.25**). Se uma correia é composta de mais de uma seção, ela pode ter mais de uma curvatura ou mesmo curvaturas conflitantes.

Esse tipo de dano pode ser criado durante a fabricação ou devido ao armazenamento, à emenda ou ao tensionamento impróprios da correia (**Figura 4.26**). O armazenamento e manuseio apropriados são essenciais desde a fabricação até a instalação.

Essas curvas na correia produzem problemas de alinhamento, frequentemente confundidos com emendas tortas. Curvatura e arco produzirão lento movimento de lado a lado; emendas tortas produzem rápidos “saltos” no alinhamento da correia. Entretanto, uma emenda torta tem uma curta área de influência, enquanto uma curvatura ou arco vai de uma ponta da seção da correia até a outra.

REPAROS NA CORREIA

Reparos em Correias Transportadoras

Na maioria das operações, a vida útil da correia do transportador é medida em anos.



Figura 4.24

Uma correia envergada não se apoia totalmente nos roletes.



Figura 4.25

Vista de cima, a curvatura é uma curva longitudinal na correia.

Para alcançar o menor custo operacional, a inspeção da correia deve ser um procedimento de manutenção programado. Quaisquer danos na correia observados durante essas inspeções devem ser reparados prontamente para impedir que pequenos problemas se tornem grandes. Danos na correia podem permitir a entrada de umidade ou de objetos estranhos na cinta. Para preservar a correia, é importante fazer reparos imediatos e efetivos em quaisquer danos.

Reparos vulcanizados podem ser feitos quando a correia estiver parada para manutenções programadas. Tal parada deve ser longa o suficiente para que haja tempo necessário para se finalizar uma emenda vulcanizada. Em quase todos os casos, um reparo vulcanizado exige a remoção de uma

seção completa da correia e, então, a emenda das partes restantes ou a adição de um pedaço extra de correia, frequentemente chamado de “sela”.

Felizmente, muitas formas de danos são reparáveis através de métodos simples. Formas reparáveis de danos incluem:

- A. Sulcos provocados pelo desgaste da cobertura superior em função da abrasão do material ou de objetos estranhos.
- B. Rasgos longitudinais nos quais a correia é rasgada por um objeto fixo, como uma barra de metal presa na estrutura do transportador.
- C. Rasgos de perfil estendidos para dentro da extremidade da correia.
- D. Cortes nas extremidades, nos quais objetos cegos arrancam pedaços da extremidade da correia, geralmente causados por desalinhamento desta, guiando-a para dentro da estrutura do transportador.

Reparos podem ser feitos com material adesivo autocurante para manter umidade e objetos estranhos fora da carcaça. Fixação mecânica é outro método de reparo de correia danificada, de modo a retomar o serviço sem tempo ocioso significativo e prolongar a vida útil de correias caras.

Reparo de Correias Utilizando Adesivos

Os adesivos são um meio econômico de se consertar uma correia transportadora com uma união de alta qualidade. O uso de compostos adesivos economizará tempo ocioso e dinheiro do orçamento de manutenções sem exigir equipamentos pesados de vulcanização ou criar obstruções com equipamentos de reparo na correia (**Figura 4.27**). Compostos adesivos de reparo são soluções simples, duráveis, confiáveis e de fácil utilização. Há vários produtos disponíveis. Entre eles, estão cimento à base de solventes, termoplásticos ativados por calor e elastômeros de poliuretano de dois componentes.

Todos esses sistemas requerem algum grau de preparação da superfície, desde uma simples esfregada com solvente até o uso extensivo de lixa. Alguns exigem a aplicação de uma primeira demão de cola para melhorar a adesão.

Mais comumente utilizados para emendas

Figura 4.26

A curvatura da correia pode ser criada durante a fabricação ou por armazenamento, emenda ou tensionamento impróprios.



Figura 4.27

Adesivos especiais podem ser usados para reparar uma correia danificada.



vulcanizadas a frio, cimentos solventes são também utilizados para colar faixas de reparo sobre áreas danificadas.

Compostos termoplásticos são derretidos por aquecimento até o estado líquido e, então, endurecidos à medida que esfriam, formando uma cola. Considerando que o reparo esfria rapidamente de sua temperatura de aplicação de 120 a 150°Celsius (250° a 300° F), o mesmo deve ser realizado rapidamente, antes que o adesivo retorne à sua condição endurecida (não adesiva). Problemas encontrados nos adesivos termoplásticos incluem a possibilidade de encolhimento, enquanto o adesivo esfria, e o risco de operações ou cargas de alta temperatura causarem um amolecimento do adesivo, levando, por sua vez, à falha no reparo.

Produtos de poliuretano são tipicamente sistemas de dois componentes que o usuário pode misturar e espalhar, como uma cobertura de bolo, diretamente sobre a área a ser reparada. Normalmente eles alcançam força operacional em um curto período, entre uma e duas horas, mas continuarão a curar por de oito a doze horas, até que seja atingida força total de cura.

Todos os sistemas adesivos oferecem aplicações simples, considerando que sejam seguidas suas instruções. Obviamente, é fundamental que as instruções do fabricante sejam seguidas cuidadosamente, no que se refere à preparação da superfície, à mistura dos componentes, à validade do produto, à técnica de aplicação e ao tempo de cura. O tempo necessário para uma cura operacional e para a cura total pode servir de base para selecionar um produto em particular.

É importante que o perfil da área reparada seja igualado ao perfil da correia original para preservar o reparo e evitar mais danos à correia.

É importante também identificar e solucionar a causa do problema, removendo a obstrução ou corrigindo o desalinhamento que causou o dano em primeiro lugar. Do contrário, a retomada das operações após o reparo somente inicia um período de espera até que o dano reapareça e um novo reparo precise ser feito.

Fixação Mecânica para Reparos em Correias

Devido à sua instalação comparativamente mais fácil, emendas mecânicas são usadas

com frequência em situações de reparos de emergência, quando um novo pedaço de correia precisa ser adicionado à correia velha ou quando uma correia precisa ser remendada ou um rasgo é fechado (**Figura 4.28**). Nesses casos, a fixação mecânica é usada como um “band-aid” para cobrir o dano e fechar um buraco, permitindo que a correia volte a se movimentar.

Emendas mecânicas podem ser utilizadas com eficácia para reparos na correia, desde que os fixadores sejam instalados cuidadosamente e de maneira apropriada. Obviamente, o problema com todos os reparos temporários é de que rapidamente as partes “temporárias” se tornam esquecidas. O sistema volta a funcionar; os funcionários da fábrica assumem outras tarefas, ao menos mentalmente. É preciso lembrar que esses reparos são apenas paliativos e temporários, e não são desenvolvidos para terem um bom desempenho a longo prazo. É sempre importante solucionar a causa original do problema para evitar recorrências.

A recuperação de um dano em correia não precisa envolver um longo tempo ocioso. Fixadores mecânicos para consertos de rasgos são reparos baratos e rápidos. Eles podem ser instalados com ferramentas simples e sem descartar nenhuma porção da correia. Assim que estiverem instalados, a correia pode voltar a se movimentar, sem esperar um tempo de “cura”. Eles podem ser instalados a partir do lado superior da correia, sem removê-la do transportador.

Fixadores de peça única estilo “garra”, instalados com martelo, podem significar reparos temporários de rasgos onde a velocidade do conserto e o retorno à operação são fundamentais (**Figura 4.29**). Esses fixadores para rasgos também podem ser usados para fortalecer regiões com cortes e pontos amolecidos ou danificados da correia,



Figura 4.28

Correias danificadas podem ser reparadas usando fixação mecânica.

para impedir que eles se tornem rasgos. Para reparo de rasgos denteados (em “zigue-zague”), os fornecedores de emendas recomendam alternar fixadores de dois e três parafusos (**Figura 4.30**) ao longo do reparo. O lado maior (com dois parafusos) dos fixadores de três parafusos deve ser posicionado no lado “mais fraco” do rasgo para oferecer maior força. Para rasgos retos, o fixador padrão de dois parafusos é aceitável.

PRESERVANDO A VIDA ÚTIL DA

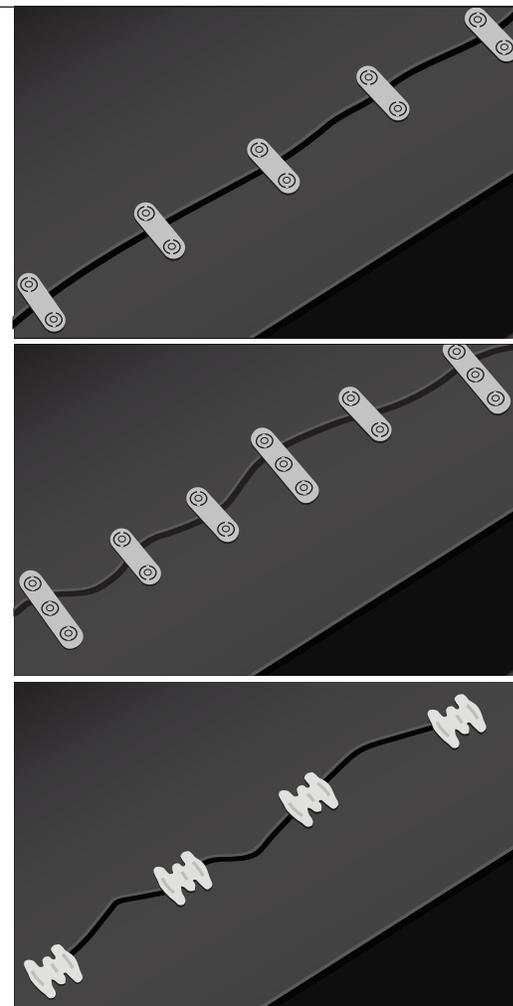
Figura 4.29

Os fixadores tipo garra podem ser instalados com um martelo para o reparo rápido de uma correia rasgada.



Figura 4.30

Correias danificadas podem ser reparadas com fixadores instalados em um padrão que alterna peças com dois e três parafusos.



CORREIA

Sistemas de Detecção de Rasgos

Um número crescente de operações está atuando no sentido de preservar a vida útil de suas correias, através da instalação de sistemas de detecção de rasgos. Caso ocorra um rasgo na correia, esses sistemas acionam um alarme e/ou automaticamente param a correia.

Esses sistemas são desenhados para situações em que rasgos no comprimento da correia – causados por um pedaço de metal preso ou por um pedaço afiado do material, o qual corta a correia em dois pedaços independentes, ou quase independentes – exigiriam a substituição total de uma correia cara. Sem o sistema de detecção de rasgos, a correia poderia continuar por centenas ou milhares de metros.

Sistemas de detecção de rasgos são mais comumente vistos em transportadores muito caros, fundamentais para a produção de uma fábrica. Nessas circunstâncias, a operação seria fechada pelo tempo necessário para comprar e instalar uma nova correia ou fazer o reparo de um rasgo em seu comprimento.

Esses sistemas são particularmente valiosos em transportadores longos, onde um dano típico de 60 metros, até que o transportador seja parado, ocasiona uma perda insignificante, comparada à quantidade de correias salvas pelo fechamento automático.

Apesar de haver diferenças nos princípios operacionais para os vários sistemas de detecção de rasgos, cada sistema basicamente embute um sensor ou agente sinalizador em pontos da correia. Na medida em que ela se move, esses indicadores passam sobre pontos de detecção – tipicamente instalados nos locais mais prováveis de ocorrer um rasgo: nas zonas de carregamento e descarga. Quando o rasgo na correia causa interrupção do sinal, o alarme é acionado, e a correia para.

Esses sistemas minimizam os danos à correia e permitem que a fábrica reduza a quantidade de correias necessária em estoque.

Monitoramento das Correias de Transportadores

À medida que as fábricas se esforçam para estender os períodos de produção, as janelas de oportunidade para manutenção se encolhem.

As empresas de fornecimento e suporte de transportadores ajudam a acomodar essa situação, fornecendo ferramentas que dão uma melhor compreensão das condições da correia.

Além dos sistemas de detecção de rasgos mencionados, há serviços que oferecem um monitoramento abrangente das condições de uma correia. Os fatores analisados incluem as condições da carcaça; o estado e o desgaste da cobertura superior, incluindo sua espessura e vida útil restante estimada; e as condições da(s) emenda(s).

Deteção rápida, mapeamento e monitoramento de áreas danificadas e da força das emendas permitem que os planejadores programem janelas de manutenção antecipadamente e prolonguem a vida útil dos sistemas transportadores sob seu controle.

A CORREIA É A CHAVE

Finalizando...

O sistema transportador é a chave da eficiência de toda uma operação; a correia é a chave da produtividade do transportador. Consequentemente, a preservação da capacidade e da vida útil da correia é essencial. Considerando o tamanho do investimento inicial na correia do transportador, a importância de se preservar uma correia por meio de inspeções regulares e atividades de reparo não pode ser menosprezada. Os custos relativamente mínimos de uma inspeção cuidadosa e dos reparos na correia e as despesas um pouco mais significativas do tempo ocioso de um transportador para permitir que reparos sejam feitos serão compensados, muitas vezes, pelo prolongamento da vida útil da correia.

A Seguir...

Este capítulo, A Correia, foi o segundo relacionado aos aspectos básicos dos transportadores na seção Fundamentos para o Manuseio Seguro de Materiais a Granel. O próximo capítulo, Emendas da Correia, conclui

esta seção, descrevendo vários tipos de emendas de correias e seus impactos sobre os materiais fugitivos.

REFERÊNCIAS

- 4.1 Qualquer fabricante e a maioria dos distribuidores de correias podem fornecer uma variedade de materiais sobre a construção e o uso de seus produtos específicos, assim como sobre correias de transportadores em geral.
- 4.2 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*. Naples, Florida.
- 4.3 O site <http://www.conveyorbeltguide.com> é um recurso valioso e não comercial que trata de vários aspectos das correias.



Figura 5.1

Seja vulcanizada ou com fixadores mecânicos, uma emenda bem aplicada e bem mantida é essencial para o sucesso das operações de um transportador.

Capítulo 5

TRANSPORTADORES PASSO A PASSO – EMENDAS DA CORREIA

Emendas Vulcanizadas	61
Emendas Mecânicas	64
Questão de Segurança	71
Desenho Seguro das Emendas	72
Estações de Manutenção e Instalação	72
Inspeção e Monitoramento	72
A Importância da Emenda	73

Neste Capítulo...

Neste capítulo discutiremos os métodos utilizados para unir a correia, incluindo emendas mecânicas e vulcanização a quente e a frio (**Figura 5.1**). O capítulo revisará as vantagens e desvantagens dos vários sistemas, ao mesmo tempo em que enfatizará a importância da instalação, inspeção, e manutenção adequadas.

A correia do transportador é despachada da fábrica em um rolo, e, antes de seu uso, os dois extremos da correia devem ser juntados para proporcionar a curva contínua. Os dois métodos para juntar as extremidades da correia são a vulcanização e a fixação mecânica.

Ambas as técnicas são empregadas ao redor do mundo. Na América do Norte, a fixação mecânica predomina, ao passo em que, nas demais regiões, a vulcanização é mais comum. Por razões que serão discutidas nesta seção, a vulcanização é preferida para o controle de materiais fugitivos; entretanto, em muitos casos, a necessidade de colocar o transportador de volta em funcionamento prontamente demandará o uso de emendas mecânicas.

EMENDAS VULCANIZADAS

Vulcanização é o processo de cura de borracha crua através da combinação dela com aditivos, na presença de calor e pressão (vulcanização “a quente”). A colagem da correia com adesivos é conhecida como vulcanização “a frio”.

A vulcanização é geralmente o método preferido de emenda da correia, devido à força superior, à maior vida útil e à operação mais limpa que oferece. As emendas vulcanizadas são realmente a única opção para o desempenho a longo prazo de correia de cabos de aço de alta tensão. Operações que exigem adições ou remoções frequentes de seções da correia, como correias subterrâneas estendíveis ou transportadores com capacidades tensionadoras limitadas, que exijam encurtamento da correia para manutenção da tensão, não são adequadas para emendas vulcanizadas.

Devido à sua força superior, as emendas vulcanizadas permitem a aplicação de tensão máxima na correia, resultando em melhor tração da polia para a correia. Uma emenda

vulcanizada não tem entrelaçamento interno, assim como tranças, costuras, soldas ou outro tipo de ligação mecânica. A emenda é dependente somente da adesão da borracha à carcaça ou aos cabos de aço, já que os membros tensionáveis da emenda, camadas têxteis ou cabos de aço, não se tocam. A adesão é obtida pelo uso de uma borracha intermediária ou material parecido com borracha, chamado de goma de ligação, goma de instalação ou cimento.

Passos para a Vulcanização de uma Correia

Os procedimentos passo a passo para emendas vulcanizadas variam de um fabricante para outro (**Figura 5.2**). Em geral, há três passos:

A. Preparação das extremidades da correia.

No primeiro passo para uma correia com carcaça de tecido, as extremidades são cortadas no ângulo correto e, então, descascadas ou puxadas para expor as várias camadas a serem juntadas. É preciso cuidado para não danificar as camadas ou os cabos. O processo para correias com cabos de aço envolve o corte e a retração da cobertura de borracha (**Figura 5.3**).

B. Aplicação de cimento, goma ou outro material intermediário.

O segundo passo é a construção das camadas, algo parecido com o preparo de um sanduíche, as quais formarão a emenda completa. Para correias de cabos de aço, os cabos são sobrepostos, e então os agentes colantes apropriados são aplicados nos cabos expostos. As borrachas de preenchimento e de cobertura são, então, colocadas no lugar, e a correia é curada da mesma forma para modelos de cabos de aço e de tecidos.

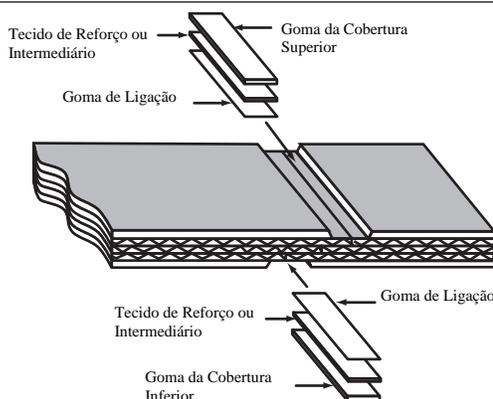


Figura 5.2

Uma emenda vulcanizada é feita como um sanduíche de correia e materiais adicionais.

C. Cura da emenda.

Os materiais montados são pressionados juntos e curados, por meio da aplicação de calor, pressão, e/ou tempo, para formar a emenda finalizada.

Tipicamente, os materiais usados em emendas vulcanizadas – cimento, goma de ligação, fios de borracha, cartolina; todos dependendo do estilo e da construção da correia – estão disponíveis em forma de kits. Os kits dos fabricantes de correias são preferidos, às vezes, apesar de haver kits genéricos disponíveis para os tipos de correia mais comuns. Os materiais no kit são perecíveis; eles têm uma validade especificada para armazenamento e outra quando são misturados no estado pronto para aplicação.

Há dois tipos de vulcanização: a quente e a frio. Na vulcanização a quente, as camadas de uma correia são cortadas em tiras, estilo degraus ou dedos, e sobrepostas com cola e borracha. Uma prensa aquecida, em seguida, aplica calor e pressão para “vulcanizar” a correia e fechar o círculo. Na vulcanização a frio (técnica chamada de colagem química), as camadas da correia são unidas com adesivo ou cola que cura à temperatura ambiente. A vulcanização, particularmente a quente, é normalmente

efetuada por mão de obra terceirizada, com equipamento especializado e experiência na realização do procedimento necessário.

Vulcanização a Quente

Na vulcanização a quente, uma prensa especial (**Figura 5.4**) aplica calor e pressão na emenda para curar os materiais intermediários e da cobertura, em uma união de alta força. A prensa aplica pressão de maneira consistente, através das superfícies. A pressão pode variar de 34 a 1.200 quilopascal (5 lbf/pol.2 a 175 lbf/pol.2), dependendo da correia. As temperaturas de cozimento variam de 120 a 200° Celsius (250° a 400° F), dependendo do tipo da correia e do composto da borracha. Os fabricantes de correias normalmente incluem tabelas de tempo e temperatura nos manuais de emendas. Apesar de o equipamento ser automatizado, o processo pode exigir atenção humana constante para se alcançarem os melhores resultados. Prensas portáteis de vulcanização para curar emendas estão disponíveis em tamanhos adequados às várias larguras de correias. Pequenas emendas de tecido podem ser curadas de uma só vez. Junções de tecido maiores podem ser curadas em duas, três ou mais aplicações da prensa sem problemas. Com correias de cabos de aço e emendas estilo dedos, é importante que a prensa seja grande o suficiente para curar a emenda em uma única aplicação, para evitar fluxo indesejado de borracha e deslocamento de cabos.

Quando o procedimento de vulcanização ou “cozimento” estiver completo, deve-se verificar quaisquer defeitos que possam indicar fraqueza na emenda resultante. É prática comum lixar ou polir qualquer borracha excedente na emenda para melhorar o desempenho dela ao passar pelos raspadores e outros componentes da correia.

Vulcanização a Frio (Colagem Química)

Em vulcanizações a frio, a correia é unida utilizando adesivos ou agentes colantes que fundem as extremidades da correia para fechar o círculo.

A emenda a frio não é curada em uma prensa. As extremidades da correia são cuidadosamente unidas em alinhamento apropriado com o adesivo, e o contato total é alcançado com rolos manuais, rolos de pressão

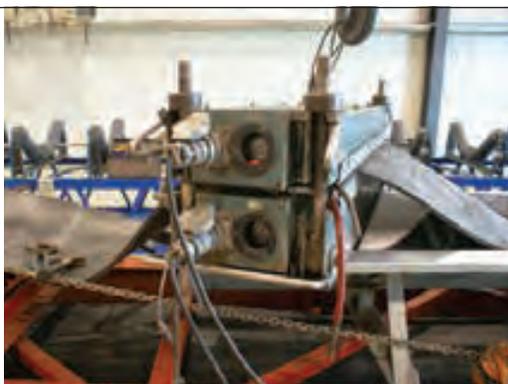
Figura 5.3

O processo de emenda de uma correia de cabos de aço envolve o corte e a retração da cobertura de borracha.



Figura 5.4

Calor e pressão fornecidos por uma prensa especial são utilizados para formar uma emenda vulcanizada “a quente”.



ou martelando em um padrão predeterminado. A emenda pode ser melhorada simplesmente colocando pesos sobre a correia durante o intervalo de cura. A maioria dos cimentos para vulcanizações a frio exige pelo menos quatro horas para uma cura utilizável e 24 horas para a cura total. Melhores resultados são alcançados quando se seguem as recomendações do fabricante. O fabricante de correia é a melhor fonte de informações sobre técnicas e materiais apropriados para vulcanização.

Padrão da Emenda

Junções vulcanizadas exigem o corte de camadas da cobertura de borracha e da carcaça de tecido para permitir a sobreposição e a união das extremidades. Geralmente, a geometria de uma emenda pode ser a mesma para vulcanizações a quente ou a frio.

Junções enviesadas são as mais comuns, já que o ângulo aumenta a superfície de contato e reduz o estresse sobre a emenda ao passar pelas polias. O ângulo enviesado também serve para reduzir as chances de rasgar a extremidade dianteira da emenda. Esse ângulo enviesado é geralmente de 22° ; a maioria das prensas vulcanizadoras é fabricada com esse ângulo embutido (**Figura 5.5**).

Um desenho de emenda com crescente aceitação, particularmente em correias de tecido de alta tensão, é a emenda estilo dedos (**Figura 5.6**). Esse desenho envolve o corte das duas extremidades da correia em vários “dedos” estreitos e triangulares. Os dedos – cada um normalmente com 30 ou 50 milímetros de largura na base e de 850 a 1.200 milímetros de comprimento, dependendo das especificações – são entrelaçados, e, então, a vulcanização é realizada. Junções em dedo devem ser realizadas em um único “cozimento”.

Para todos os desenhos de emendas, é importante que as áreas sobrepostas e quaisquer materiais adicionados à emenda sejam devidamente instalados para minimizar os danos à emenda terminada, causados pelos sistemas de limpeza da correia ou outros componentes.

Vantagens da Vulcanização

Apesar de uma emenda vulcanizada ser mais cara e demorada de se realizar, é normalmente um excelente investimento. Ela oferece uma união forte o suficiente para suportar altos níveis de tensão da correia. As emendas realizadas por empresas renomadas incluem materiais e mão de obra de alta qualidade e geralmente são garantidas. Desde que uma emenda vulcanizada se cole quimicamente à correia em um pedaço ininterrupto, sem possibilidade de materiais penetrarem na emenda, do ponto de vista do controle de materiais fugitivos, a vulcanização é a emenda mais indicada. Uma emenda vulcanizada, devidamente instalada, não interferirá em calhas-guia, roletes, estruturas de suporte da correia ou raspadores.

A vulcanização a frio oferece algumas vantagens em relação à vulcanização a quente. Não há necessidade de uma fonte de calor ou de uma prensa; o equipamento é mais fácil de transportar, e não é necessária nenhuma fonte

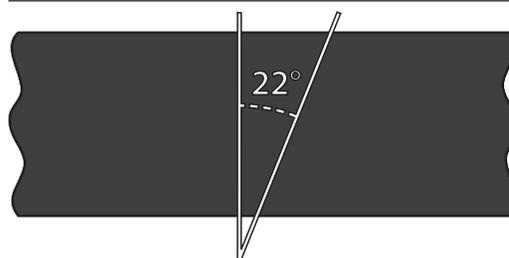


Figura 5.5

Os ângulos enviesados são geralmente de 22° .



Figura 5.6

Utilizadas em correia de alta tensão, as emendas em dedos oferecem a melhor combinação de força e vida útil para a emenda.

especial de eletricidade. Portanto, as emendas vulcanizadas a frio podem ser realizadas mesmo nos locais mais remotos, onde o acesso é difícil e não há energia elétrica disponível. São necessárias somente pequenas ferramentas de mão. Então, o custo de compra e manutenção da emenda é baixo.

Tanto as emendas vulcanizadas a quente quanto aquelas a frio levam aproximadamente a mesma quantidade de tempo para preparar a correia e completar o processo de união; entretanto, a emenda a frio pode exigir mais tempo ocioso do que o processo a quente, devido ao longo tempo de cura da cola adesiva.

As emendas em dedo oferecem a melhor combinação de força e vida útil da emenda em aplicações para correias de alta tensão. Esse sistema mantém todas as camadas da correia intactas, sem cortes nela. Uma emenda estilo dedos pode ser cortada em quadrado ou enviesada através da correia.

Desvantagens das Emendas Vulcanizadas

As desvantagens da vulcanização a serem consideradas são o custo inicial mais alto e a quantidade de tempo necessário para realizar a emenda, em comparação com uma emenda mecânica. O ato de descascar as camadas da correia para preparar tanto para a vulcanização a quente quanto para a colagem química a frio pode ser difícil. Pode levar mais de 24 horas para reiniciar o transportador até o momento em que a emenda esteja preparada, aquecida e esfriada o suficiente para permitir que a emenda final seja manuseada ou até mais, para que a cola química seja curada.

Esse tempo adicional para completar uma emenda vulcanizada será particularmente problemático (e caro), no caso em que seja necessário um reparo de emergência para permitir o reinício das operações. Nesse caso, o atraso necessário para contratar e levar até o local uma equipe externa e o equipamento aumenta o custo do período ocioso, devido à extensão da paralisação e às despesas extras pela “resposta de emergência”.

Devido às pressões relacionadas ao tempo e aos custos, as emendas vulcanizadas não são justificáveis para aplicações que exijam frequentes extensões ou retrações do comprimento do transportador. O mesmo se

aplica onde a tolerância do tensionador não permite correia suficiente para uma emenda vulcanizada; uma seção curta de correia, denominada sela, deve ser adicionada, exigindo duas emendas.

A vulcanização pode ser mais difícil e menos confiável em correias mais velhas e desgastadas. Em aplicações em transportadores utilizados para o transporte de materiais quentes, é importante que todo o material seja descarregado da correia antes de pará-la. Material quente deixado sobre uma correia parada pode romper uma emenda e reduzir sua vida útil.

A instalação de uma emenda vulcanizada pode consumir um comprimento considerável de correia, de 2.4 a 3 metros, em alguns casos, particularmente quando uma emenda enviesada é utilizada em uma correia larga. Essa instalação pode exigir que uma correia mais longa seja comprada ou uma nova seção da correia, ou sela, seja adicionada.

Ao desenhar novos sistemas transportadores que incorporarão correias vulcanizadas, é aconselhável incluir um mecanismo de polia tensionadora, desenhado para tensionar possíveis frouxidões na correia. A polia tensionadora deve ter movimento suficiente para esticar a correia, conseqüentemente, evitando a necessidade de encurtá-la com uma nova e demorada emenda.

EMENDAS MECÂNICAS

Fixadores Mecânicos

Hoje em dia há vários tipos de fixadores mecânicos disponíveis para emenda da correia. Todos funcionam segundo o princípio de união das duas extremidades da correia com desenho tipo dobradiça ou placa. Fixadores mecânicos são fabricados a partir de uma variedade de materiais para resistir à corrosão e ao desgaste e para se adequar às condições de aplicação.

Por muitos anos, emendas mecânicas foram consideradas uma alternativa de baixa qualidade, em comparação à vulcanização, como método de emenda da correia. Desenvolvimentos recentes aumentaram o prestígio dos fixadores mecânicos em relação à vulcanização. Essas inovações incluem o uso de correias mais finas (possibilitado pelo uso de

materiais sintéticos na correia), melhoramentos no desenho e nos materiais utilizados nos fixadores, para aumentar a força e reduzir o desgaste, e o desenvolvimento de ferramentas para rebaixar o perfil da emenda.

Tipos de Emendas Mecânicas

Os fixadores mecânicos para correias de manuseio de material a granel estão disponíveis nos estilos dobradiça e placas, com opções dentro de cada grupo.

Fixadores Tipo Dobradiça

Em emendas com fixadores tipo dobradiça, uma faixa composta de placas superiores e inferiores, unidas em um lado por arcos de metal, é colocada em cada uma das duas extremidades da correia (**Figura 5.7**). Essas faixas são presas à correia por grampos, parafusos ou rebites. A correia, então, é unida passando-se um pino conector através dos arcos alternados tipo dobradiça.

Fixadores tipo dobradiça normalmente são fornecidos em faixas contínuas para se adequar a qualquer largura de correia. Essas faixas asseguram espaçamento e alinhamento apropriados. As faixas são fabricadas de modo que pedaços podem ser tirados para se adequar a larguras de correias fora dos padrões.

A maior vantagem dos fixadores tipo dobradiça é de que a correia pode ser separada removendo-se o pino conector. Dessa forma, ela pode ser encurtada, alongada, removida da estrutura ou aberta para permitir a manutenção dos componentes do transportador.

Os fixadores tipo dobradiça oferecem vários outros benefícios. A instalação nas duas extremidades da correia pode ser feita separadamente e até mesmo fora do local de operação. Apesar de não ser recomendada a união de correias de espessuras diferentes – devido aos problemas que isso pode criar, incluindo os de vedação, alinhamento e limpeza –, os fixadores tipo dobradiça permitiriam que distintas espessuras de correia fossem combinadas, utilizando fixadores adequados à suas respectivas extremidades.

Seguimentos de Placa Sólida

Um segundo tipo de emenda mecânica consiste em fixadores tipo placa (**Figura 5.8**). Esse tipo de fixador oferece uma emenda forte

e durável, sem espaços para a fuga de materiais finos. Fixadores tipo placa são eficazes nas mais difíceis aplicações, em minas, pedreiras e siderúrgicas. Em aplicações onde a correia é mais espessa que 22 milímetros, fixadores tipo placa são a única escolha para fixação mecânica. Fixadores tipo placa sólida são direcionados somente a serviços permanentes e não são recomendados para correias em aplicações que exijam abertura da emenda para alterações no comprimento ou na localização da correia.

Fixadores tipo placa sólida são tipicamente fornecidos em peças individuais embaladas soltas em uma caixa. Os seguimentos de placas são instalados de uma extremidade à outra da correia, usando grampos, arrebites ou parafusos.

Os fixadores tipo placa sólida parafusados têm vantagens únicas. Eles podem ser aplicados diagonalmente através da correia, para permitir o uso em polias que sejam menores que o tamanho recomendado para o fixador. Eles também podem ser instalados em forma de V (**Figura 5.9**), o que pode ser a única opção

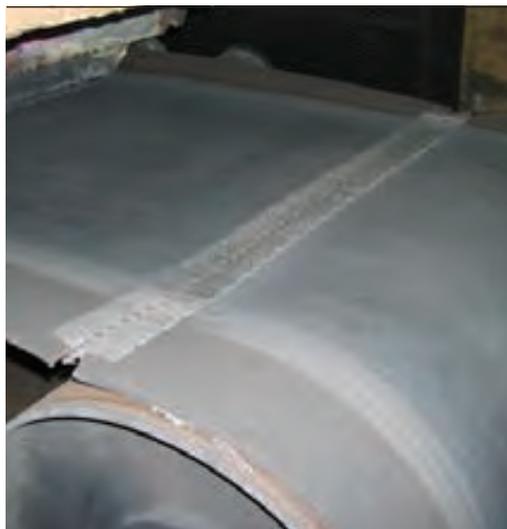


Figura 5.7
Fornecidos em faixas contínuas para se adequarem à largura da correia, fixadores tipo dobradiça são unidos com um pino conector.



Figura 5.8
Aplicados com rebites, grampos ou parafusos, os fixadores tipo placa sólida oferecem uma emenda robusta para aplicações em serviços pesados.

para o uso de fixadores em correias espessas de alta tensão desenhadas para vulcanização.

Um problema com os fixadores tipo placa sólida parafusados é que eles normalmente usam somente dois parafusos em cada placa, com um em cada lado da emenda. Apertar nas extremidades da emenda significa que elas são mais comprimidas do que o meio da placa. Isso causa o envergamento do meio, criando um ponto de desgaste no fixador e nos raspadores ou em outros sistemas que entrem em contato com a correia, em seu movimento pelo transportador.

Os fixadores tipo placa sólida arrebitados são desenhados para as aplicações mais exigentes e de alta tensão. A conexão por pontos múltiplos em cada lado da dobradiça oferece a maior força entre todos os fixadores mecânicos. Eles podem ser instalados sem ferramentas grandes, usando apenas um martelo para colocar os arrebitos e para quebrar os pedaços que ficarem salientes. Essa é uma vantagem em locais remotos ou subterrâneos.

Um problema surge se o transportador

Figura 5.9
Uma emenda em V pode ser a melhor escolha para unir correias de alta tensão com prendedores mecânicos.

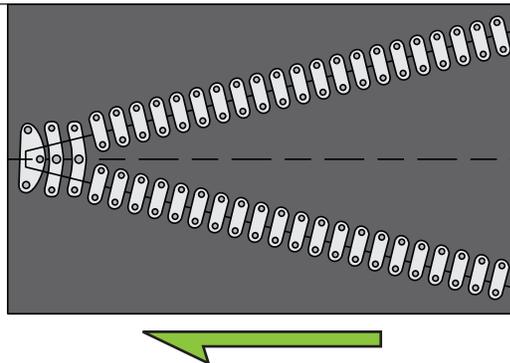


Figura 5.10
Uma emenda de matriz flexível oferece uma instalação relativamente simples, utilizando somente ferramentas simples. A emenda utiliza parafusos autobrocante, através de uma matriz em formato de H, para unir as duas margens da correia



utiliza polias menores que 300 milímetros de diâmetro. Nesse caso, os fixadores tipo placa sólida podem ser grandes demais para se curvarem em volta da polia, causando o rompimento dos componentes da emenda.

Emendas de Placas com Matriz Flexível

Outra técnica de emenda utiliza placas com matriz flexível. Esse sistema usa parafusos autoatarraxantes inseridos em uma matriz de dobradiça em forma de H (ou talvez de I). Para formar essa emenda, as duas extremidades da correia são descascadas enviesadamente até a carcaça de tecido e, então, inseridas nas extremidades da matriz de dobradiça de borracha reforçada em forma de H. A matriz (que cobre toda a largura da correia) é então fixada na correia, usando até 240 parafusos por metro de largura da correia.

Esse sistema oferece instalação relativamente rápida e fácil, usando somente ferramentas para descascar as extremidades e uma chave de fenda elétrica (**Figura 5.10**). A emenda pode ser instalada em qualquer clima e em locais onde a prensa de vulcanização ou outras ferramentas para emenda sejam difíceis de usar. Ela não requer tempo de cura e pode ser usada para unir ou reparar correias. Se for usada para um reparo temporário, a matriz pode ser removida e reutilizada.

Um benefício da emenda de matriz flexível é que é à prova de vazamentos, já que não há aberturas entre as extremidades ou buracos na correia que permitam a fuga de materiais.

Esse sistema atualmente é usado para unir correias de carcaça de tecido; o fornecedor está tentando desenvolver e assegurar a aprovação do uso em correias de cabos de aço.

Selecionando a Fixação Apropriada

A maioria dos fixadores está disponível em uma variedade de tamanhos. Em todos os casos, as recomendações do fabricante devem ser verificadas para assegurar que o tamanho do fixador seja compatível com o tamanho das polias e a espessura da correia.

Se a correia tiver que ser descascada para rebaixar o fixador até o nível da correia, a espessura da região descascada deve ser considerada ao avaliar o tamanho do fixador. Este deve ser selecionado com base no

diâmetro da menor polia do sistema.

Os fixadores estão disponíveis em uma variedade de metais distintos, para atender exigências especiais de aplicações. Essas propriedades incluem: não produção de faíscas, não magnetismo, resistência à abrasão e/ou resistência à corrosão. Pinos de dobradiça são disponibilizados em opções semelhantes. O fabricante deve ser contatado para recomendações apropriadas em qualquer aplicação específica.

O treinamento para seleção e instalação de emendas deve ser realizado por pessoal qualificado. Quando instaladas de acordo com as instruções do fabricante, as emendas mecânicas representam um método econômico de emenda da correia. Quando especificadas ou instaladas de maneira incorreta, elas podem criar problemas caros e recorrentes.

Instalação Apropriada de Fixadores

As emendas mecânicas podem ser instaladas de modo relativamente fácil pelo pessoal da fábrica; entretanto, elas podem, conseqüentemente, ser mal aplicadas, especialmente por pessoal não treinado ou em uma situação de emergência para a retomada rápida das operações. É fundamental que o pessoal da fábrica seja treinado para a instalação apropriada de fixadores mecânicos.

É uma prática comum, porém incorreta, o armazenamento de apenas um tamanho de emendas mecânicas no estoque da manutenção. Com o passar dos anos, as especificações para as correias utilizadas na fábrica podem mudar; no entanto, os fixadores estocados permanecem os mesmos, o que pode levar a uma variedade de problemas, incluindo falha de emenda e danos aos componentes do transportador. A instalação apropriada de fixadores mecânicos exige uso dos fixadores corretos, ferramentas apropriadas e atenção aos detalhes.

Alinhando as Extremidades da Correia

No ponto em que as extremidades da correia são unidas com fixadores mecânicos, a primeira exigência para uma boa emenda é que as extremidades sejam cortadas de maneira alinhada. O não cumprimento dessa exigência causará o deslocamento da área da emenda para um lado da estrutura, em todos os pontos

do transportador. Isso é identificado como um movimento rápido de lado a lado, quando a área da emenda passa por qualquer ponto da estrutura. Utilizar a extremidade da correia como referência para o alinhamento não é recomendado, já que ela pode não estar reta. Correias usadas podem ter extremidades tortas devido ao desgaste. Então um dos seguintes procedimentos é recomendado:

A. Método da linha central.

Para encontrar a linha central média da correia, meça, de uma extremidade à outra, cinco pontos ao longo da correia, cada um aproximadamente 300 milímetros mais distante do fim da correia. Marque uma série de pontos no centro da correia e conecte-os usando uma linha de giz ou régua para determinar a linha central média (**Figura 5.11**).

Desenhe a linha de corte usando um esquadro. Desenhe uma linha perpendicular à correia até a linha central média. Essa linha pode ser usada como linha de corte (**Figura 5.12**).

B. Método do duplo arco.

Para maior precisão ou em correias com extremidades desgastadas, um método de “arco duplo em interseção” pode ser empregado. Após estabelecer uma linha média central como no método anterior, escolha um ponto nessa linha de duas ou três vezes a largura da correia, a partir de sua extremidade. Utilizando um cordão com um prego na linha central como ponto pivô, desenhe um arco na correia, de modo que ele cruze a extremidade da correia nos dois lados (**Figura 5.13**). Agora, crie um segundo ponto pivô na linha central, bem mais próximo do fim da correia. Desenhe um segundo arco na correia, dessa vez na direção oposta, de modo que ele cruze o primeiro arco nos dois lados da linha central média, próximo das extremidades da correia (**Figura 5.14**). Desenhe uma linha da interseção dos dois arcos em um lado da correia até a interseção dos arcos no outro lado (**Figura 5.15**). Essa nova linha é perpendicular à linha central da correia e é a linha de corte ou linha da emenda.

5

Figura 5.11

Para determinar a linha central média da correia, conecte os centros de cinco pontos de medida através da correia.

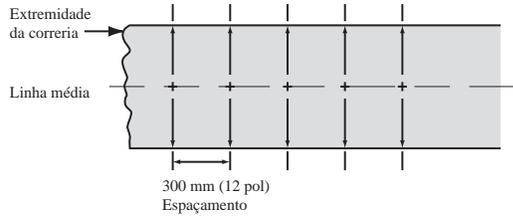


Figura 5.12

Use um esquadro para desenhar uma linha de corte perpendicular à linha central média.

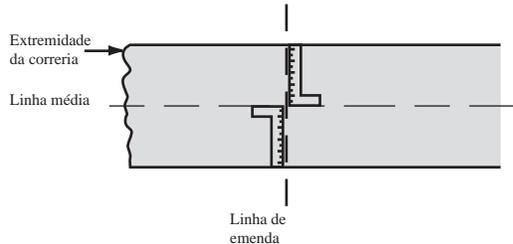


Figura 5.13

Passo Um: Primeiro desenhe um arco a partir de um ponto pivô, com duas ou três vezes a largura da correia a partir de seu fim.

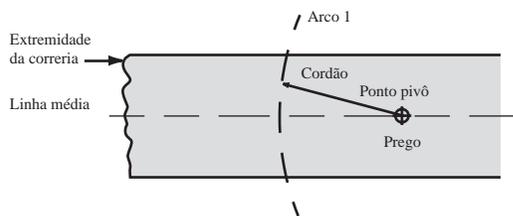


Figura 5.14

Passo dois: desenhe, então, um segundo arco em interseção com o primeiro, próximo à extremidade da correia em ambos os lados.

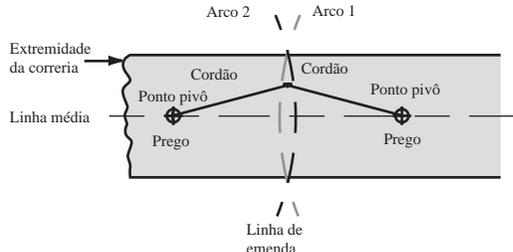


Figura 5.15

Passo Três: Finalmente, marque a linha de corte conectando os pontos na interseção dos dois arcos, próximo às duas extremidades da correia

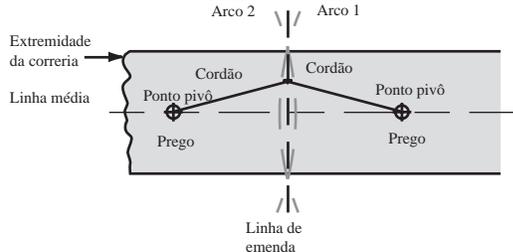
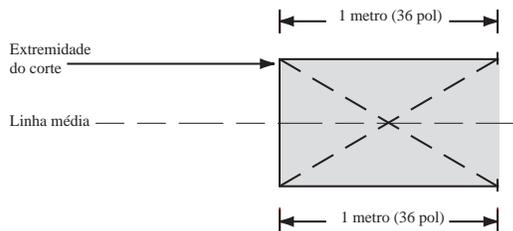


Figura 5.16

Para conferir se a linha de corte está reta, tire a medida diagonal de dois pontos equidistantes dos dois lados da correia. As linhas diagonais devem ter o mesmo comprimento.



Verificando a Precisão do Alinhamento das Extremidades

Independentemente de qual método é usado, é necessário verificar a precisão. Para conferir a precisão do alinhamento da extremidade, meça uma distância qualquer (digamos 1 metro) da linha dos dois lados da correia. Em seguida, tire a medida diagonal desses novos pontos até a extremidade de corte, no lado oposto da correia. As duas linhas diagonais devem ter uma interseção na linha central da correia e devem ter o mesmo comprimento (Figura 5.16).

A Importância de Descascar

Para que uma emenda mecânica funcione em um ponto de transferência e permita vedação e limpeza eficazes, tanto a seção superior como a inferior da emenda devem ser rebaixadas o suficiente ao nível da correia, de modo a manter sua espessura constante e a superfície da emenda lisa, para evitar danos aos componentes e à emenda.

O ato de descascar as coberturas da correia permite a colocação dos fixadores mais próximos ao tecido da carcaça, oferecendo maior firmeza à emenda (Figura 5.17). O descascamento implica cortar a cobertura superior e a inferior até o nível da carcaça. Já que é a carcaça que dá força à correia, e as coberturas oferecem pouca força, isso não reduzirá a integridade da correia ou da emenda. É necessário cuidado ao descascar a correia, já que qualquer dano à carcaça pode enfraquecer a emenda e, portanto, reduzir a força da correia. Quando a emenda é devidamente rebaixada, os componentes de metal da dobradiça mecânica passarão sem problemas por potenciais obstruções, como barras de impacto, calhas de borracha ou lâminas raspadoras. É recomendado descascar para assegurar a integridade da correia, da emenda e dos outros componentes do transportador. Descascar a correia também reduz o barulho durante a operação, já que as placas não ficam batendo contra as roldanas, com o movimento da correia.

O equipamento para descascar pode ser adquirido com a maioria dos fornecedores de emendas.

Cobrimo uma Emenda Mecânica

Se, por alguma razão, como a espessura limitada da correia, danos a ela, ou tempo

limitado para completar o reparo, for impossível rebaixar devidamente uma emenda mecânica com o descascamento, a emenda pode ser coberta. Isso pode ser feito rebaixando suas superfícies salientes com uma lixa ou encapsulando-as.

Com a primeira abordagem, lixar os pontos salientes garantirá que a extremidade dianteira ou os parafusos e arrebites não sobressaiam da emenda. É necessário cuidado ao lixar para evitar escavar a correia ou remover uma porção considerável da emenda.

A segunda abordagem é o encapsulamento da emenda em um material que proteja tanto ela própria quanto os raspadores dos danos por impacto (**Figura 5.18**). Normalmente isso é feito com um adesivo ou elastômero calafetado sobre a correia e a emenda. Apesar de o sistema de limpeza ainda ter que passar sobre o relevo da emenda, sua superfície será mais lisa, sem obstáculos, como cabeças de parafusos ou arrebites. O ponto negativo desse procedimento é que, devido ao fato de a emenda ser coberta, é mais difícil de inspecioná-la e repará-la.

Entalhando a Borda Traseira

Para proteger os cantos da correia na emenda, costuma-se entalhar ou chanfrar os cantos da correia na emenda. Em correias unidirecionais é necessário entalhar somente a borda traseira. O entalhe é cortado na correia a partir do primeiro fixador, em cada lado da emenda, até a extremidade da correia, em um ângulo de 60°. O entalhe ajudará a prevenir que os cantos da correia fiquem presos na estrutura do transportador e danifiquem a emenda ou rasguem a correia (**Figura 5.19**).

Relacionando-se Bem com os Raspadores da Correia

Os fixadores mecânicos às vezes conflitam com sistemas agressivos de limpeza da correia, especialmente quando lâminas de metal endurecidas são utilizadas. Muitos operadores preferem usar lâminas não metálicas (ex: de poliuretano) em correias com emendas mecânicas, com receio de desgastar as emendas ou arrancá-las. A maioria desses problemas com sistemas de limpeza podem ser atribuídos à má seleção ou instalação de emendas mecânicas.

Novos desenvolvimentos estão ajudando a tornar os fixadores mecânicos menos conflitantes com os raspadores. Um deles

é o desenvolvimento de novas ferramentas para descascar, as quais removem facilmente uma faixa uniforme da cobertura da correia, deixando uma concavidade suave e lisa, com extremidade arredondada, para receber a emenda. Esses dispositivos são mais rápidos e seguros que os métodos mais antigos, os quais utilizavam facas ou lixas.

Um segundo exemplo seriam os novos desenhos de raspadores não conflitantes com os fixadores, oferecendo formatos especiais de lâminas, materiais e métodos de montagem que minimizaria os problemas de impacto com



Figura 5.17

Se devidamente rebaixado, o topo da fixação mecânica estará no mesmo nível ou mais baixo que o topo da correia.



Figura 5.18

Cobrir a emenda protegerá os fixadores mecânicos e os raspadores da correia. Isso pode ser feito lixando as superfícies salientes ou recobrindo-as. Foto superior: antes do encapsulamento. Foto inferior: após o recobrimento.



placas fixadoras. A recente introdução de cliques mecânicos abaulados, desenhados para servir de rampa para as lâminas raspadoras, prevenindo danos a elas e à emenda, oferece a possibilidade de melhora na durabilidade de ambas as peças.

Não há estudos empíricos sobre o desgaste de emendas devido à interação com materiais a granel e com os sistemas de limpeza e vedação. Se forem observadas as boas práticas de instalação e manutenção, os sistemas de limpeza e vedação e as emendas devem ser escolhidos com base no desempenho necessário, ao invés das preocupações com a vida útil.

Vantagens das Emendas Mecânicas

A principal vantagem das emendas mecânicas é que elas permitem que a correia seja separada facilmente. Essa separação da emenda permite a extensão ou o encurtamento da correia em aplicações como mineração e permite a manutenção mais fácil de outros componentes do transportador, como o revestimento de polias, roletes ou mesas de impacto.

Uma vantagem adicional dos fixadores mecânicos é de que eles minimizam o tempo ocioso para reparos. Essas emendas podem ser instaladas normalmente em uma hora ou duas, enquanto uma vulcanizada pode levar um dia ou mais para ser completada. Os fixadores são facilmente instalados pelo próprio pessoal da manutenção da fábrica, utilizando somente ferramentas de mão ou máquinas portáteis simples; por outro lado, a vulcanização geralmente exige a presença de mão de obra terceirizada, com equipamento especializado. A emenda fixada mecanicamente custará algumas centenas de dólares e consumirá apenas alguns milímetros de correia, enquanto a vulcanizada pode custar vários milhares de dólares e consumirá vários metros de correia.

Os fixadores mecânicos oferecem uma emenda simples de realizar e fácil de inspecionar. Se inspecionada regularmente, uma emenda mecânica normalmente indicará alguma falha iminente. Emendas mecânicas são baratas e podem ser armazenadas por longos períodos. Elas permitem rápida instalação e fácil alongamento ou encurtamento da correia.

É importante certificar-se de que a seleção dos fixadores segue as recomendações dos fabricantes da correia e dos fixadores.

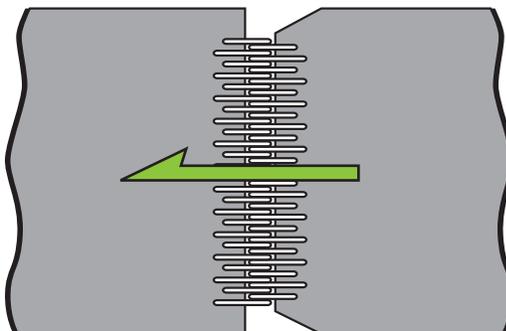
Desvantagens das Emendas Mecânicas

Se os materiais a serem transportados forem quentes, a transmissão de calor através de um fixador metálico pode ser um fator que levará à seleção de uma emenda vulcanizada. Quando a temperatura do material exceder os 121° Celsius (250° F), a quantidade de calor passando pelo fixador metálico para a carcaça da correia pode enfraquecer as fibras, permitindo, em última instância, que os fixadores se soltem. Nessas aplicações, uma fixação vulcanizada seria preferível.

A falha em inspecionar os fixadores e a consequente falha deles, podem resultar em sérios danos à correia. Se os fixadores começarem a se soltar em uma porção da largura da emenda, podem ocorrer rasgos longitudinais na correia. Quando a correia e os fixadores são devidamente selecionados, a queda é normalmente atribuída ao aperto insuficiente dos parafusos ou ao desgaste das placas ou dos ganchos. Os fixadores mecânicos estilo placas normalmente permitem a substituição de placas individuais, o que, se realizada quando o dano é detectado, pode eliminar a necessidade de cortar e substituir toda a emenda.

Utilizar o tamanho ou tipo errado de fixador mecânico pode reduzir enormemente a capacidade de tensão operacional de uma correia. A espessura extra de uma emenda mecânica indevidamente rebaixada ou de especificação errada tornará quase impossível a vedação do ponto de transferência. Junções demasiado grandes ou espessas para passar no ponto de transferência podem ficar presas no placa de desgaste ou na calha-guia, abusando da emenda e reduzindo sua vida útil. Esses problemas de emenda às vezes exigem a elevação do placa de desgaste e da calha-guia

Figura 5.19
A borda traseira da emenda deve ser cortada para impedir que os cantos fiquem presos em obstruções.



bem acima da correia, permitindo que mais materiais alcancem o sistema de vedação da extremidade. Isso, por sua vez, resulta em aceleração do desgaste e derramamento. Frequentemente, os fixadores utilizados na emenda não são devidamente aparados, e esses arrebites ou parafusos salientes podem ficar presos em outros componentes, na vedação da calha-guia ou nos raspadores da correia.

A maioria, se não a totalidade das emendas, permite que uma pequena quantidade do material transportado passe pela própria emenda. Esse material cairá ao longo do percurso do transportador, resultando em problemas de limpeza e em potenciais danos aos roletes, às polias e a outros componentes do transportador. Os fixadores tipo placa, em uma emenda bem feita, são praticamente isentos do vazamento de materiais. Os fixadores tipo dobradiça são sujeitos a problemas como

a passagem de materiais finos pela emenda; esse problema é eliminado por emendas vulcanizadas.

Apesar de oferecer maior força, a emenda em forma de V tem seus custos. Ela requer até 3 metros de correia. Isso pode ser uma quantidade significativa de correia descartada.

As emendas mecânicas são frequentemente utilizadas em correias de tecido para tornar a correia uma peça contínua ou para reparar rasgos e buracos; no entanto, em correias de cabos de aço, elas podem ser utilizadas somente para reparos temporários.

DESENHO SEGURO DAS EMENDAS

Tanto as emendas mecânicas quanto as vulcanizadas devem ser desenhadas com fatores de segurança, quando comparadas à tensão



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Qualquer indivíduo não treinado tentando utilizar ferramentas de emenda de correia para vulcanização ou emenda mecânica corre o risco de ferimentos e de realizar uma emenda mal feita. Um risco significativo advindo de uma emenda realizada de maneira indevida é a probabilidade dela falhar sob as condições de aplicação de tensão. A falha da emenda pode resultar em ferimentos em funcionários e danos em equipamentos.

As inspeções pré-trabalho devem ser completadas, e as instruções do fabricante devem ser seguidas ao se utilizar ferramentas de emenda, maquinário ou agentes químicos.

Todos os agentes químicos, incluindo solventes, colas preparatórias e cimentos, devem ser armazenados e manuseados devidamente, em conformidade com as instruções do fabricante, incluindo atenção especial quanto à validade.

Uniforme protetor apropriado, incluindo luvas e óculos, deve ser utilizado, e a área de trabalho deve ser devidamente ventilada.

Ferramentas afiadas e lixas elétricas são usadas para cortar a borracha e preparar a emenda: elas representam perigo de corte e abrasão para os trabalhadores.

A emenda de uma correia geralmente é realizada sob condições perigosas, como em minas subterrâneas ou estruturas inclinadas e elevadas ou, ainda, em áreas com acesso limitado. Como sempre, os procedimentos apropriados de desligamento/sinalização/bloqueio/teste são necessários. O bloqueio apropriado - grampeando a correia à estrutura - é necessário para evitar qualquer movimento da correia. Grampos de fixação desenhados para o tamanho e peso específicos da correia em questão devem ser comprados de fornecedores qualificados.

esperada da correia. Esses fatores de desenho para os fixadores mecânicos são embutidos nas tabelas de seleção dos fabricantes. As emendas vulcanizadas em correias de cabos de aço de alta tensão normalmente são desenhadas individualmente pelo fabricante ou consultor. A incompatibilidade entre emenda e correia e o descaso quanto à manutenção correta e os fatores de segurança podem resultar em falhas catastróficas de emenda, causando ferimentos, morte, perda de produção e danos em equipamentos.

ESTAÇÕES DE MANUTENÇÃO E INSTALAÇÃO

Algumas operações desenvolvem o que é chamado de estação de emenda de correia ao longo do transportador. Nela são armazenadas ferramentas e equipamentos para a manutenção de emendas e são disponibilizados espaço e superfície de trabalho para a instalação de emendas.

Esse também pode ser o ponto no qual uma nova correia é colocada no transportador.

Uma estação de emenda deve, preferivelmente, ser localizada onde haja espaço suficiente, permitindo o trabalho em ambos os lados da estrutura. A estação deve oferecer proteção para a correia em relação às condições climáticas e aos materiais fugitivos. O espaço deve ser localizado em um ponto onde haja uma distância de pelo menos cinco vezes a largura da trave horizontal do transportador, em qualquer dos lados do ponto onde a emenda será realizada. Deve haver eletricidade disponível, incluindo tomadas para ferramentas de mão.

INSPEÇÃO E MONITORAMENTO

Inspeção e Manutenção da Emenda

Onde são usados fixadores com parafusos, é importante que as placas sejam mantidas devidamente apertadas. O modo mais prático de se alcançar isso é apertando os parafusos de modo que a borracha atrás da placa inche um pouco. Deve-se ter cuidado para não apertar demais os fixadores ou “enterrar” as placas na cobertura da correia, já que isso poderia causar danos nas camadas do correia. Os fabricantes geralmente sugerem o reaperto dos parafusos após as primeiras horas de operação,

novamente após os primeiros dias e, então, em intervalos de dois ou três meses de operação.

As emendas normalmente devem ser inspecionadas semanalmente, com substituição de qualquer fixador que pareça gasto, com atenção para rachaduras cruzadas atrás dos fixadores e verificando se eles não estão se soltando.

Sistemas de Monitoramento de Emendas

Tecnologias mais novas estão disponíveis hoje em dia, as quais permitem a avaliação remota de emendas medindo qualquer alongamento seu. Esses sistemas são baseados no princípio de que o aumento do comprimento de uma emenda é uma indicação de falha iminente. O sistema é instalado em correias vulcanizadas, colocando-se pequenos alvos magnéticos na correia, em uma distância determinada, em ambos os lados das emendas; se a correia tiver fixadores mecânicos, o sistema pode usá-los como alvos. O sistema irá monitorar a distância entre os pares de alvos cada vez que a emenda passar pelo *scanner*. Essa distância é medida, e, se uma emenda passar dos limites, o sistema de monitoramento irá parar a correia ou alertar os funcionários da fábrica para verificarem o problema. Além disso, o sistema pode ajudar a identificar se um clipe sofreu dano sério e precisa ser substituído.

A IMPORTÂNCIA DA EMENDA

Finalizando...

Seja vulcanizada, seja com fixadores mecânicos, uma emenda devidamente desenhada, bem aplicada e mantida é essencial para o sucesso das operações de um transportador de correia. A aplicação indevida de uma emenda reduzirá a vida útil da correia e interferirá no cronograma e na eficiência do transportador. O cuidado na aplicação da emenda apropriada oferecerá benefícios para toda a fábrica. De acordo com um velho axioma: “Se você não tem tempo para fazer isso direito, como você encontrará tempo para fazê-lo novamente?”.

Olhando Adiante...

Este Capítulo, Emendas da Correia, explica como emendas inapropriadas podem permitir

que material fugitivo escape da correia, e conclui a seção Fundamentos para um Manuseio Seguro de Materiais a Granel. O seguinte Capítulo inicia a seção relacionada ao Carregamento da Correia e aborda a área Antes da Zona de Carga, observando polias traseiras e áreas de transição.

REFERÊNCIAS

- 5.1 Qualquer fabricante e a maioria dos distribuidores de correia podem fornecer uma variedade de materiais sobre a construção e o uso de seus produtos específicos, assim como sobre correias de transportadores em geral.
- 5.2 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*. Naples, Florida.
- 5.3 O site <http://www.conveyor-beltguide.com> é um recurso valioso e não comercial tratando de vários aspectos das correias.

SEÇÃO 2

CARREGANDO A CORREIA

• Capítulo 6	76
ANTES DA ZONA DE CARGA	
• Capítulo 7	90
CONTROLE DO AR	
• Capítulo 8	100
CHUTES DE TRANSFERÊNCIA CONVENCIONAIS	
• Capítulo 9	116
AUXÍLIOS DE FLUXO	
• Capítulo 10	130
SUPORTES DA CORREIA	
• Capítulo 11	152
CALHAS-GUIA	
• Capítulo 12	170
CHAPAS DE DESGASTE	
• Capítulo 13	180
SISTEMAS DE VEDAÇÃO LATERAL	



Figura 6.1

Após a correia envolver as polias traseiras e atingir a parte superior do transportador, deve ser preparada para receber a carga na zona de carga.

Capítulo 6

ANTES DA ZONA DE CARGA

Polias Traseiras	77
Transportadores Planos e Côncavos	79
Formação da Calha	81
Vedação na Área de Entrada.....	85
Especificações Mais Utilizadas.....	87
Tópicos Avançados.....	88
Questão de Segurança.....	88
Proteja a Seção Traseira.....	89

Neste Capítulo...

Antes que uma correia transportadora possa ser carregada, ela deve ser transformada na forma que irá transportar o material a granel. Este capítulo examina as áreas de transição, as áreas entre as polias terminais (carga e descarga) e os primeiros tensores totalmente côncavos, observando como uma correia é formada em uma calha e a importância de se utilizar a distância de transição adequada para mudar a forma da correia. O capítulo também examina as polias traseiras, verificando sua configuração e localização adequadas. Também são abordadas as técnicas para evitar o escape de material fugitivo na parte traseira do transportador.

Ao final da volta de retorno do transportador, a correia envolve a polia traseira e se move para cima até o topo ou lado do transporte. É aqui que a correia deve ser preparada para receber carga antes de entrar na zona de carregamento (**Figura 6.1**). Esses preparativos incluem a estabilização do caminho da correia, a centralização da correia na estrutura, a moldagem da correia no perfil (ângulo) desejado para transporte de carga e a selagem da parte de trás e das bordas da zona de carga para evitar derrames.

Deve-se tomar cuidado na realização dessas tarefas, a fim de minimizar o material fugitivo — material que escapou do transportador e do processo — tanto na área de transição e no processo de transporte, como na preservação dos equipamentos e na preparação do transportador para a máxima eficiência.

Em muitas fábricas, essa área do sistema de transporte é conhecida por apresentar problemas de derrame e lesões de empregados. Este capítulo irá discutir formas de transformar corretamente a correia de plana para calha de carga e de volta a plana na descarga, sem aumentar o risco de fuga de material e o risco para os empregados.

o desalinhamento da correia e compor outros problemas encontrados no lado de transporte da correia.

A área entre a polia e a zona de carga é demasiado curta, e a correia possui tensão demais para permitir uma correção do desalinhamento aqui. Então, dispositivos de centralização de correia são instalados no retorno do transportador para certificar-se de que a correia está centralizada quando entra (e sai) da polia traseira. Se a correia, centrada na sua entrada para a polia traseira, desalinhar-se entre a polia e a zona de carga, o problema mais provável é que a polia esteja fora de alinhamento. Se a polia traseira for reta e um dispositivo de rastreamento estiver instalado, a correia deve estar centrada na zona de carga. (*Veja o Capítulo 16: Alinhamento da Correia.*)

Polias Traseiras: Aletas e Mantas

Polias traseiras com aletas são frequentemente instaladas como um método para reduzir o risco de danos na correia com o aprisionamento de acúmulo de material entre a correia e a polia. Polias aletadas possuem palhetas que se assemelham à roda propulsora de um barco a vapor (**Figura 6.2**). Esse desenho permite que o material que, de outra forma, ficaria preso entre uma polia sólida e a correia passe pela face da polia. Entre as barras transversais da polia há recessos inclinados, em forma de reentrâncias, que impedem que o material fino ou granular fique preso entre a polia traseira e a correia de retorno. Essas reentrâncias proporcionam uma função de autolimpeza, ou seja, há pouca área de superfície em que o material pode se acumular, e a rotação da polia lança o material fora da face da polia (**Figura 6.3**). É provável que o transportador derrame parte da sua carga sobre



Figura 6.2

Polias aletadas incorporam palhetas, como a roda propulsora de um barco a vapor.

POLIAS TRASEIRAS

Centralizando a Correia

Ter a correia no centro da estrutura de transporte, quando ela vai para a zona de carga, é um ponto essencial. Se a correia não estiver corretamente centralizada quando receber a carga, a força da carga irá aumentar

a correia de retorno, e a polia aletada pode agir como um dispositivo eficaz para a remoção desse derrame sem danos à correia, embora a selagem da correia na zona de carga, juntamente com a instalação de um raspador de proteção de polia, seja a solução preferida.

Polias aletadas também são vistas em tensores

de gravidade, onde oferecem os mesmos benefícios e limitações.

Apesar de sua intenção de projeto, polias aletadas traseiras ainda estão sujeitas ao acúmulo e ao aprisionamento de material, muitas vezes não oferecendo a proteção desejada. Elas são mais bem-sucedidas em correias lentas, onde a limpeza e a vedação não são requisitos essenciais. Pedacos maiores de material podem ficar encravados nas aletas da polia, potencialmente causando o dano que a polia foi projetada para evitar (**Figura 6.4**).

Polias aletadas traseiras com raio de curvatura inferior ao mínimo recomendado pelo fabricante podem causar danos à carcaça da correia.

A desvantagem mais significativa de polias aletadas é a ação oscilante que produzem no caminho da correia. As aletas da polia introduzem um movimento pulsante que desestabiliza o caminho da correia, afetando negativamente seu sistema de vedação. É contraproducente projetar um ponto de transferência que enfatize a estabilidade da correia para material fugitivo e, depois, instalar uma polia aletada traseira que introduza instabilidade do sistema. A Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores (CEMA) recomenda que as polias aletadas não sejam utilizadas em correias com velocidade superior a 2,25 metros por segundo (450 pés/min).

Uma opção melhor do que a polia aletada traseira convencional é uma polia traseira enrolada em espiral (**Figura 6.5**). Essas polias têm uma tira de aço adicional em espiral em torno de sua circunferência. A tira de aço é enrolada sobre a parte superior das aletas em duas espirais, convergindo no centro de cada extremidade da polia. O enrolamento da(s) tira(s) de aço em torno da polia aletada permite que ela forneça a função de autolimpeza, e ainda elimine a instabilidade transmitida à correia.

Polias aletadas enroladas em espiral são por vezes instaladas como equipamento original em instalações de transporte novas. Polias aletadas existentes podem ser atualizadas com uma estreita faixa de 50 a 75 mm (2 a 3 polegadas), tiras de aço soldadas em torno da borda exterior das aletas (**Figura 6.6**).

6

Figura 6.3

As reentrâncias na polia aletada servem para eliminar acúmulos de material.



Figura 6.4

Pedacos de material podem ficar presos nas reentrâncias da polia aletada.



Figura 6.5

Uma polia enrolada elimina a vibração da polia aletada, ao passo que ainda evita o acúmulo de material.



Figura 6.6

Uma tira de aço enrolada em espiral em torno da polia pode eliminar alguns dos problemas da polia aletada.



A melhor solução para evitar acúmulo de material sobre polias traseiras é usar uma polia de aço sólida e plana, protegida por um dispositivo de limpeza situado em frente à polia (**Figura 6.7**). Esse tipo de raspador diagonal ou em V deve ser colocado imediatamente antes da polia traseira, no lado não transportador da correia, para remover qualquer material fugitivo que possa ser transportado na parte interior da correia. (*Veja o Capítulo 15: Raspadores de Proteção das Polias.*)

Polias Abauladas

Uma polia plana possui o mesmo diâmetro em toda a sua face. Uma polia abaulada possui diâmetro diferente a partir de suas bordas para o centro, que é ligeiramente maior do que as bordas (**Figura 6.8**).

As polias abauladas são por vezes utilizadas na parte traseira do transportador, pois é amplamente reconhecido que a face abaulada irá melhorar a tração da correia ao girar em torno da polia em direção à zona de carga. No entanto, nem sempre isso é verdade, e há casos em que a face abaulada da polia pode danificar a correia.

Polias abauladas nunca devem ser usadas em uma área de alta tensão da correia. Geralmente usa-se a polia conduzida. A polia condutora pode estar na extremidade frontal, extremidade traseira ou, com acionamento central, em qualquer lugar ao longo do lado de retorno do transportador. Nessas áreas de alta tensão, o diâmetro adicional no centro da polia acrescenta estresse adicional no centro da correia e pode causar danos à carcaça, e afrouxamento. A exceção a isso é quando a tensão nominal da correia for de 35 quilonewtons por metro (200 PIW) ou menos; nesse caso, uma polia abaulada pode ser utilizada em qualquer parte do sistema.

Em áreas de menor tensão da correia, polias abauladas podem ter uma ligeira influência sobre o alinhamento da correia. No entanto, se houver problemas graves com a correia, como curvatura acentuada, inclinação, ou falha no ponto entre mudança de ângulo dos roletes, nenhuma polia abaulada conseguirá alinhar a correia. É sempre melhor identificar a causa do desalinhamento e sanar o problema. (*Veja o Capítulo 16: Alinhamento das Correias.*)

As polias abauladas também apresentam problemas com os limpadores de correia montados sobre a face da polia de descarga.

TRANSPORTADORES PLANOS E CÔNCAVOS

Correias Planas

Muitos materiais a granel podem ser transportados em correias planas. Elas são particularmente comuns para materiais com um acentuado ângulo de repouso: o ângulo que uma pilha de material formado livremente fará. Materiais com ângulo de repouso acima de 30° são adequados para correias planas e vão desde materiais irregulares, granulados ou grumosos, como o carvão, a pedra e o minério, até materiais lentos, que normalmente são irregulares, fibrosos e interligados, como lascas de madeira e casca de árvores (**Figura 6.9**). Ao manter a mesma distância da borda com materiais com baixo ângulo de repouso, o volume de material transportado é reduzido; portanto, materiais com baixo ângulo de repouso geralmente exigem que a correia seja côncava.

Correias planas são especialmente eficazes quando a carga ou uma parte da carga deve ser descarregada da correia em pontos intermediários por raspadores ou placas de deflexão.



Figura 6.7
Um v-plow é posicionado na frente da polia para protegê-la de pedaços de material.



Figura 6.8
Uma polia abaulada possui um diâmetro ligeiramente maior no centro que nas extremidades.

Alimentadores de correia usam quase que exclusivamente correias planas. Isso ocorre porque alimentadores são geralmente muito curtos e devem caber em operações em que há pouco espaço para colocar correias côncavas. Alimentadores tipicamente operam com cargas muito elevadas (utilizam roletes para trabalhos pesados). Muitas correias alimentadoras podem inverter a direção. Para mover uma grande carga de material, correias de alimentação funcionam frequentemente em alta tensão, o que torna difícil utilizar correia côncava. Além disso, a alta carga dos alimentadores de correia torna a vedação difícil. Essa dificuldade pode ser superada, deixando generosas distâncias da borda e operando a velocidades mais lentas;

assim, o derrame desses alimentadores de correia pode ser controlado. Em muitos casos, essas correias estão equipadas com uma saia lateral e um sistema de vedação ao longo de todo o seu comprimento. Outras correias alimentadoras incorporam um *design* de calha-guia dupla, onde um espaço é deixado entre a calha-guia interior instalada com um revestimento de desgaste e uma calha-guia externa, que inclui o selo da borda da correia (**Figura 6.10**).

Correias planas não exigem áreas de transição ou sofrem os problemas de transição encontrados pelos transportadores côncavos. No entanto, a maioria dos outros componentes do transportador e outros problemas discutidos neste livro serão aplicados a transportadores de correia plana.

Transportadores Côncavos

Para a maioria dos materiais e transportadores, a formação da correia em uma calha fornece o benefício de um generoso aumento de capacidade de carga da correia (**Figura 6.11**).

Ângulos Típicos de Concavidade

Os ângulos de concavidade padrão na Europa são 20, 30 e 40°; na América do Norte e no Brasil, são comuns ângulos de concavidade de 20, 35 e 45° (**Figura 6.12**). No entanto, com uma economia cada vez mais global, pode-se encontrar transportadores de qualquer ângulo de concavidade, em qualquer lugar do mundo. Antigamente a concavidade de 20° era padrão, mas concavidades mais profundas se tornaram mais comuns, com as melhorias no projeto e a construção das correias que permitem maior flexão das bordas sem falha prematura. Em algumas aplicações especiais, tais como mineração de alta tonelagem, tensores catenários com uma concavidade de 60° são utilizados para reduzir o derramamento e os danos de impacto.

Transportadores mais longos, de alta velocidade, podem exigir a utilização de uma correia grossa, muitas vezes, com cabos de aço na carcaça. Como resultado, essas correias podem ter menor capacidade de concavidade. Devido às menores exigências de curvatura e à consequente redução do estresse na correia, uma concavidade de 20° possibilita o uso de correias mais grossas, permitindo, assim, que sejam transportados materiais mais pesados e

Figura 6.9

Materiais com alto ângulo de repouso podem ser transportados em correias planas. Para os materiais com baixo ângulo de repouso, transportar o mesmo volume de material resultaria em derrame para fora da correia. Portanto, materiais com baixo ângulo de repouso geralmente exigem que a esteira seja côncava.

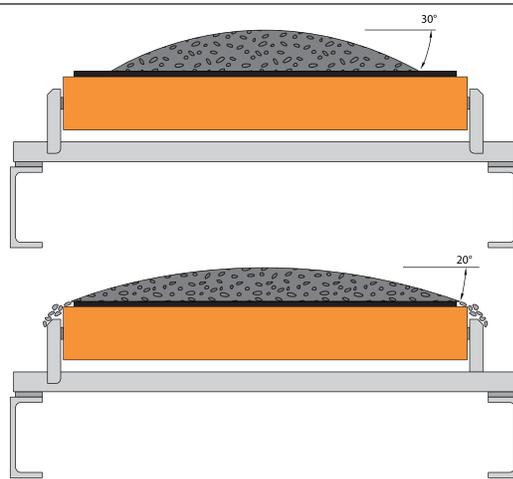


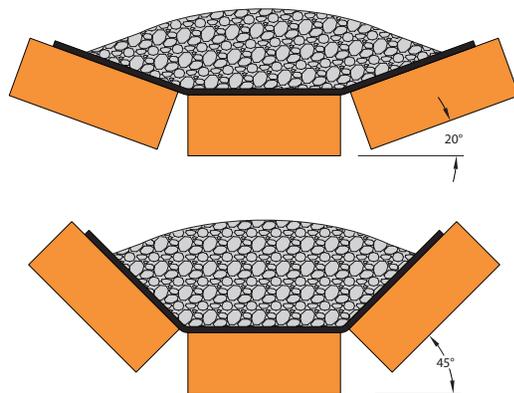
Figura 6.10

Alguns alimentadores de correia incorporam um sistema de calha guia dupla com espaço entre o revestimento de desgaste e a parede externa do chute.



Figura 6.11

Angular a correia conforme uma calha geralmente aumenta a capacidade do transportador.



em blocos maiores.

Ângulos de concavidade maiores que 20° são normalmente especificados quando o material possui baixo ângulo de repouso. Ângulos de concavidade superiores são adequados para uma gama muito ampla de aplicações. Ângulos de concavidade superiores funcionam melhor quando são feitos para limitações tais como a distância de transição e a exigência de distância da borda exposta para saia de vedação.

Apesar de oferecem o benefício de maior capacidade, as correias côncavas também apresentam algumas limitações. Uma área que pode apresentar problemas, se não devidamente considerada durante o projeto e a especificação da correia, é a maior distância de transição necessária para evitar o estresse nas bordas da correia. Outras desvantagens dos ângulos de concavidade maiores incluem maior vulnerabilidade aos efeitos do vento e maior potencial de dano à correia.

Formar uma calha na correia normalmente contribui positivamente para seu alinhamento. Outro benefício de uma correia côncava inclui melhor capacidade de conter o material, em virtude do reduzido derramamento e da perda pela borda devido ao vento.

De modo geral, a seleção do ângulo de calha a ser usado em qualquer transportador é, na maioria dos casos, determinada pela necessidade de utilizar a correia menos onerosa e, portanto, mais estreita possível, para transportar a tonelagem necessária de material.

FORMAÇÃO DA CALHA

Transição

Em um transportador típico, a correia é formada em calha pela parte de transporte de sua viagem e retorna a uma configuração plana na execução do retorno. Por conseguinte, em uma polia terminal (carga ou descarga), a correia deve ser convertida do formato plano para côncavo ou de côncavo de volta ao plano. Esta mudança do perfil da correia é comumente chamada de transição (**Figura 6.13**). Transições existem nos locais das polias traseiras (carga) e frontais (descarga) de um transportador côncavo e podem ocorrer em outras áreas do transportador, tais como na descarga do *tripper*.

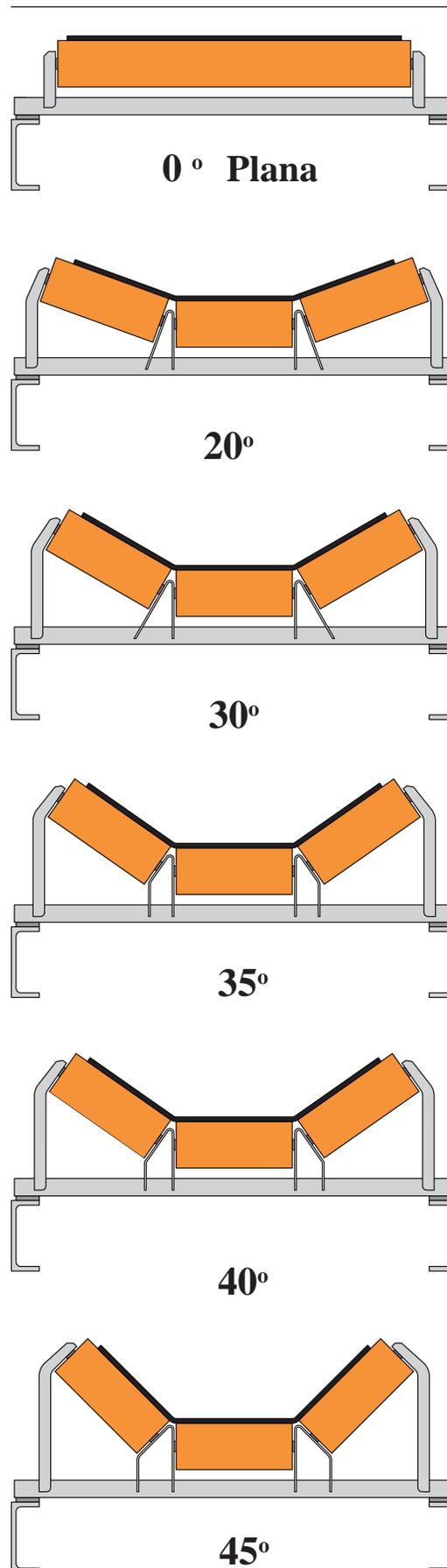


Figura 6.12

Os ângulos padrões para a calha do transportador variam ao redor do mundo.

A distância entre a linha central da polia do terminal para o primeiro rolete totalmente côncavo é chamada de distância de transição. Essa área representa mais risco potencial para a correia do que qualquer outra área do transportador. Na mudança de uma correia plana para um perfil totalmente côncavo, a

tensão nos lados da correia é maior do que no centro. O terço exterior da correia deve se esticar e viajar mais longe do que o terço central. Isso pode fazer com que a emenda, seja mecânica seja vulcanizada, falhe nas bordas da correia. Além disso, as lonas da correia podem se separar devido a esse estresse.

Figura 6.13

A distância entre a polia terminal (carga ou descarga) até o tensor totalmente côncavo é chamada de distância de transição; a correia muda de plana para côncava ou de côncava para plana nesta área.

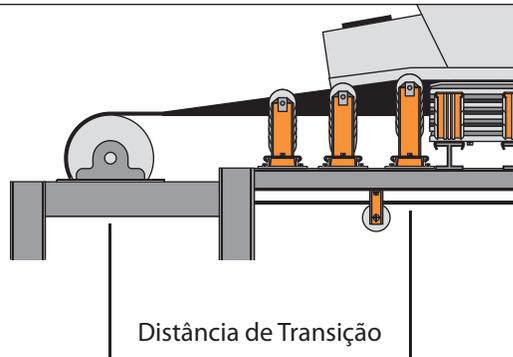


Figura 6.14

Uma distância de transição muito curta pode causar vincos na emenda entre o rolete central e os roletes laterais.

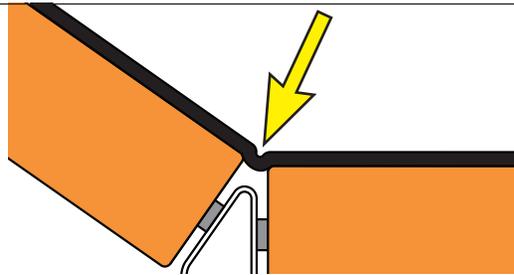


Figura 6.15

Os danos causados pela falha da emenda aparecem em duas linhas paralelas acima da emenda, entre o cilindro central e os cilindros laterais.

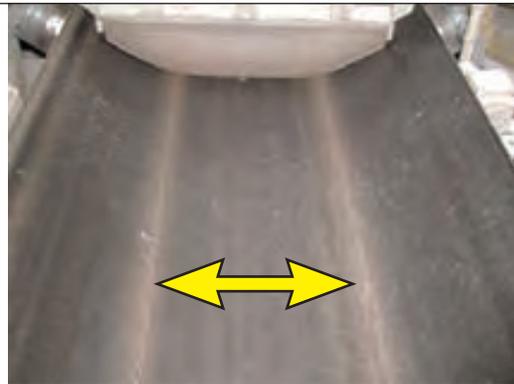


Figura 6.16

Um sinal de falha na emenda pode ser a correia assumir uma configuração em "W" ou "M".



A distância de transição, o espaçamento permitido para essa mudança no contorno da correia, deve ser suficiente em cada polia terminal. Caso contrário, a correia vai experimentar um estresse extremo nas junções entre os roletes (os pontos onde o rolete horizontal se encontra com os roletes inclinados). Como o terço externo da correia é mais esticado, o resultado pode ser um vinco na emenda, que pode, eventualmente, se desgastar ao longo de todo o comprimento da correia (**Figura 6.14**). Além disso, se a elasticidade da carcaça for ligeiramente ultrapassada, a correia poderá não se rasgar, mas se esticar para além dos seus limites, levando a problemas de alinhamento. Se a distância de transição for muito curta, uma diferença excessiva entre as tensões da borda do centro pode ultrapassar a rigidez lateral da correia. Isso pode forçar a correia para baixo na calha, por isso, poderá dobrar pelo centro ou pegar nas junções onde os roletes do tensor se encontram (**Figura 6.15**). O primeiro sinal de falha na emenda será notado como uma dobra ou forma em "W" ou "M" no lado do retorno da correia (**Figura 6.16**). A maior tensão na borda observada na correia, por ter uma área de transição curta demais, provocará um aumento da carga sobre os rolamentos dos roletes inclinados, podendo levar à falha prematura dos roletes.

A tensão da correia pode ser mantida dentro dos limites de segurança mantendo-se uma distância de transição adequada entre a polia e o primeiro rolete totalmente côncavo, minimizando o estresse induzido na correia.

Para apoiar corretamente a correia nessas transições, roletes com ângulos intermediários devem ser utilizados entre a polia terminal e o rolete totalmente côncavo. Esses roletes de transição permitirão que a correia altere suavemente seu perfil até o ângulo em calha adequado. A tensão sobre a correia na emenda do rolete é então minimizada, uma vez que foi distribuída por vários roletes e em uma distância maior.

Distância de Transição

A distância necessária para a transição de uma correia varia com a quantidade de concavidade necessária, a espessura da correia, a construção da correia transportadora, o tipo de carcaça (cabo de aço ou tecido) e a tensão nominal da correia. A distância de transição deve ser selecionada para fornecer pelo menos a distância mínima para a correia selecionada.

Quanto mais pesada a carcaça da correia, mais ela vai resistir a ser colocada em uma configuração côncava e maior será a distância de transição necessária. Isso é fácil de entender se lembrarmos que uma corda esticada pelo centro do transportador será mais curta do que uma corda colocada na borda externa dos roletes. As bordas externas devem percorrer uma distância maior que o centro da correia. Quanto maior o ângulo da calha, mais as bordas são esticadas e maior a distância necessária para chegar a esse ângulo.

A distância de transição necessária é uma função da construção de uma correia. Ao projetar um novo transportador, a correia deve ser selecionada para coincidir com a carga de material e as características de comprimento de transporte. A distância de transição do sistema seria, então, concebida para atender aos requisitos da correia selecionada. No entanto, um cenário mais provável é que, devido a limitações de espaço e custo, a correia seja selecionada para coincidir com a distância de transição projetada para a estrutura de aço do transportador. De qualquer maneira, no entanto, o fabricante da correia deve ser consultado para determinar a distância de transição recomendada.

No caso de substituição da correia existente, ela deve ser selecionada para combinar com a distância de transição prevista na estrutura do transportador. Nunca deve ser colocada uma correia sobre um transportador onde a distância de transição é curta demais para a correia.

É altamente recomendável que o fornecedor da correia seja contatado para garantir que a distância de transição da estrutura existente seja compatível com a correia. Gráficos que identificam a distância de transição recomendada em função da tensão nominal tanto da correia de tecido como de cabos de aço, nos vários ângulos côncavos, são publicados na literatura dos fabricantes e pela CEMA em *Transportadores de Correia para Materiais a Granel, sexta edição*.

Roletes de Transição

Dependendo da distância, um ou mais roletes de transição devem ser utilizados para apoiar a correia entre a polia terminal e o primeiro rolete totalmente côncavo.

É uma boa prática instalar diversos roletes de transição para apoiar a correia na mudança gradativa de um perfil plano para um contorno totalmente côncavo (**Figura 6.17**). Os roletes de transição podem ser fabricados em ângulos intermediários específicos (entre plano e totalmente côncavo) ou podem ser ajustáveis a diferentes posições (**Figura 6.18**). Por exemplo, seria uma boa prática colocar um rolete de concavidade 20° como um rolete intermediário, à frente de um rolete de concavidade de 35°, e ambos, um rolete de 20° e um de 35°, à frente de um rolete de 45°. A CEMA recomenda que todos os roletes de transição utilizem cilindros de metal.

É também importante para a estabilidade da correia e a vedação do ponto de transferência, que o rolete de transição mais próximo à polia terminal seja instalado de modo que o topo da polia e o topo do cilindro central estejam no mesmo plano horizontal. Isso é referido como uma transição de concavidade total.

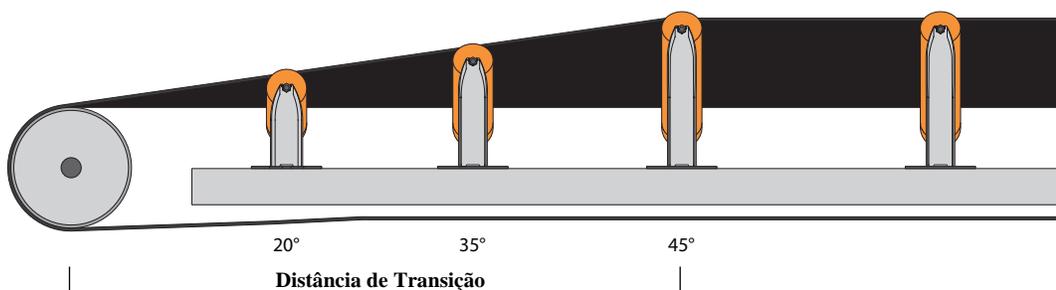


Figura 6.17

Vários roletes de transição devem ser instalados entre a polia e o primeiro rolete totalmente côncavo.

Profundidade da Polia na Distância de Transição mais Curta

Para encurtar a distância de transição necessária, o projetista do transportador pode ficar tentado a usar um regime de transição de “meia concavidade”, que exige a elevação da polia traseira. Ao elevar a polia para que seu topo (onde a correia sai da polia) fique alinhado com o ponto médio dos roletes laterais (ao invés de alinhado com o topo do rolete central), a distância de transição necessária pode ser reduzida pela metade (**Figura 6.19**). Essa técnica é normalmente empregada para encurtar a distância de transição a fim de evitar uma obstrução, ou para economizar uma pequena quantidade de comprimento de transporte.

No passado, esse regime de distância de transição mais curta foi aceito pelo CEMA e fabricantes de correias, como forma de evitar esforços excessivos na junta do rolete quando a correia se transforma, sobretudo quando se monta um transportador em um espaço limitado. No entanto, podem surgir problemas com o perfil da distância de transição mais curta, incluindo a correia se elevar dos tensores quando funcionar descarregada (**Figura 6.20**). Enquanto uma correia de distância de transição mais curta está para ser carregada, picos e surtos na taxa de fluxo de material irão mudar radicalmente a linha da correia, e impedirão que o ponto de transferência seja eficazmente vedado. Essas mudanças na linha da correia criam uma ação de “bombeamento”, que funciona como um ventilador para levantar poeira no ar. Além disso, essa configuração pode fazer com que a correia dobre na área de transição. Carregar a correia quando está deformada torna impossível a efetiva vedação, e aumenta o desgaste da correia devido ao aumento dos níveis de impacto e abrasão da correia.

Resolver os problemas criados por uma polia de distância de transição mais curta é mais complicado do que simplesmente abaixar a polia traseira para se alinhar ao cilindro central dos roletes. A distância mínima de transição deve ser mantida: à medida que a polia se

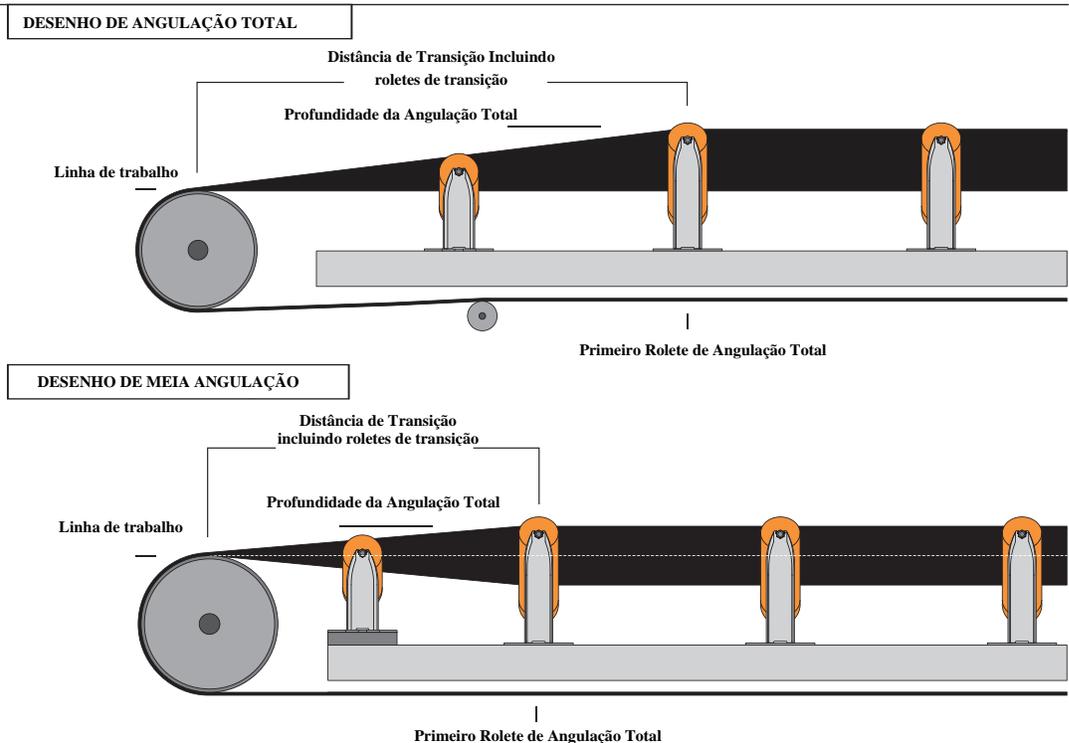
Figura 6.18

Algumas estruturas de roletes são fabricadas com vários furos de montagem para os cilindros laterais a fim de permitir a sua utilização como roletes de transição.



Figura 6.19

Na configuração com distância de transição mais curta (desenho inferior), a elevação da polia traseira, de maneira que a correia fique alinhada com o ponto central dos cilindros laterais, permite que a distância de transição seja encurtada. No entanto, isso pode criar outros problemas.



move para baixo, também deve ser movida para mais longe do primeiro rolete com ângulo final da correia. Se isso não for possível, outras alterações devem ser feitas, como a redução do ângulo de correia na área de carga, para encurtar a distância de transição necessária. A correia pode, então, ser alterada para um ângulo mais alto fora da zona de carga. Outra abordagem seria a adoção de uma área de transição bem gradual. Ambas as técnicas são discutidas a seguir em Tópicos Avançados.

A melhor prática, bem como a atual recomendação da CEMA, é usar o regime de correia côncava em que a polia está alinhada com o topo superior do rolete central. Isso requer uma distância de transição mais comprida, mas melhora muito a estabilidade da correia quando entra na zona de carga e, em consequência, melhora a vedação do ponto de transferência.

Carga na Área de Transição

Carregar a correia enquanto está em fase de transição é uma prática ruim e deve ser evitada. A área onde a carga é introduzida na correia deve começar não antes do ponto onde a correia estiver totalmente côncava e devidamente apoiada por um leito deslizante ou pelo ponto médio do primeiro conjunto de roletes totalmente côncavos. A melhor solução é introduzir a carga cerca de 300 milímetros (12 pol.) para além desse ponto totalmente côncavo, para acomodar qualquer retorno de materiais causado pela turbulência.

Se a carga for realizada enquanto a correia ainda estiver em transição, a carga é despejada em uma área maior com lados não paralelos.

Essa área maior aumenta a pressão sobre as saias laterais e o desgaste da correia e das chapas de desgaste, à medida que a correia forma sua concavidade completa. Além disso, como a correia na área de transição muda de contorno, ela não terá o perfil estável de correia necessário para uma vedação eficaz.

Pode ser colocado um defletor para que o material descarregado na área de transição seja desviado. Assim, a trajetória do material precisa ser projetada para manter contato com a correia suficientemente longe, na frente da polia traseira, para evitar que o material transborde na área de transição. Providenciar um apoio adequado à correia na zona de carga garante

que ela mantenha a superfície plana, o que é fundamental para a eficácia da vedação.

VEDAÇÃO NA ÁREA DE ENTRADA

Sistemas de Vedação

A vedação da entrada da correia na zona de carga é muitas vezes um problema (**Figura 6.21**). A turbulência de material quando é carregado pode fazer com que algumas partículas saltem ou rolem para trás, em direção à parte traseira do transportador. O material saltará para fora da zona de carga e rolará pelo transportador, acumulando-se na polia, nos suportes dos rolamentos ou no chão, perto da polia traseira.

Na tentativa de resolver esse problema, algum sistema de vedação é aplicado na parte de trás do chute de carregamento. Tipicamente, essa vedação é uma cortina ou parede, fabricada a partir de uma folha de plástico ou borracha (**Figura 6.22**). Essa vedação pode criar tantos problemas quanto os que resolve.

Se a vedação, no momento da entrada da correia no chute, for feita de maneira frouxa, o material vai continuar a escapar pelos fundos da zona de carga, pela área de transição e para o chão. Se um sistema de selagem for colocado



Figura 6.20

Usar a configuração de distância de transição mais curta pode fazer com que a correia se eleve dos roletes (particularmente quando descarregada).



Figura 6.21

Providenciar uma vedação eficiente na parte de trás da zona de carga pode ser um problema.

firme o bastante contra a correia, para evitar a fuga na parte de trás da zona de carga, em vez disso, a vedação pode agir como um raspador de correia. Nesse caso, a vedação vai raspar todo o material que permanecer aderido à

Figura 6.22

Vedações traseiras simples de borracha ou plástico geralmente não são eficazes.



Figura 6.23

Se a vedação traseira é forçada demais contra a correia, um efeito de “raspador de correia” raspará material da correia que se acumulará na parte traseira da zona de carga.



Figura 6.24

Se o transportador estiver inclinado, o material rolará pela correia e se acumulará no chão.



Figura 6.25

Vedar os cantos da zona de carga é difícil, permitindo que haja derrame de material e vazamento de pó.



correia durante o percurso de volta da polia de descarga. O material retirado por esse efeito “raspador de correia” irá, então, acumular-se no ponto onde a correia entra na zona de carga (Figura 6.23) ou, se o transportador estiver inclinado, rolará pela correia e se acumulará na parte traseira do transportador (Figura 6.24).

A vedação na parede traseira do chute onde a correia é carregada é difícil, devido à alta pressão do material e à grande circulação de ar, que podem levar o pó para fora do ponto de transferência (Figura 6.25). Essa dificuldade em selar a área de entrada é decorrente de qualquer vibração dinâmica na linha da correia, criada por flutuações na tensão da correia, resultantes de “picos” na carga de material, ou da utilização de polias aletadas traseira. Polias aletadas devem ser evitadas principalmente por esse motivo.

Caixa de Vedação de Barreiras Múltiplas

Uma abordagem eficaz é selar a área atrás da zona de carga com uma caixa de vedação de barreiras múltiplas (Figura 6.26). Fixada à parede traseira do chute de carga, essa caixa liga o chute à área onde a correia está plana. Na situação ideal, a caixa traseira seria estendida à superfície plana da polia traseira, tornando a vedação mais eficaz e fácil de manter (Figura 6.27). Uma caixa traseira é frequentemente instalada em área de transição, ao reformar transportadores existentes. Para transportadores novos, isso não é recomendado, porque é difícil vedar na área de transição.

Uma tira de vedação é instalada na parte externa da parede traseira da caixa de vedação, mais próximo da polia traseira (Figura 6.28). Achatada pelo movimento da correia, essa tira dá forma a uma vedação de direção única de maneira que impede que escape material pelos fundos da zona de carga e para fora da parte traseira do transportador. Como essa tira fica sobre a correia com apenas uma leve pressão, evita o efeito raspador. O material que adere à correia pode passar sob a vedação sem ser “limpo” da correia.

Nas laterais, a caixa deve estar equipada com uma vedação de múltiplas camadas de baixa manutenção, para evitar o derramamento de material sobre as bordas da correia. A caixa de vedação traseira deve incorporar o início do transportador, assim, a tira de vedação percorre

continuamente a caixa de vedação traseira até a extremidade de saída da vedação lateral (**Figura 6.29**). Essa vedação contínua elimina os problemas com a vedação de alta pressão dos cantos da zona de impacto.

A parte superior da caixa traseira deve incluir uma porta de acesso para permitir o retorno de qualquer material fugitivo ao transportador (**Figura 6.30**).

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

A. Transição.

O projeto do transportador deve incorporar uma distância de transição suficiente, e roletes de transição para permitir que a correia forme uma concavidade completa, antes de qualquer material ser carregado na correia.

B. Distância da área de transição.

A polia traseira deve ser colocada na altura do rolete central, para que a correia, saindo da polia, esteja alinhada com o rolete central.

C. Caixa de vedação traseira.

Uma caixa de vedação traseira com uma vedação eficaz na extremidade da polia traseira deve ser instalada na correia para evitar o escape de material fugitivo da parte traseira da zona de carga.

D. Faixa de vedação lateral.

Uma vedação eficaz nas bordas da correia nas laterais da caixa traseira será providenciada, estendendo a faixa de vedação lateral através da zona de carga de transferência, como uma faixa única de vedação, sem junta ou emenda por onde possa vaziar material.



Figura 6.26

As caixas de vedação traseira são instaladas para evitar que o material caia para fora da parte traseira da zona de carga do transportador.



Figura 6.27

Uma caixa traseira é frequentemente instalada na área de transição, ao reformar transportadores existentes. Para transportadores novos, isso não é recomendado, pois é difícil vedar na área de transição.

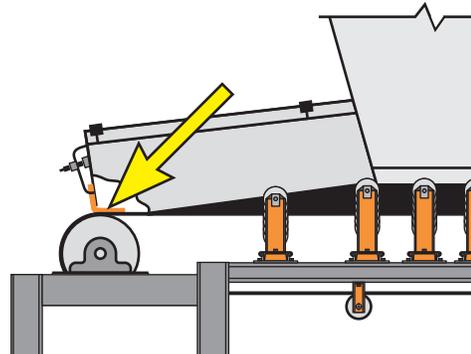


Figura 6.28

Uma tira de vedação deve ser instalada na parte externa da parede traseira da caixa de vedação, mais próximo da polia traseira.

TÓPICOS AVANÇADOS

Área de Transição de Dois Estágios

Por muitos anos, a recomendação tem sido que a correia deve estar totalmente côncava antes de se introduzir a carga. Uma variação desse conceito é a ideia de que é mais crítico que a correia esteja estável (ou seja, não passando por transição), quando for carregada, em vez de estar totalmente côncava quando



Figura 6.29

Os sistemas de vedação lateral da correia devem se estender por uma faixa contínua, desde a caixa traseira até o final da área com vedação lateral.

Figura 6.30

Uma tampa de acesso na caixa de vedação traseira permite que qualquer material derramado seja devolvido ao transportador.



for carregada. Dado um transportador onde existe uma distância muito curta entre a polia traseira e a zona de carga, pode ser melhor formar uma concavidade parcial na correia, na área entre a polia traseira e a zona de carga, e depois concluir a transição após a correia ter sido carregada (**Figura 6.31**). Para isso trazer algum benefício, a linha da correia deve estar estabilizada com estruturas de suporte melhoradas, como mesas de impacto e mesas de vedação, e as bordas devem estar eficazmente seladas, após a formação inicial da correia. Elevar as bordas da correia até o ângulo final pode ser feito após a carga estar sobre a correia.

Para transportadores com espaço inadequado na área de transição tradicional entre a polia traseira e o chute de carga, esse método traz o benefício de um maior ângulo de calha, sem criar a instabilidade de carregar enquanto a correia está passando pela transição.

Transições Graduais

Outro método para lidar com o problema de uma distância de transição curta demais é o uso de uma transição bem gradual. Em vez de arriscar danos formando o ângulo da correia

rápido demais, é formado, ao longo de uma distância estendida, o comprimento da zona de carga. Isso torna a mudança tão gradual que é quase imperceptível.

Em um caso, o perfil da correia foi alterado de plano para 35° ao longo de uma área de transição de 12 metros (40 pés). Esse transportador era talvez uma circunstância especial, com um ponto de transferência longo, incorporando múltiplas zonas de carga, uma correia grossa e uma distância mínima entre a polia traseira e a primeira zona de carga. A chave para essa técnica é manter suporte à correia para propiciar uma linha reta para a calha. Em vez de usar componentes especialmente projetados, essa mudança gradual de calha foi obtida instalando componentes convencionais. Mesas de suporte de correia, incorporando ajustes suficientes para acomodar uma instalação deliberadamente “fora de alinhamento”, foram usadas em combinação com roletes de ângulos ajustáveis.

PROTEJA A SEÇÃO TRASEIRA

Para Concluir...

Apesar de a seção traseira de uma correia transportadora ser relativamente simples e os componentes geralmente não receberem muita importância, essa seção do transportador pode ser uma das mais importantes. Se não forem tomados cuidados com alinhamento, tipo de polia traseira, distância de transição e vedação, os efeitos negativos podem diminuir o desempenho de todo o sistema do transportador.

A seguir...



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Devido aos numerosos pontos críticos na área traseira do transportador, os funcionários podem facilmente ser apanhados pela correia em movimento nesse local. Além disso, com a contribuição dessa área aos problemas de derramamento, acidentes com pás podem ocorrer. Devem ser empregados procedimentos adequados de desligar/bloquear/sinalizar antes de realizar qualquer manutenção ou limpeza nessa área. Os

funcionários nunca devem trabalhar com uma pá ou usá-la sobre um transportador em movimento.

São exigidas proteções adequadas e etiquetas de segurança em todo o equipamento rotativo; as proteções não devem ser removidas ou desabilitadas enquanto o transportador estiver em operação.

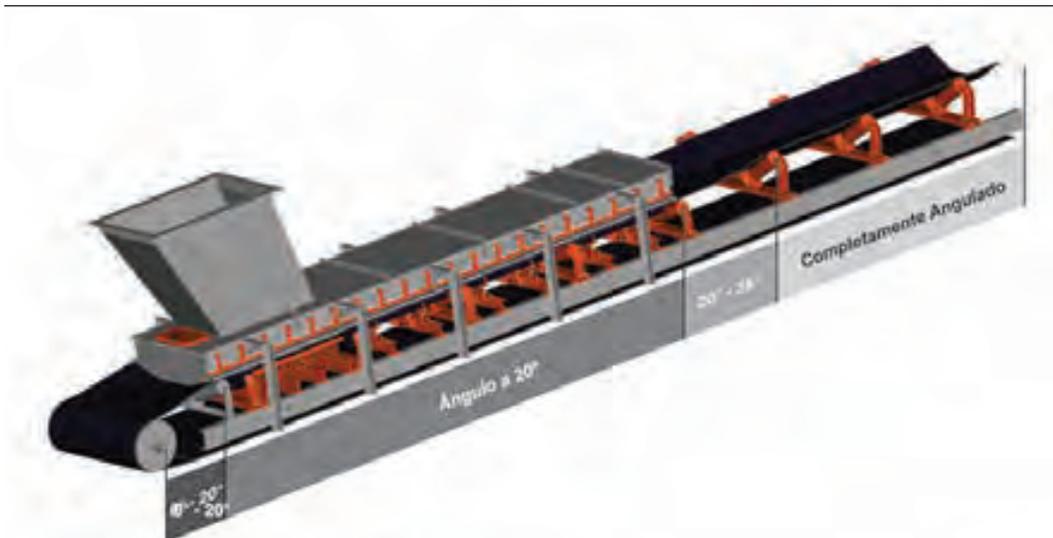


Figura 6.31

Em uma área de transição com dois estágios, a correia é parcialmente formada no ângulo final dos roletes, antes de ser carregada. Após a carga ser colocada, a correia passa por outra transição, que aumenta o ângulo dos roletes.

Este capítulo, Antes da Zona de Carga, iniciou a discussão de Carga da Correia, examinando as polias traseiras e áreas de transição, juntamente com técnicas para evitar o escape de material fugitivo na parte traseira do transportador. Os capítulos seguintes abordarão outros aspectos da carga da correia, iniciando pelo Controle do Ar.

REFERÊNCIAS

- 6.1 Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportadores (CEMA). (2005). *Transportadores de Correia para Materiais a Granel*, Sexta Edição. Naples, Flórida.
- 6.2 O site <http://www.conveyor-beltguide.com> é um recurso valioso e gratuito que cobre muitos aspectos da correia.
- 6.3 Qualquer fabricante e a maioria dos distribuidores de produtos transportadores podem fornecer uma variedade de materiais sobre a construção e o uso de seus produtos específicos.

7

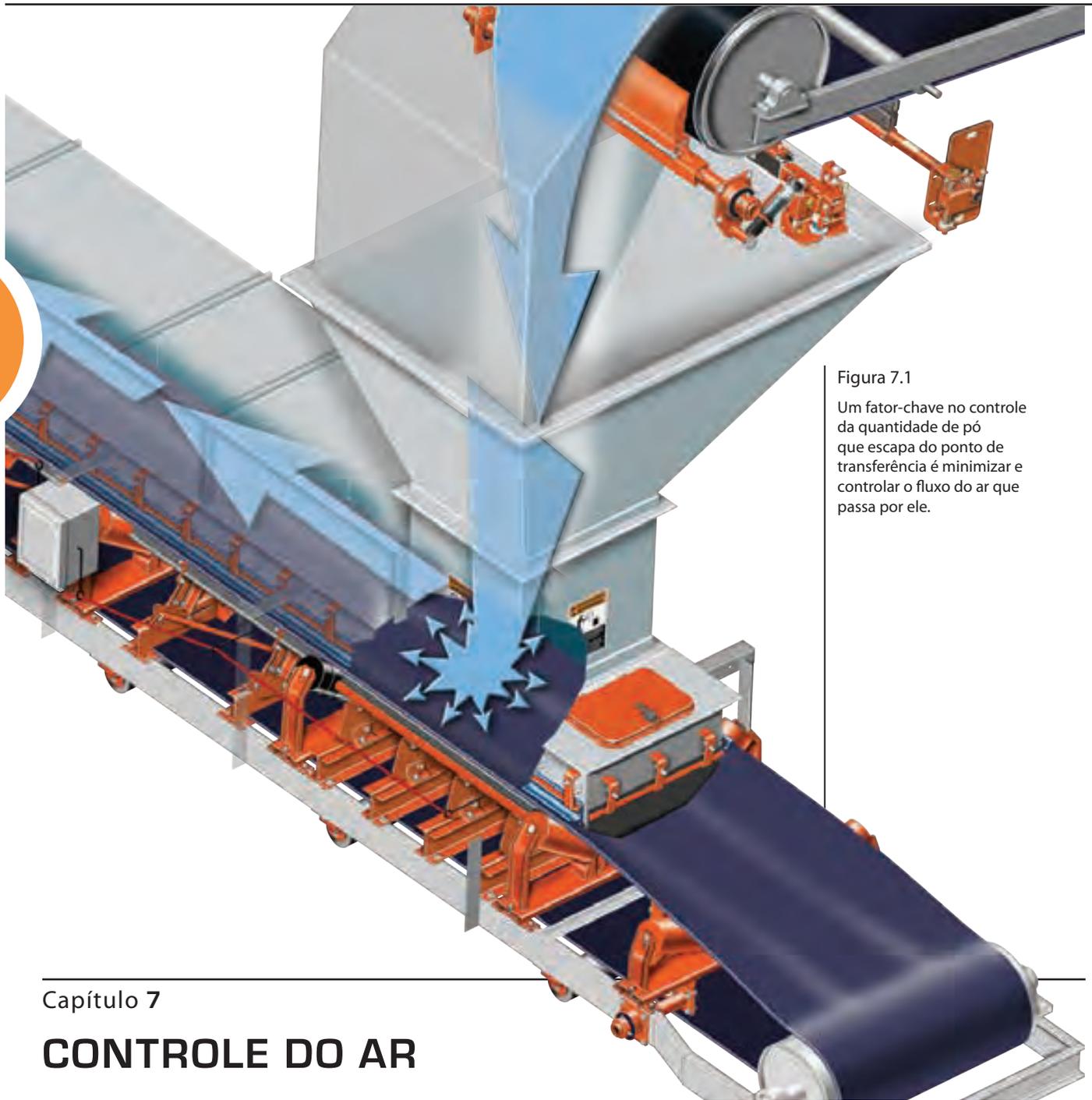


Figura 7.1
Um fator-chave no controle da quantidade de pó que escapa do ponto de transferência é minimizar e controlar o fluxo do ar que passa por ele.

Capítulo 7

CONTROLE DO AR

Movimento do Pó e do Ar	91
Ar Deslocado, Induzido e Gerado	92
Velocidade e Volume do Ar	94
Controlando o Ar	95
Manutenção do Sistema	98
Especificações Mais Utilizadas	98
Tópicos Avançados	98
Questão de Segurança	99
Controle do Ar e Controle do Pó	99

Neste Capítulo...

Neste capítulo, nós analisamos a importância de se controlar o movimento do ar para alcançar o controle da fuga de pó carregado pelo ar. As equações para calcular a quantidade de ar deslocado, ar induzido e ar gerado são apresentadas, assim como sua relação com o fluxo de ar total. Também são discutidos métodos para medir a velocidade e o volume do ar. Explicam-se também quatro parâmetros de projeto, juntamente com várias técnicas adicionais, para controlar o ar e minimizar o pó carregado por ele. Finalmente, são incluídas preocupações com a manutenção e a segurança.

Zonas de carga e pontos de descarga do transportador são os pontos principais para a criação e liberação de pó carregado pelo ar. A quantidade de pó criado em um ponto de transferência depende de vários fatores, incluindo a natureza do material carregado, a altura da queda até a correia, e a velocidade e os ângulos de carga e descarga da correia. Um fator-chave para controlar a quantidade de pó que escapa do ponto de transferência é controlar o fluxo de ar que passa por esse ponto (**Figura 7.1**).

MOVIMENTO DO PÓ E DO AR

Para Controlar o Pó, Controle o Ar

À medida que materiais se movem pelo transportador e passam pelo ponto de transferência, eles carregam com eles um fluxo de ar. Com velocidade suficiente, esse fluxo de ar pode deslocar partículas finas do corpo do material e carregá-las juntamente com ele, ou espalhá-las para fora dos compartimentos do transportador.

As condições que determinam se resíduos se tornam carregáveis pelo ar são a velocidade, o tamanho das partículas e a coesão dos materiais a granel. Essas características contribuem para a quantidade de pó gerado, através da seguinte relação intuitiva e relativa: a quantidade de pó gerado é proporcional à velocidade do ar, dividida pelo tamanho das partículas e pela coesão do material (**Figura 7.2**). Onde é dado

um ou mais desses parâmetros, a habilidade de se controlar o pó depende da alteração de outra ou de ambas as características. Se a velocidade do ar aumenta, mas o tamanho das partículas e a coesão continuam constantes, então, o pó aumentará. Se a velocidade do ar permanece constante, e o tamanho das partículas ou a coesão aumenta, a quantidade de pó será reduzida. Se a velocidade permanece constante e o tamanho das partículas ou a coesão diminui, então a quantidade de pó aumentará.

Quando o tamanho das partículas sendo transportadas não pode ser alterado, a velocidade do ar ou a força de coesão das partículas deve ser alterada para minimizar as emissões de pó. (*Ver Capítulo 19: Supressão de Pó, para maiores informações sobre a alteração da força de coesão das partículas.*) O controle do movimento do ar para dentro e para fora do ponto de transferência de um transportador não reduzirá o pó criado dentro do ponto de transferência, porém, terá um efeito significativo na quantidade de pó carregado para fora do ponto. Limitar a pressão positiva gerada pelo ponto de transferência trará benefícios significativos para o controle de materiais fugitivos.

Movimento do Ar Através dos Pontos de Transferência

O volume de ar que se move através de um ponto de transferência está diretamente relacionado ao tamanho do compartimento do ponto, às aberturas existentes e à presença de outros equipamentos de processamento. O custo dos componentes de um sistema de controle de pó de um transportador é diretamente relacionado ao volume do ar puxado pelo sistema. Portanto, a compreensão e o controle do movimento do ar são fundamentais para controlar o pó de maneira eficiente e econômica, através do projeto do ponto de transferência.

Em um cenário ideal, uma pressão ligeiramente negativa é desejável, dentro do compartimento. Essa condição puxaria o ar para dentro do local de modo que partículas finas de pó carregado pelo ar ficassem presas na estrutura,

$$\text{Pó Gerado} \propto \frac{\text{Velocidade do Ar}}{\text{Tamanho da Partícula} \cdot \text{Coesão}}$$

Figura 7.2
Relações da criação do pó carregado pelo ar.

ao invés de serem carregadas para fora. Tipicamente, isso é difícil, se não for impossível de se alcançar de modo consistente, sem um sistema ativo de coleção de pó. O fluxo de ar, criado pelo equipamento acima do ponto de transferência, e o movimento dos materiais passando pelo ponto criam uma pressão positiva através do sistema, gerando um fluxo para fora do compartimento. Isso ocorre na maioria das zonas de carregamento, porque o impacto dos materiais na correia receptora impulsiona o ar com um movimento brusco. Quanto maior o impacto, mais forte é a corrente de ar gerada no local do impacto. Se essa pressão positiva não for controlada com controle de fluxo de materiais, liberação adequada de pressão ou sistemas coletores de pó, as partículas de pó serão carregadas para fora do ponto de transferência pelo fluxo de ar.

transferência pode ser calculado adicionando-se essas três variáveis (**Equação 7.1**).

Ar Deslocado

A primeira categoria é o ar deslocado. Uma simples explicação sobre o ar deslocado começa com uma xícara de café. Quando o café é servido em uma xícara, o ar do interior é deslocado pelo café. O mesmo efeito ocorre quando materiais entram no chute de carregamento: o ar que preenchia o chute é empurrado para fora, deslocado pelos materiais. A quantidade de ar deslocado do chute é igual ao volume dos materiais colocados lá. O movimento dos materiais pelo ponto de transferência sempre produzirá ar deslocado, que pode ser calculado pela quantidade de materiais transportados e pela densidade deles (**Equação 7.2**).

Ar Induzido

O ar induzido está presente nas zonas de carga dos transportadores sempre que materiais a granel estão em movimento, porque eles possuem certa quantidade de ar preso e carregam uma pequena quantidade de ar à medida que viajam pela correia. À medida que os materiais saem da polia dianteira em uma trajetória normal, o fluxo do material se expande, puxando ar para os novos vazios. Cada partícula de material dá energia para uma quantidade de ar, puxando ar com o fluxo do material. Quando o produto cai e comprime a pilha, o ar induzido é liberado, causando pressão positiva substancial para fora do centro da zona de carga. Se essa pressão positiva não for controlada com um projeto adequado para o

AR DESLOCADO, INDUZIDO E GERADO

Calculando o Fluxo de Ar

O fluxo de ar pode ser medido ou calculado. O método a seguir é teórico, porém viável. As condições de qualquer combinação específica de projeto do transportador e fluxo do material podem afetar os resultados de maneira significativa.

Há três fontes de movimento do ar que podem estar presentes no ponto de transferência ou em seu entorno: ar deslocado, ar induzido e ar gerado.

O fluxo de ar total em um ponto de

Equação 7.1
Cálculo do fluxo de ar total.

$Q_{tot} = Q_{dis} + Q_{ind} + Q_{gen}$			
Dados: Um ponto de transferência é conectado a um britador que gera 0,77 metros cúbicos (1.625 ft ³ /min) de ar por segundo. O ar deslocado é 0,06 metros cúbicos por segundo (133 ft ³ /min), e o ar induzido é 0,055 metros cúbicos por segundo (117 ft ³ /min) Encontre: O movimento de ar total.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
Q_{tot}	Fluxo de Ar Total	Metros cúbicos por segundo	Pés cúbicos por minuto
Q_{dis}	Ar Deslocado	0,06 m ³ /s	133 ft ³ /min
Q_{ind}	Ar Induzido	0,055 m ³ /s	117 ft ³ /min
Q_{gen}	Ar Gerado (Se houver)	0,77 m ³ /s	1.625 ft ³ /min
Métrico: $Q_{tot} = 0,06 + 0,055 + 0,77 = 0,885$			
Imperial: $Q_{tot} = 133 + 117 + 1625 = 1875$			
Q_{tot}	Fluxo de Ar Total	0,885 m ³ /s	1.875 ft ³ /min



ponto de transferência ou sistemas de liberação, as partículas finas de pó serão carregadas para fora do sistema pela corrente de ar.

Um exemplo de ar induzido seria quando se abre um chuveiro, e o seu fluxo de água se espalha. Essa água em movimento puxa consigo um volume de ar. Essa corrente de ar pode ser percebida pelo movimento da cortina do chuveiro em direção ao fluxo de água.

Os fatores que influenciam a quantidade de ar induzido em um ponto de transferência de um transportador incluem a quantidade de material, o tamanho das partículas do material transportado, a velocidade da correia, a altura de queda do material e o tamanho da abertura no chute dianteiro, que permite a entrada de ar no compartimento. O ar induzido pode ser calculado a partir desses fatores (**Equação 7.3**).

O fator mais controlável no controle do ar induzido é o tamanho da abertura no chute dianteiro (Au), através da qual ocorre a indução do ar. Quanto menor(es) a(s) abertura(s) para a entrada do ar no sistema, menor o valor de Au e menor o volume de ar que escapará ou que precisará ser exaurido. (Observação: Au é o tamanho da entrada da correia para o compartimento do chute dianteiro, e não o tamanho das portas da zona de carga ou da seção com rodapés do transportador receptor.)

Um método fácil e econômico de se reduzir a

quantidade de ar induzido é reduzir o tamanho de todas as aberturas do chute dianteiro. Isso incluiria a vedação de todas as aberturas por onde a correia entra e sai do chute dianteiro, assim como a vedação dos eixos das polias e a colocação de portas sobre os raspadores da correia e outras aberturas de inspeção.

Ar Gerado

Outras fontes de ar em movimento são os dispositivos que alimentam a zona de carga do transportador. Entre eles estão equipamentos como britadores, trituradores de madeira, moinhos de martelos ou qualquer dispositivo em movimento giratório que crie um efeito de ventilador, empurrando ar para dentro do ponto de transferência. Apesar de não estar presente em todos os pontos de transferência, esse fluxo de ar gerado pode ser o mais severo de todos os movimentos do ar.

Outros dispositivos que também devem ser considerados; se presentes, seriam canhões de ar, vibradores e mangueiras de ar comprimido, utilizados para promover fluxo de materiais. Esse tipo de movimento do ar pode ser medido usando medidores de velocidade e volume de ar, como tubos de Pitot e manômetros. Pode ser mais simples para o usuário final contatar o fabricante para obter os cálculos da saída de ar para os diversos equipamentos. Dependendo do britador, os fabricantes estimam o ar gerado para vários modelos (**Tabela 7.1**).

$Q_{dis} = \frac{k \cdot L}{\rho}$			
Dados: Um chute de transferência carrega 180 toneladas por hora (200 st/h) de material, com densidade de 800 Quilos por metro cúbico (50 lb _m /ft ³). Encontre: O ar deslocado.			
	Variáveis	Unidades Métricas	Unidades Imperiais
Q_{dis}	Ar Deslocado	Metros cúbicos por segundo	Pés cúbicos por minuto
L	Carga (quantidade de material transportado)	180 t/h	200 st/h
ρ	Densidade do Material	800 kg/m ³	50 lb _m /ft ³
k	Fator de Conversão	0,277	33,3
Métrico: $Q_{dis} = \frac{0,277 \cdot 180}{800} = 0,062$			
Imperial: $Q_{dis} = \frac{33,3 \cdot 200}{50} = 133$			
Q_{dis}	Ar Deslocado	0,062 m ³ /s	133 ft ³ /min

Equação 7.2
Cálculo do ar deslocado.

Considerando que o ar gerado pode representar uma quantidade significativa, essa variável deve ser obtida com o fabricante do equipamento, ou o fluxo pode ser calculado multiplicando a área de exaustão pela velocidade do ar, medida enquanto o equipamento estiver em operação.

material – incluindo o tamanho das partículas, a coesão do material e o conteúdo de umidade – em geral as partículas de pó têm uma velocidade de captação de 1,0 a 1,25 metros por segundo (200 a 250 ft./min). Isso significa que o ar em movimento sobre uma cama de material a essa velocidade pode captar o pó da superfície e carregá-lo.

VELOCIDADE E VOLUME DO AR

Velocidade do Ar

O ar flui de uma zona de alta pressão para outra de baixa, devido à diferença de pressão. Apesar de haver inúmeras variáveis que podem fazer com que o pó permaneça no fluxo do

Um bom parâmetro de desenho para o dimensionamento dos chutes de saída de zonas de carga é manter a velocidade do ar na área de saída abaixo de 1,0 metro por segundo (200 ft/min). Velocidades maiores podem permitir que a corrente de ar capte partículas do material e as mantenham em suspensão no ar, dificultando a contenção, coleta ou supressão.

Equação 7.3
Cálculo do ar
Induzido.

$$Q_{ind} = k \cdot A_u \cdot \sqrt[3]{\frac{RS^2}{D}}$$

Dados: Um chute de transferência carrega 180 toneladas por hora (200 st/h) e tem uma abertura final de 0,046 metros quadrados (0,5 ft²). O material com diâmetro médio de 0,075 metros (0,25 ft) cai 1,25 metros (4ft). Encontre: O ar induzido.

Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
Q_{ind}	Volume de Ar Induzido	Metros cúbicos por segundo	Pés cúbicos por minuto
A_u	Abertura do Chute Dianteiro	0,046 m ²	0,5 ft ²
R	Taxa de Fluxo do Material	180 t/h	200 st/h
S	Altura da Queda Livre do Material	1,25 m	4 ft
D	Diâmetro Médio do Material	0,075 m	0,25 ft
k	Fator de Conversão	0,078	10
<p>Métrico: $Q_{ind} = 0,078 \cdot 0,046 \cdot \sqrt[3]{\frac{180 \cdot 1,25^2}{0,075}} = 0,055$</p> <p>Imperial: $Q_{ind} = 10 \cdot 0,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{200 \cdot 4^2}{0,25}} = 117$</p>			
Q_{ind}	Volume de Ar Induzido	0,055 m ³ /s	117 ft ³ /min

Tabela 7.1

Nível Aproximado de Ar Gerado por Tipos Distintos de Britadores

Tipo de Britador	Alimentação do Britador por 300 milímetros (12 polegadas) Largura da Abertura	Descarga do Britador por 300 milímetros (12 polegadas) Largura da Abertura
Britador tipo Mandíbula	850 m ³ /h (500 ft ³ /min)	850 m ³ /h (500 ft ³ /min)
Britador Giratório	850 m ³ /h (500 ft ³ /min)	1.700 m ³ /h (1000 ft ³ /min)
Moinhos de Martelos e Impactadores	850 m ³ /h (500 ft ³ /min)	2.550 m ³ /h (1500 ft ³ /min)

Verificando a Velocidade e o Volume do Ar

A quantidade de ar fluindo pelo ponto de transferência a cada minuto pode ser calculada a partir de medições (**Equação 7.4**). Para calcular o volume do ar em movimento, multiplique a velocidade medida do ar saindo de cada abertura do ponto de transferência - incluindo a saída da correia, a caixa traseira, as laterais da correia, as captações de pó e outras aberturas - pela área de cada abertura. Esses fluxos de ar são, então, adicionados para se chegar ao fluxo de ar total. Essas medições devem ser realizadas com o ponto de transferência em operação. As medidas de velocidade do ar podem ser realizadas com um anemômetro manual relativamente barato; a área pode ser medida com uma fita métrica (**Figura 7.3**).

Considerando que fluxo de ar adicional através do compartimento do ponto de transferência pode ser produzido por britadores, peneiras vibratórias, alimentadores e outros equipamentos de processamento e manuseio, é necessário medir a velocidade do ar com esses dispositivos em operação também.

Esse cálculo de volume do ar deve ser comparado aos valores predeterminados de volume do ar (**Equação 7.1**). Se existir uma grande discrepância, o fluxo de ar calculado pelas medições de velocidade do ar (**Equação 7.4**) deve ser **sempre** utilizado.

CONTROLANDO O AR

Controlando o Movimento do Ar

Um sistema completo para controle de pó nos pontos de transferência de transportadores é baseado em quatro parâmetros de projeto:

A. Limitar a quantidade de ar entrando no chute e impedir que o ar entre no chute pela região da polia de descarga é possível sem alterações sofisticadas ou caras. Cortinas convencionais de borracha podem ser instaladas na entrada e na saída da correia, bem como outras aberturas, como em volta dos eixos das polias, podem ser vedadas. Talvez o procedimento mais fácil para limitar a entrada de ar nos pontos de descarga dos transportadores seja certificar-se de que todas as portas de inspeção estejam fechadas.

B. Limitar o espalhamento do material

À medida que o material passa pelo ponto de transferência, cada partícula ou pedaço do material age sobre o ar no compartimento, carregando consigo um pouco dele. Manter os materiais em um fluxo coeso, à



Figura 7.3
Medições de ar podem ser realizadas com um anemômetro manual, relativamente barato, e uma régua.

$Q_{tot} = A \cdot V$			
Dados: A velocidade do ar saindo de um ponto de transferência é medida em 4,3 m/s (850 ft./min). O compartimento do ponto de transferência tem uma área transversal total de 0,19 (2 ft²). Encontre: O fluxo de ar total.			
	Variables	Metric Units	Imperial Units
Q_{tot}	Movimento de Ar Total	Metros cúbicos por segundo	Pés cúbicos por minuto
A	Área Transversal do Chute do Ponto de Transferência	0,19 m²	2 ft²
V	Velocidade do Ar	4,3 m/s	850 ft/min
Métrico: $Q_{tot} = 0,19 \cdot 4,3 = 0,81$			
Imperial: $Q_{tot} = 2 \cdot 850 = 1700$			
Q_{tot}	Movimento de Ar Total	0,81 m³/s	1.700 ft³/min

Equação 7.4
Cálculo da quantidade de ar.

medida que eles saem da polia dianteira e se movem pelo ponto de transferência, pode ser feito com defletores ou com o sistema Martin® IFT* projetados. Um defletor pode criar problemas com o fluxo do material, enquanto que o Martin® IFT tem menor probabilidade de criar problemas de fluxo. Quanto maior a quantidade de material e a velocidade do movimento, maior é a necessidade de um chute projetado. (Ver Capítulo 22: Chutes de Fluxo Projetados.)

C. Limitação da altura de queda do material.

Em uma descarga de um transportador convencional, os materiais caem em queda livre. Isso dispersa os materiais, aumentando o fluxo e a probabilidade de ele carregar mais ar consigo, já que o ar preenche os espaços criados entre os materiais espalhados. Quando os materiais caem na correia, o ar preso é empurrado para fora da pilha, criando pressão positiva. Quanto mais longe o material cair, maior a força da queda; portanto, maior será a quantidade de pó levantado.

Pressão do ar para fora. A limitação da altura de queda controla esse problema. Isso geralmente envolve a aproximação dos transportadores. Trata-se de um processo incrivelmente complicado de se implementar uma vez que um transportador está instalado; no entanto, é relativamente fácil minimizar a altura da queda na fase de projeto do sistema.

D. Limitação da velocidade do ar dentro do compartimento para um valor abaixo da velocidade de captação das partículas de pó.

Os compartimentos convencionais de transportadores se comportam como grandes dutos movendo ar. Assim, a área transversal do duto, formada pelo chute do transportador e a calha-guia, pode ser aumentada ou diminuída para alterar a velocidade do ar fluindo pelo compartimento. (Ver Capítulo 11: Calhas-Guia, especialmente Tópicos Avançados, para amostras de problemas para determinar a velocidade.)

Conceito Martin® IFT

Impedir que os materiais se espalhem quando saem da polia de descarga reduzirá significativamente a quantidade de ar puxado como ar induzido. Chutes com desenho de curva superior e curva inferior para confinar o fluxo de materiais em movimento reduzem o fluxo de ar (Figura 7.4). A curva superior minimiza a expansão do corpo do material, guiando o fluxo para baixo. A curva inferior faz uma curvatura no chute, que oferece uma linha descendente suave, para que os materiais deslizem para o receptáculo, seja um silo, seja a zona de carga de outro transportador. A curva inferior “alimenta” os materiais de maneira igualitária e consistente, controlando velocidade, direção e nível de impacto dos materiais na zona de carga. Paradoxalmente, o projeto do Martin® IFT depende da gravidade e da fricção para manter a velocidade de fluxo do material através do chute. Em algumas instalações, pode não haver altura suficiente de queda para utilizar essa técnica de controle de pó.

Reduzindo a velocidade e a força de impacto do material na zona de carga, para aproximá-la da velocidade e direção da correia, esse sistema reduz o impacto do material ao bater no transportador receptor.

Consequentemente, há menos pó e ar em alta velocidade escapando. Depositando os materiais suavemente sobre a correia, há menos distúrbio ou turbulência deles na correia. Há também menos impacto na zona de carga, reduzindo a possibilidade de danos à correia. Devido à mínima turbulência dos materiais e às menores forças laterais, a área com calhas-guia pode ser mais curta e mais eficientemente vedada.



*O Conceito Martin® IFT - “Curva Superior” e “Curva Inferior”

O Conceito Martin® IFT, sigla em inglês para Tecnologia de Controle Passivo de Fluxo, se baseia no fluxo harmonioso do material através dos pontos de transferência; buscando redução de material fugitivo através da diminuição do ar induzido e eliminação das bruscas mudanças da velocidade do material dentro do chute.

Figura 7.4

Confinando o fluxo de material, um chute com “curva superior e curva inferior” minimiza o ar preso no material, reduzindo o pó carregado pelo ar.

A gravidade e o fluxo de materiais tenderão a impedir que materiais se acumulem nas curvas superior e inferior, bloqueando o chute. Às vezes, não há espaço suficiente para incluir ambas as curvas no projeto. Em alguns casos, com materiais em fluxo livre, somente a curva inferior é utilizada para alterar a direção do fluxo, minimizando a abrasão da correia e a pressão lateral nas saias. As “curvas inferiores” têm a tendência de retrocederem ou se nivelarem com a correia, se as características dos materiais a granel forem variáveis. Alguma compensação pode ser projetada, em termos da variabilidade dos materiais.

O maior obstáculo para a utilização do conceito Martin® IFT é o preço desses componentes desenhados sob medida. Mesmo assim, em locais onde eles podem ser aplicados e mantidos, uma análise completa de custos indicará benefícios significativos em termos de economia, através da redução de pó, derramamentos e desgaste da correia.

Esse sistema de “curvas superior e inferior” funciona melhor quando o fluxo de material é mantido o mais contínuo possível. O desenho minimiza a quantidade de expansão lateral do material, para reduzir o ar induzido e oferecer um fluxo consistente. À medida que o material cai, o aumento da velocidade, induzido pela gravidade, permite a redução gradual da área transversal do chute, sem o aumento do risco de bloqueios dele. As variações na taxa de carregamento dos materiais na correia podem conflitar com o projeto ideal do conceito Martin® IFT, portanto, pode ser necessário encontrar um meio termo para o desenho do chute.

Os desenhos das “curvas superior e inferior” estão normalmente presentes em chutes de fluxo projetados, desenvolvidos utilizando as propriedades dos materiais e a mecânica do contínuo, verificados pelo método de Modelagem Discreta de Elementos (do inglês *Discrete Element Modeling* - DEM). O sucesso desse sistema pode eliminar a necessidade de sistemas coletores de pó do tipo câmara de sacos de filtragem em algumas operações. (Ver Capítulo 22: *Chutes de Fluxo Projetados*.)

Zonas de Acomodação

Zona de acomodação é o nome dado à área coberta das calhas-guia incluindo, se necessário, um compartimento fechado na zona de carga, após a colocação do produto na correia. A zona de acomodação é normalmente uma porção alongada da área coberta das calhas-guia do ponto de transferência (**Figura 7.5**). Esse volume extra desacelera o ar e permite que a maior parte do pó se assente e que o ar saia mais limpo.

O tamanho de uma zona de acomodação deve ser determinado por seis fatores: largura e velocidade da correia, largura do chute, quantidade de fluxo de ar, profundidade da cama do material, e diâmetro do maior pedaço de material que pode passar pela zona de acomodação. À medida que um ou mais desses fatores aumenta, o tamanho da zona de acomodação também precisa ser aumentado. Os cálculos para determinar o tamanho de uma zona de acomodação referem-se somente ao espaço ocupado pelo ar – a área acima da carga. Ao calcular a área transversal da saída do chute, subtraia a área ocupada pela massa de material para encontrar a área da zona de acomodação (Ver Capítulo 11: *Calhas-guias para amostras de problemas relacionados ao cálculo do tamanho apropriado de uma área com calha-guia, incluindo a zona de acomodação.*)

Além de aumentar o tamanho da zona de acomodação, outra forma de desacelerar o ar é a instalação de cortinas de borracha como defletores. (Ver Capítulo 18: *Controle Passivo de Pó para maiores informações sobre cortinas de pó.*)



Figura 7.5

A zona de acomodação é normalmente uma porção alongada da área coberta das calhas-guias no ponto de transferência, a qual desacelera o ar e permite que o material se assente e que o ar mais limpo saia.

MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Para alcançar o controle efetivo do ar dentro (e saindo) do ponto de transferência, é importante que os buracos sejam fechados, sejam eles aberturas causadas por ferrugem, seja desgaste ou uma porta aberta. A manutenção dos componentes, como os placas de desgaste e os defletores, dentro do ponto de transferência, é essencial para minimizar a interrupção do fluxo do material e do ar.

Devido à necessidade de se controlar o movimento do ar – e o pó resultante – para a manutenção de um local de trabalho limpo, seguro e produtivo, muitas empresas terceirizam mão de obra especializada em sistemas de controle passivo e ativo de pó.

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

Foram desenvolvidas especificações típicas para o projeto da área de carregamento de um ponto de transferência (incluindo vedação traseira, calha-guia, e zona de acomodação) para torná-la apropriada ao controle de derramamento e movimento do ar. (*Ver Capítulo 6: Antes da Zona de Carga e Capítulo 11: Calhas-guia.*)

TÓPICOS AVANÇADOS

Alterando a Área de Abertura do Chute Dianteiro e a Altura de Queda para Minimizar o Ar Induzido

O volume de ar induzido (Q_{ind}) é uma função da área de abertura (A_u), taxa de fluxo (R), altura da queda (S) e diâmetro médio do material (D) (**Equação 7.3**). A área de abertura e a altura da queda são as únicas coisas que podem ser alteradas de maneira realista. Essas duas variáveis têm distintos impactos matemáticos sobre o ar induzido. Uma redução da área de abertura de 5% renderia uma redução de 4,27% no ar induzido. Entretanto, uma redução da altura de queda de 5% renderia apenas 3,42% de redução do ar induzido. O custo de redução da área de abertura é normalmente muito menor do que o de redução da altura de queda. O custo mais baixo, aliado ao melhor efeito, torna uma prioridade a redução da área de abertura para limitar o fluxo de ar em uma correia transportadora.

Deve-se observar que, se a área de abertura e a altura de queda são reduzidas em 5%, o ar induzido é reduzido em 6,84%.

Restringindo o Movimento do Ar na Entrada do Chute Dianteiro

Além das técnicas já mencionadas, outro método empregado para minimizar o ar induzido é cobrir a porção do transportador anterior ao compartimento, vários centímetros antes de sua entrada no chute dianteiro. Isso aumenta a resistência do ar entrando na abertura, reduzindo o fluxo de ar.

Uma técnica de redução da indução do ar na entrada da correia é a instalação de um pedaço de correia velho como uma cortina entre o lado de carga e o de retorno (**Figura 7.6**). Instalada transversalmente de uma parede do chute à outra, essa cortina funciona como uma parede, fechando o ponto de descarga e reduzindo o movimento do ar.

Figura 7.6

A instalação de um pedaço de correia velho como uma cortina entre o lado de carga e o de retorno pode reduzir a indução de ar na entrada da correia.





QUESTÃO DE SEGURANÇA

É importante seguir as regras de segurança estabelecidas em relação ao equipamento de proteção individual (EPI), entrada em espaços fechados e exposição ao pó criado pelo manuseio de materiais a granel no local de trabalho.

Em aplicações onde existe o perigo de explosão ou incêndios, os procedimentos estabelecidos para minimizar o risco devem ser seguidos à risca.

CONTROLE DO AR E CONTROLE DO PÓ

Finalizando...

O pó é carregado para fora de um ponto de transferência pela corrente de ar criada pela passagem de materiais a granel pelo ponto de transferência (**Figura 7.7**). Apesar de haver pó criado sem correntes de ar, sua fuga pode ser minimizada através da eliminação da corrente de ar. Quanto mais controle do movimento do ar existir em um ponto de transferência (ou em toda a operação), mais controle haverá sobre a fuga de pó carregado pelo ar.

A Seguir...

Este capítulo, Controle do Ar, é o segundo capítulo da seção Carregando a Correia, seguindo os assuntos de polias traseiras e áreas de transição Antes da Zona de Carga. Os próximos dois capítulos continuam a discussão desta seção acerca da redução do derramamento e do pó através do foco no controle do material: o Capítulo 8 analisa os Chutes de Transferência Convencionais, e o Capítulo 9 examina os Auxílios de Fluxo.



Figura 7.7

O pó é carregado para fora de um ponto de transferência pela corrente de ar criada pela passagem de materiais a granel pelo ponto de transferência.

REFERÊNCIAS

- 7.1 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*. Naples, Florida.
- 7.2 Qualquer fabricante e a maioria dos distribuidores de produtos de transportadores podem fornecer uma variedade de materiais sobre a construção e o uso de seus produtos específicos.

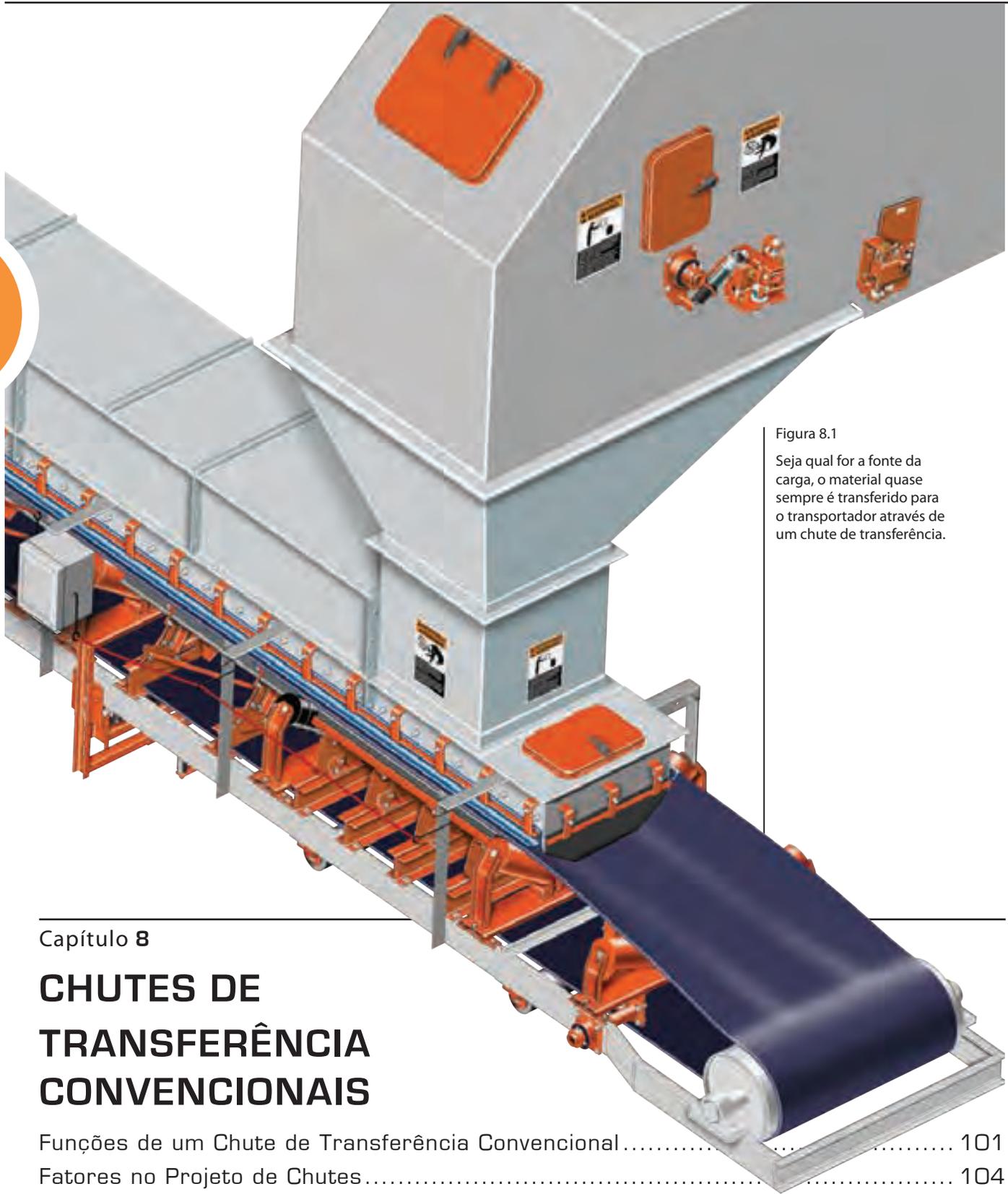


Figura 8.1
Seja qual for a fonte da carga, o material quase sempre é transferido para o transportador através de um chute de transferência.

Capítulo 8

CHUTES DE TRANSFERÊNCIA CONVENCIONAIS

Funções de um Chute de Transferência Convencional	101
Fatores no Projeto de Chutes	104
Especificações Mais Utilizadas	112
Tópicos Avançados	113
Questão de Segurança	113
O Trabalho do Chute	114

Neste Capítulo...

Neste capítulo, nós enfocaremos os chutes de transferência convencionais, sua função, seu desenho e suas especificações. Discutiremos uma variedade de métodos que podem ser utilizados para gerenciar de maneira segura o fluxo de materiais, reduzir o desgaste e controlar o fluxo de ar para minimizar o pó e o derramamento e preservar a vida do chute. Uma equação para cálculo do ângulo de inclinação também está incluída.

Um transportador recebe sua carga de outros transportadores, contêineres de armazenamento, alimentadores, equipamentos móveis, vagões ou outros sistemas de manuseio de materiais. Apesar de as fontes serem variáveis, os materiais são quase sempre transferidos para o transportador receptor através de um dispositivo chamado chute de transferência (**Figura 8.1**). Este capítulo trata de projeto dos chutes de transferência convencionais

Devido ao fato de cada material e cada aplicação terem suas próprias características, um chute de transferência eficaz deve ser mais do que um vaso oco pelo qual o material é canalizado. Um chute bem desenhado controlará o caminho do fluxo de material, impedirá bloqueios e minimizará o derramamento e o pó, conseqüentemente, reduzindo os custos de manutenção da fábrica. O projetista de um chute eficaz deve levar em consideração não somente as características do material a granel, as quais podem variar ao longo do tempo, mas também a interação do material com as várias partes do sistema.

FUNÇÕES DE UM CHUTE DE TRANSFERÊNCIA CONVENCIONAL

Um chute de transferência convencional cumpre seus propósitos quando alcança os seguintes objetivos (**Figura 8.2**):

- A. Realiza a transferência do material a granel na taxa especificada e sem entupimentos.
- B. Protege os funcionários de ferimentos.
- C. Minimiza a fuga de materiais.
- D. Devolve o material “raspado” para o fluxo principal.
- E. Facilita a manutenção.

Considerando que os transportadores são parte de sistemas complexos, é necessário encontrar o meio termo durante o projeto. Conseqüentemente, esses objetivos não são exigências absolutas, mas sim metas para o desenho de um chute de transferência eficaz.

Há muitos princípios básicos para o projeto de um chute de transferência convencional baseado na experiência e em princípios de engenharia. Às vezes, essas regras se sobrepõem ou conflitam. O desenho de um chute é a combinação de ciência e arte, portanto, é sempre aconselhável consultar um engenheiro de transportadores com experiência em projetos de sistemas para aplicações em manuseio de material a granel. (*Ver Capítulo 22: Chutes de Fluxo Projetados, para uma discussão sobre desenhos avançados de chutes.*)

Transferindo o Material

A função primária de um chute de transferência é transferir de maneira confiável o material a granel em uma taxa de fluxo especificada. Se o material não fluir pelo chute de maneira confiável, é irrelevante o cumprimento de qualquer outro objetivo.

Os materiais a granel devem fluir pelo chute de transferência de maneira igualitária e consistente. Um chute de transferência que coloque picos de material no transportador representa uma série de problemas para o sistema. Depósitos pesados e periódicos de material sobre a correia podem causar mudança do centro de gravidade e desalinhamento da correia. Picos de carga também têm o potencial de causar solicitações internas nos componentes do sistema transportador, particularmente no motor de transmissão ou no sistema de suporte da correia, podendo levar a problemas de entupimento se a área transversal do chute for pequena demais.



Figura 8.2

Um chute de transferência convencional bem desenhado transfere o material na taxa especificada sem entupimentos, minimizando o risco para os funcionários, e evitando a fuga de material.

Novos métodos, como a Modelagem Discreta de Elementos (DEM) computadorizada, são disponibilizados para assegurar o fluxo confiável do material. A vasta maioria dos chutes convencionais ainda é desenhada com base em princípios básicos.

Protegendo os Funcionários

Apesar de transferências abertas serem comuns em algumas indústrias, como a de agregados e a da mineração subterrânea, a tendência para o projeto de chutes convencionais é cercar o ponto de transferência o máximo possível em relação à polia de descarga até certa distância ao longo do transportador receptor. Cercar o ponto de transferência é uma forma efetiva de conter o material a granel, reduzir a fuga do material, limitar o barulho e impedir a exposição dos funcionários aos vários pontos de captura do transportador.

Minimizando a Fuga de Materiais

O tamanho do cercado é normalmente baseado no espaço disponível, o que pode levar a um projeto aquém do desejável. O chute de transferência deve ser grande o suficiente para permitir qualquer serviço de manutenção. Ele também deve ser grande o suficiente para reduzir as emissões de pó, permitindo volume suficiente para reduzir a pressão positiva e a

velocidade do fluxo de ar pela transferência.

Há uma variedade de elementos de desenho interrelacionados que afeta a criação de materiais fugitivos na forma de pó e derramamento. Um fator-chave na redução da fuga do material é a colocação da carga no centro da correia.

O carregamento descentralizado – predominantemente em um lado da correia – é um problema em muitos pontos de transferência e contribui para a geração de material fugitivo (**Figura 8.3**). O problema é mais comum em pontos de transferência não lineares, onde a direção de movimentação do material é alterada. Carregamento descentralizado também pode ser encontrado em pontos de transferência lineares, quando o material se acumula no chute de transferência ou quando mudanças nas características do material (como umidade, tamanho das partículas ou velocidade) alteraram a trajetória do material, resultando em acúmulo maior em um lado da correia receptora. Esse deslocamento causa problemas de alinhamento e pode resultar em derramamento pelas extremidades fora do ponto de transferência (**Figura 8.4**).

Apesar de o ideal ser desenhar um chute de transferência que impeça problemas associados com o carregamento descentralizado, há soluções que podem ser implementadas na zona de carga para compensar essa situação. Roletes e outros sistemas de alinhamento são limitados em sua habilidade de contrariar os efeitos do carregamento descentralizado. A instalação de medidas corretivas, como defletores ou auxiliadores de fluxo dentro da zona de carga, em combinação com sistemas de alinhamento da correia, oferecem uma abordagem mais eficaz. (*Ver Capítulo 16: Alinhamento das Correias para maiores informações.*)

Vários acessórios – como defletores, alinhadores, conformadores, telas, barras ou caixas de pedras – podem ser instalados dentro de um chute de transferência para ajudar a direcionar o fluxo do material e fornecer um padrão de carga equilibrado; eles serão discutidos mais à frente neste capítulo. A geometria das portas de carga ou do chute deve ser calculada durante a fase de desenho, baseada no padrão esperado de fluxo de

Figura 8.3

O carregamento descentralizado é um problema em muitos pontos de transferência e contribui para a geração de materiais fugitivos



Figura 8.4

O carregamento descentralizado resulta no empilhamento mais profundo em um lado da correia receptora, levando, por sua vez, a problemas de alinhamento e derramamento de material.



material, para promover a centralização da carga.

Devolvendo o Material de Retorno para o Fluxo do Material

Raspadores de correia são instalados na polia de descarga para remover material que fica aderido à correia além do ponto de descarga.

O material removido pelos raspadores deve ser retornado ao fluxo principal do material para que não fique acumulado nas paredes do chute dianteiro ou em outros componentes. Conseqüentemente, uma grande calha de detritos, que cerca o sistema de limpeza da correia com paredes íngremes, normalmente é necessária para acomodar ou remover o material e direcioná-lo de volta ao fluxo principal. O material residual tem alta capacidade de adesão, portanto, sempre que possível, a calha de detritos deve ter paredes quase verticais.

Para se alcançar essa meta de desenho, pode ser necessário o uso de chutes muito grandes, alinhadores de baixa fricção, e/ou dispositivos auxiliares, como drible chute, canhões de ar e transportadores tipo *scavenger*. (Ver Capítulo 14: *Limpeza da Correia*.)

Ao desenhar um ponto de transferência, deve-se lembrar de que o ângulo mais raso é o ângulo de inclinação entre as paredes do chute (**Figura 8.5**). Quanto mais íngremes os ângulos de inclinação precisarem ser para minimizar a aderência de material residual, mais íngremes devem ser os ângulos das paredes. Para se alcançar um dado ângulo de inclinação, são necessárias paredes ainda mais íngremes. Sempre que possível, os cantos devem ser arredondados para reduzir a possibilidade de acúmulos de resíduos.

Permitindo Serviços de Manutenção

Desenhar o chute de transferência de modo que os componentes sejam facilmente acessados é essencial para uma manutenção eficaz. Normalmente, basta desenhar a estrutura de modo que ela acomode a melhor localização dos componentes ou ofereça meios para levantar partes pesadas das paredes do chute ou outros componentes a serem verificados. Muitos fornecedores oferecem arranjos que facilitam a manutenção dos seus componentes,

no entanto, eles acabam sendo inutilizados pelo desenho da estrutura ou pela instalação de encanamentos, conduites ou outros componentes (**Figura 8.6**).

A simples provisão de espaço suficiente para o acesso e a colocação de plataformas de trabalho em alturas convenientes para o serviço já é grande avanço em termos de criar um chute de fácil manutenção. A *Sexta Edição de Transportadores de Correia para Materiais a Granel*, da Associação dos Fabricantes de Equipamentos para Transportadores (CEMA), traz os esclarecimentos recomendados acerca de chutes. (Ver também Capítulo 26: *Acessibilidade do Transportador de Correia*.)

Normalmente é necessária a instalação de andaimes ou plataformas de trabalho dentro dos chutes de transferência para a manutenção. Não é incomum que a montagem e desmontagem do andaime leve mais tempo do que a tarefa de manutenção. A instalação de suportes para a acomodação de plataformas

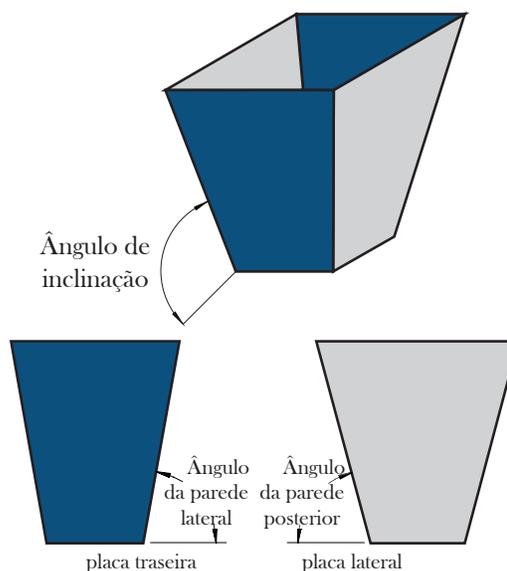


Figura 8.5

No desenho do ponto de transferência, o ângulo mais raso é o ângulo de inclinação entre duas paredes do chute.



Figura 8.6

Um transportador pode ter suas características de fácil manutenção anuladas pela instalação de encanamentos, conduites e outros componentes.

de trabalho dentro do chute (fora do fluxo do material) é uma prática eficaz e que economiza uma quantidade considerável de tempo.

Projetar um chute de transferência, de modo que a manutenção de componentes essenciais possa ser realizada sem a entrada em espaços confinados ou sem a necessidade de permissões para trabalhos em áreas de risco, melhorará a produtividade da manutenção.

Um chute de transferência que seja de fácil manutenção e limpeza é aquele mantido e limpo, levando ao aumento da produção e à redução do tempo ocioso. (Ver Capítulo 26: *Acessibilidade do Transportador da Correia* e Capítulo 28: *Manutenção, para maiores informações.*)

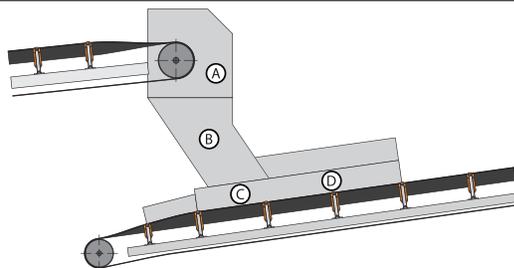
FATORES NO PROJETO DE CHUTES

Projeto de um Chute de Transferência Convencional

O desenho de um chute de transferência convencional normalmente é feito por um projetista experiente ou por um engenheiro de manuseio de materiais a granel, utilizando princípios básicos praticados pela indústria. Muitas empresas de engenharia estabelecem suas próprias regras de desenho; muitas delas desenvolveram abordagens consistentes para o desenho de chutes, de modo a resolver problemas específicos de suas necessidades. Apesar de essas várias regras variarem, há um acordo geral, ao menos quanto à ordem de magnitude, para muitas das exigências de desenho para um chute convencional. As diretrizes para o desenho de chutes de transferência convencionais foram publicadas em várias referências. A seguir, trazemos um breve resumo de algumas das mais comuns regras e abordagens.

Um chute de transferência convencional normalmente consiste das seguintes partes básicas (**Figura 8.7**):

Figura 8.7
Um chute de transferência convencional normalmente consiste nas seguintes partes básicas: A) Chute Dianteiro; B) Chute de Queda; C) Chute de Carga; e D) Zona de Acomodação.



A. Chute Dianteiro.

Área ao redor da polia dianteira do transportador alimentador.

B. Chute de Queda.

Área onde o material se encontra em queda livre.

C. Chute de Carga.

Área onde o material entra em contato com a correia receptora (também chamada de zona de carga).

D. Zona de Acomodação.

Apesar de tecnicamente não ser parte do chute de transferência, é uma extensão dele para acomodar o pó carregado pelo ar.

Parâmetros de Sistema

A seguir estão os parâmetros mínimos que um projetista deve ter antes de desenhar um chute de transferência entre transportadores de correia:

- Taxa de capacidade – toneladas por hora (st/h).
- Variações climáticas nos ambientes de operação.
- Densidade do material como transportado – quilogramas por metro cúbico (lbm/ft³).
- Densidade do material solto – quilogramas por metro cúbico (lbm/ft³).
- Classificação do material a granel – distribuição de tamanho, características do material, e quaisquer condições especiais.
- Largura, velocidade e ângulos de concavidade da zona de descarga e correia receptora.
- Área transversal da carga sobre a correia – metros quadrados (ft²).
- Fluxograma do processo mostrando a sequência dos transportadores.
- Projeto geral do arranjo mostrando a vista plana e em elevação, dimensões críticas, e a relação de plano entre o transportador de descarga e o receptor.

Muitas vezes, a capacidade listada dos transportadores é subtaxada em 10 a 20% da sua real capacidade projetada, por várias razões. Subtaxar a capacidade permite picos de carga, reduz o derramamento e oferece um fator de segurança no cumprimento da taxa

de transferência. Ao dimensionar chutes de transferência, a carga total e a área transversal do transportador devem ser usadas.

O ângulo de repouso do material normalmente é usado no desenho de chutes de queda convencionais para representar o ângulo de fricção interna e os valores de fricção de interface do material a granel. O ângulo de repouso também é usado para restabelecer a inclinação mínima das paredes do chute dentro da calha-guia. Além disso, o ângulo de repouso é usado frequentemente para calcular o peso do material em uma correia que precisa ser iniciada com uma tremonha cheia acima dela. Apesar de amplamente usado para esses propósitos, o uso do ângulo de repouso para esses cálculos não é satisfatório, porque ele não representa a habilidade do material de aderir em si mesmo ou nas paredes do chute.

Um procedimento melhor seria testar as propriedades do material à medida que é transportado pelo sistema. Esse teste estabelece o alcance das propriedades do material que o chute de queda deve acomodar. Ele também ajudará a eliminar os erros mais comuns cometidos no desenho de chutes: os palpites sobre o tamanho máximo dos pedaços e as diferenças entre a densidade do material como transportado e solto. (*Ver Capítulo 25: Ciência dos Materiais, para informações adicionais sobre propriedades e testes dos materiais.*)

Trajetória do Material

O caminho que o material a granel toma à medida que é descarregado do transportador alimentador, é chamado de trajetória, a qual é afetada pela velocidade da correia, pelo ângulo de inclinação da correia alimentadora e pelo perfil do material sobre a correia. No desenho de chutes de transferência convencionais, a trajetória é traçada e usada como ponto de partida para se estimar onde o fluxo de material irá impactar primeiro a parede do chute dianteiro. A partir daí, presume-se que o fluxo do material refletirá na parede do chute como um raio de luz sendo curvado com uma série de espelhos. A *Sexta Edição de Transportadores de Correia para Materiais a Granel* da CEMA oferece uma discussão detalhada sobre como calcular e traçar a trajetória do material.

Os erros mais comuns cometidos nessa fase do desenho são o desenvolvimento incorreto da trajetória inicial do material e a falha em

considerar os efeitos da fricção, ao traçar as reflexões subsequentes do fluxo do material nas paredes do chute de transferência.

O pensamento atual acerca do desenho do chute de transferência é controlar o fluxo do material a granel e não permitir que ele caia em queda livre de uma correia para outra. Com essa abordagem controlada, o projetista pressupõe que a área transversal do material não irá se espalhar significativamente. As alturas de queda são minimizadas para auxiliar na redução da degradação do material, da criação de pó e do desgaste na correia receptora.

Essa abordagem exige algum conhecimento acerca dos valores de fricção entre o material a granel e o material que compõe o chute de transferência. O método DEM é usado no desenho de chutes convencionais como um auxílio para a avaliação do projetista dos efeitos da mudança de propriedades, como o coeficiente de fricção. Há vários pacotes de *software* de DEM no mercado desenvolvidos para esse propósito.

Distância, Ângulo e Sobreposição entre Transportadores

Em um cenário ideal, todas as transferências entre correias seriam lineares: ambas as correias se movimentariam na mesma direção (**Figura 8.8**). Esse tipo de transferência permite sobreposição suficiente das correias para evitar o carregamento na área de transição da correia receptora, onde a correia passa de plana, na polia traseira, para seu ângulo total de concavidade. Transferências como essa facilitam a colocação do material na correia receptora com a carga se movendo em sua direção, portanto, reduzindo o desgaste desnecessário e o derramamento. Transferências lineares são frequentemente incorporadas em sistemas para reduzir o comprimento do transportador, quando a energia de transmissão ou a tensão disponível é insuficiente para uma única correia, para prolongar o comprimento do sistema transportador ou para acomodar mecanismos de mistura, britagem ou separação do material.

Mais comum, uma mudança na direção do fluxo de material é necessária quando um transportador carrega outro (**Figura 8.9**). Uma transferência não linear pode ser necessária para acomodar mudanças na direção do fluxo do material e para permitir seu desvio para empilhamento ou para separação.

Os problemas associados aos pontos de transferência não lineares incluem: dificuldade em manter a velocidade, trajetória e ângulo apropriados do material; problemas para controlar o pó e o derramamento; e problemas de aumento do desgaste (e o consequente aumento do custo de reposição) dos componentes do ponto de transferência.

Figura 8.8

Com transferências lineares de transportadores, ambas as correias correm na mesma direção.



Figura 8.9

Uma transferência não linear pode ser necessária para acomodar mudanças na direção do fluxo de material, exigidas por restrições locais ou para permitir a separação ou o empilhamento do material.



Figura 8.10

O carregamento descentralizado pode empurrar a correia para fora da calha-guia, fazendo com que a faixa de vedação se desloque para baixo, onde a correia se movimentar contra a vedação.



Se o material for carregado em uma direção não em linha com o movimento da correia receptora, padrões de desgaste podem se tornar visíveis no interior do chute dianteiro (de descarga). Esses padrões irão corresponder ao caminho que o material toma ao quicar para fora do chute, à medida que ele tenta manter a direção e a velocidade da correia em movimento. Apesar de a turbulência não ser visível quando a carga sai da área coberta, o movimento de ricocheteamento do material dentro do chute de transferência acelera o desgaste dos alinhadores, da calha-guia e dos sistemas de vedação. A força do material sendo carregado pode desalinhar a correia e empurrá-la para fora da vedação de um lado, fazendo com que a faixa de vedação se desloque para baixo, impedindo que a correia retorne para sua posição centralizada. A correia tentará retornar ao seu centro, quando o carregamento do material mudar, forçando o contato da correia com a faixa de vedação, cortando a correia, resultando em oportunidades significativas de derramamento (**Figura 8.10**).

Felizmente, várias estratégias e muitos componentes podem ser empregados para guiar o fluxo de material na direção desejada e carregá-lo no centro da correia receptora.

Os erros mais comuns cometidos no desenho do chute de transferência incluem a sobreposição insuficiente dos transportadores. Isso leva ao carregamento na zona de transição e não permite espaço suficiente para a instalação de raspadores.

Sem a devida atenção ao desenho apropriado do transportador, incluindo sobreposição suficiente, a operação é comprometida com um sistema que entope frequentemente, gera muito material fugitivo e cria problemas de desgaste em excesso. O carregamento na área de transição da correia receptora é realizado com o intuito de reduzir custos, economizando alguns metros do comprimento do transportador. É reconhecido que essa prática cria vários problemas no carregamento, na vedação e no desgaste da correia e deve ser evitada.

Deve-se observar que para reduzir as exigências de absorção de carga e a criação de pó em uma transferência de um sistema de transportador, a altura de queda deve ser mantida no mínimo; entretanto, os projetos de dos sistemas Martin® IFT utilizam a gravidade

para manter a velocidade de fluxo do material (**Figura 8.11**) e normalmente exigem alturas maiores de queda para serem implementados. Curvas inferiores projetadas oferecem muitos benefícios e devem ser consideradas como parte do desenho original ou como parte das exigências para melhorias futuras. (*Ver Capítulo 22: Chutes de Fluxo Projetados.*)

Considerações Sobre o Projeto do Chute de Transferência

O volume do chute dianteiro ao redor da polia de descarga normalmente é ditado pelo arranjo geral dos transportadores, pelas exigências de acesso para manutenção e pela trajetória inicial do material.

O diâmetro da polia dianteira e a largura da face ajudam a determinar a largura e altura do chute dianteiro. O espaço entre a parede do chute e a beira da polia deve ser pequeno o suficiente para impedir a passagem de pedaços grandes do lado do carregamento para o lado de retorno, de modo que não fiquem presos entre a polia e a parede do chute. O espaço típico é de 50 a 75 milímetros (2 a 3 polegadas) em cada lado. A manutenção da polia e do seu revestimento, assim como o acesso às buchas do eixo, deve ser considerada ao se tomar essa decisão.

O chute dianteiro deve começar no último rolete de transição da correia alimentadora, para ajudar a conter o material fugitivo que pode cair da correia quando ela passa de côncava a plana na polia dianteira. A área de entrada do chute dianteiro deve ser controlada com cortinas para pó, no lado da carga, e com barreiras de vedação, no lado de retorno, porque essas áreas são fatores-chave para o controle da quantidade de ar fluindo pelo chute de transferência (**Figura 8.12**).

Uma vez que a direção de fluxo do material tenha sido alterada pelo primeiro contato com o chute dianteiro, o material normalmente é canalizado pelos chutes de queda (ou transição). Esses chutes de queda podem ser prolongados com chutes em forma de dutos que coloquem o fluxo de material em devido alinhamento com a correia receptora. Todos esses chutes de queda devem ser íngremes o suficiente para impedir que o material fique aderido às paredes; eles também devem ser grandes o suficiente para impedir o entupimento.

É comumente aceito que a área transversal de um chute de queda seja no mínimo quatro vezes a área transversal do perfil do material. Também é comumente aceito que as dimensões mínimas de largura e/ou profundidade sejam pelo menor 2,5 vezes o tamanho do maior pedaço que passar pelo chute. Muitos projetistas aumentam essas proporções com base em sua experiência com materiais específicos. Em alguns casos, onde o material é de tamanho uniforme e em fluxo livre, essas proporções podem ser reduzidas, especificamente quando o chute é projetado utilizando as propriedades específicas do material sendo transportado.

A largura do chute de carga (receptor) deve ser desenhada para manter a extremidade de correia mínima necessária para a vedação e para acomodar desalinhamentos (*Ver Capítulo 11: Calhas-Guia.*)

O erro mais comum cometido nessa fase do desenho é fazer a transição entre o chute de queda e o chute de carga muito abrupta, criando ângulos das paredes do chute que promovem acúmulos e entupimento. A prática atual de desenho utiliza ângulos de inclinação

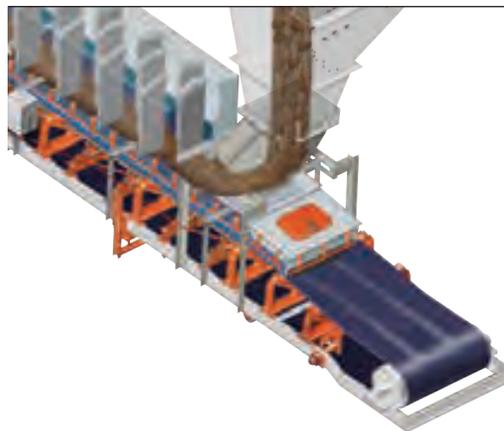


Figura 8.11

Curvas superior e inferior do sistema Martin® IFT utilizam a gravidade para manter a velocidade de fluxo do material.



Figura 8.12

Para controlar o ar fluindo pelo chute, a entrada deve ser controlada com cortinas para pó, no lado da carga, e com barreiras de vedação, no lado de retorno.

mínimos de 60°, sendo preferíveis os de 75° (**Figura 8.5**).

Gerenciando o Desgaste e o Fluxo de Material

O chute de transferência normalmente é projetado para fluxo total e um curso consistente de material. Entretanto, o fluxo do material a granel através do chute mudará à medida em que mudarem as propriedades e a tonelagem do material, do desgaste do chute, ou que o material se acumular nas paredes do chute.

Defletores

Defletores podem ser utilizados dentro de um chute de transferência para absorver impactos e minimizar o desgaste, começando do ponto onde a trajetória do material encontra pela primeira vez o chute dianteiro (**Figura 8.13**). É importante fornecer espaço suficiente entre um defletor e a polia dianteira do transportador alimentador para impedir que pedaços grandes bloqueiem a passagem ou que material coesivo fique aderido à placa, o que poderia causar o entupimento do chute de transferência.

Uma vez que o fluxo de material deixa o primeiro ponto de contato com o chute, pode ser necessário afinar o fluxo no início do sistema. Defletores, são frequentemente incluídos no plano original ou instalados no início das operações para direcionar o fluxo do material.

Durante os primeiros testes de um novo sistema transportador, é uma prática comum a instalação de defletores dentro do chute de carga para ajudar a centralizar a carga. O processo de se alcançar o curso desejado do fluxo através do chute geralmente é de tentativa e erro. Essas placas defletoras devem ser ajustáveis para que possam ser reposicionadas

para se alcançar o efeito desejado. Elas devem ser acessíveis para permitir substituição eficiente. Pontos de inspeção e acesso são essenciais para observar e manter a direção apropriada do fluxo de material.

A colocação da carga pode ser melhorada com defletores instalados na superfície interna do chute de carga, para direcionar pedaços do material para o centro da zona de carga. Pedaços centralizados têm menor probabilidade de deslizar para fora das extremidades da correia ou danificar a vedação da calha-guia.

Defletores de chapa de desgaste no fundo do chute de carga, próximos à correia, podem ajudar a reduzir os problemas associados ao carregamento descentralizado. Um ou mais defletores ou placas de impacto podem ser necessários para retardar a tendência de movimento do material, redirecioná-lo na direção certa e centralizar a carga na correia receptora. Esses defletores incluem uma curva ou ângulo que vira o material em direção ao centro da correia e para longe das extremidades. Defletores de chapa de desgaste devem ser utilizados com cuidado, porque podem contribuir para causar outros problemas, como entupimento do chute causado por materiais presos.

Formas populares de se gerenciar o fluxo de materiais a granel através do chute de transferência e minimizar o impacto incluem a instalação de barras metálica ou caixas de pedras.

Barras Metálicas

Barras metálicas dentro do chute de transferência permitem que os pedaços menores passem primeiro, para formar uma cama protetora na correia. Os pedaços maiores, que não passam pelas barras, deslizam pela inclinação e pousam na correia sobre um amortecimento formado pelos pedaços menores depositados anteriormente. As fábricas usam essas barras como uma grade, em pontos de despejo de caminhões ou outras instalações, para manter pedaços grandes demais fora dos sistemas de transporte (**Figura 8.14**).

Caixas de Pedras

As caixas de pedras consistem em uma saliência dentro do chute de queda, onde uma pilha de material se acumula (**Figura 8.15**).

Figura 8.13

Defletores podem ser utilizados dentro de um chute para absorver impactos e minimizar o desgaste.



Os materiais subsequentes são desviados por essa pilha. A força de abrasão que seria exercida sobre a parede do chute passa para a pilha de material acumulado, e a altura total de queda é reduzida, dissipando a força do impacto à medida que o material quica na pilha (**Figura 8.16**).

Escadas de pedras, compostas de uma série de defletores, ou “mini-caixas” de pedras, são usadas para reduzir o impacto e controlar a velocidade do material em quedas maiores (**Figura 8.17**). Os degraus das escadas de pedras normalmente são arranjados em lados alternados do chute, para que o material nunca tenha uma queda livre maior que 1,5 ou 2 metros (5 a 6 ft).

As caixas e escadas de pedras são mais apropriadas para chutes de manuseio de materiais como areia, cascalho ou rocha (**Figura 8.18**). As caixas são usadas com maior sucesso se as condições físicas e as taxas de fluxo não mudarem com o tempo, porque é importante que o material flua de maneira consistente pelo acúmulo da caixa de pedras. É necessário cuidado para julgar precisamente as características coesivas do material (sob condições úmidas, por exemplo) para evitar acúmulos que possam entupir o chute. As caixas de pedras não devem ser usadas em pontos de transferência de manuseio de materiais frágeis que podem sofrer degradação, ou com pedaços grandes que possam bloquear o fluxo; elas também não devem ser usadas se o transportador carregar mais de um tipo de material.

Placas ou Grades de Impacto

Outro método para desviar o fluxo e absorver o impacto dentro do chute de transferência é o uso de placas ou grades de impacto no caminho do material (**Figura 8.19**). Uma placa de impacto é colocada dentro do chute para absorver a força de movimento do fluxo de material. Placas de impacto são frequentemente utilizadas em transferências angulares, onde há correias de alta velocidade e as circunstâncias (como espaço e orçamento disponíveis) impedem a aplicação de chutes amplos.

Algumas grades de impacto são desenhadas para apanhar o material de modo a desenvolver um impacto do material com ele próprio, preservando as paredes do chute. O material subsequente quica no material capturado sem bater na grade ou nas paredes do chute.

O espaço entre a polia dianteira e a placa de impacto deve ser cuidadosamente considerado para minimizar os problemas causados por pedras grandes demais ou material preso entre a polia e a placa, sem contar acúmulos de materiais coesivos ou de alta umidade que podem entupir o chute de transferência.

A seleção de materiais apropriados



Figura 8.14

Barras metálicas dentro dos chutes permitem a passagem de pedaços menores primeiro para formar uma cama protetora sobre a correia. As plantas as usam como grades para manter pedaços grandes demais fora do transportador.

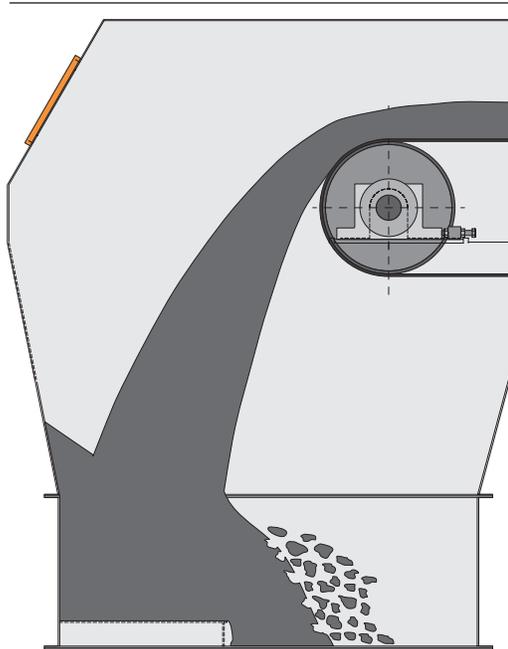


Figura 8.15

Uma caixa de pedra consiste em uma saliência dentro do chute, onde se acumula uma pilha do material transportado.



Figura 8.16

As caixas de pedras mudam a abrasão da parede do chute para a pilha de material, e a força de impacto é dissipada à medida que o material quica na pilha.

e a atenção cuidadosa ao desenho e ao posicionamento das placas e grades de impacto podem melhorar significativamente a vida útil desses componentes de desgaste.

Chapas de Desgaste

O impacto e o deslizamento constantes de material contra as laterais do chute de transferência são sua principal fonte de desgaste. Além das grades, caixas de pedras e

placas de impacto discutidas, uma forma de reduzir o desgaste do chute em si é o uso de chapas de sacrifício dentro dele. As chapas também podem ser instaladas para reduzir a fricção com a parede e/ou a adesão do material. Ao selecionar o material de composição da chapa, a meta é escolher um que seja resistente à abrasão e que melhore o fluxo. (*Ver Capítulo 12: Chapas de Desgaste, para maiores informações.*)

8

Figura 8.17

Escadas de pedras são uma série de defletores, ou “mini” caixas de pedras, usados para reduzir o impacto e controlar a velocidade do material em quedas maiores.



Figura 8.18

Caixas e escadas de pedras são mais apropriadas para chutes que manuseiam materiais como areia, cascalho, ou rochas.

Vista da foto: olhando para baixo do chute pela polia dianteira.



Figura 8.19

Caixas e escadas de pedras são mais apropriadas para chutes que manuseiam materiais como areia, cascalho, ou rochas.

Vista da foto: olhando para baixo do chute pela polia dianteira.



Carregando a Correia Receptora

Outro fenômeno que ocorre em pontos de transferência onde materiais caem verticalmente em uma correia em alta velocidade é o empilhamento do material. O material que ainda não está se movendo na velocidade da correia se empilha formando um “monte” de material na zona de carga (**Figura 8.20**). Quando um pedaço de material cai na correia, ele quica e causa turbulência, dissipando a energia fornecida pelo transportador anterior e pela própria queda, até que o pedaço seja apanhado pelo movimento da correia receptora. Enquanto isso, o material pode quicar para fora da pilha em direção à lateral ou traseira do transportador, resultando em derramamento. Quanto maior a diferença entre a velocidade do fluxo do material e da correia receptora, mais longa e profunda a pilha de material. À medida que cresce esse corpo de material “amontoad”, mais difícil fica manter vedado e livre de derramamento o ponto de transferência e controlar o desgaste da cobertura da correia.

Um transportador de aceleração pode ser usado para remediar essa condição (**Figura 8.21**). Outra solução é o uso de uma porta curva, rampa ou concavidade para controlar a velocidade e direção do fluxo de material até que ele alcance a velocidade e a direção da correia receptora (**Figura 8.22**). Esses chutes de carga curvos dirigem o fluxo de material, “derramando-o” no centro da correia receptora. O posicionamento mais suave da carga no transportador receptor reduz o movimento do material para as extremidades da correia e libera menos energia e movimento do ar, minimizando o pó. O ângulo pelo qual o chute desce da estrutura de carga até a correia receptora deve ser plano o suficiente para impedir que pedaços quiquem excessivamente após tocarem a correia. Um chute com o menor ângulo de inclinação possível, combinado com a direção e velocidade apropriadas da carga,

permite que os pedaços atinjam a correia em um ângulo rasante (**Figura 8.23**). Isso permite que o material quique gentilmente à medida que é carregado na direção da correia, ao invés de ricochetear de volta para a superfície do fluxo subsequente. Um chute curvo reduz o risco de danos à correia e minimiza a degradação do material e a geração de pó.

Deve-se observar, no entanto que, se o ângulo do chute for plano demais, o fluxo do material pode desacelerar até o ponto em que pode acumular e eventualmente entupir o chute. Ângulos de inclinação típicos para chutes convencionalmente desenhados são 60° e 75° da linha da correia receptora (**Figura 8.5**).

Gerenciando o Fluxo de Ar

Um chute de transferência bem desenhado e bem construído pode reduzir de modo significativo o pó carregado pelo ar, limitando a criação de movimento de ar induzido. As seções da calha-guia devem ser grandes o suficiente para oferecer um plenum que interrompa as correntes de ar e reduza a pressão positiva que poderia carregar partículas pelo ar para fora do compartimento. (*Ver Capítulo 7: Controle do Ar e Capítulo 11: Calhas-Guia, para maiores informações.*)

O compartimento deve ser espaçoso o suficiente para permitir uma redução significativa na velocidade das correntes de ar e, portanto, permitir que as partículas carregadas pelo ar se acomodem de volta sobre a carga, antes de o transportador deixar o compartimento.

Estrutura do Chute

O chute de transferência normalmente é feito de placas de aço doce ou aço inoxidável, sendo que a seleção depende do tipo de material transportado e das condições das instalações.

A escolha da espessura da placa do chute

de transferência depende das características e do volume do material que passa por ele, das exigências de força estrutural e da margem de desgaste, se o chute não for equipado com um sistema de alinhamento substituível. Normalmente, regulamentos locais regem o desenho estrutural dos chutes, porém, cabe ao projetista considerar todas as variáveis que podem estar presentes. Entre as mais importantes estão o peso do chute, acúmulos de material fugitivo, neve e gelo (em países frios), o peso do chute cheio de materiais a granel e a força do vento. As plataformas de trabalho ao redor dos chutes devem ser robustas o suficiente para suportar as atividades de manutenção.

Os chutes de transferência devem ser fabricados em seções que sejam convenientes para o transporte e subsequente montagem no local. As seções também devem ser desenhadas para passar através das aberturas disponíveis para se chegar ao local de construção.

Deve-se ter cuidado na construção de chutes de transferência, a fim de se evitar imperfeições na superfície, que podem interromper o fluxo do material e prejudicar o projeto cuidadoso de engenharia utilizado no desenho. Variações de + ou - 3 milímetros (1/8 polegada) podem acarretar problemas no encaixe das seções de chapas de desgaste ou alinhamento do chute com a correia. O investimento de tempo na instalação precisa de



Figura 8.20

O amontoamento de material ocorre quando a carga ainda não está se movendo na velocidade da correia e se empilha na zona de carga.

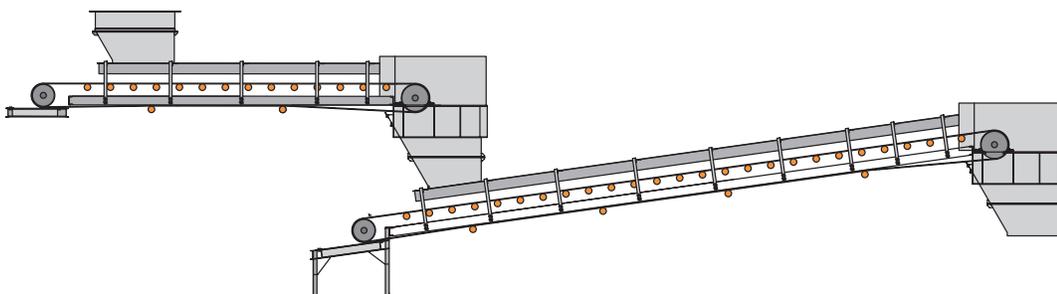


Figura 8.21

Um transportador de aceleração pode ser usado para aumentar a velocidade do material até que ele atinja a velocidade e direção apropriadas.

um chute dará um retorno significativo através da eficiência melhorada, manutenção simplificada e menor quantidade de material fugitivo.

Apesar das melhores intenções e práticas dos projetistas de chutes de transferência, há ocasiões em que o material se acumula no

chute. Materiais com alto nível de umidade podem aderir às paredes ou até congelar durante operações no inverno (**Figura 8.24**). A operação contínua pode comprimir o material incrustado ainda mais firmemente na parede do chute, permitindo o acúmulo de mais material e, possivelmente, levando ao bloqueio total do chute. Durante o processo de desenho do chute, é aconselhável considerar exigências futuras de dispositivos de auxílio de fluxo, como vibradores ou canhões de ar. (Ver *Capítulo 9: Auxílios de Fluxo e Capítulo 22: Chutes de Fluxo Projetados.*)

Acesso ao Chute

Um chute de transferência fechado deve ter aberturas que permitam a inspeção visual e portas para a entrada dos funcionários. Deve haver também caminho livre para os trabalhadores alcançarem essas aberturas. As aberturas de inspeção, como portas de acesso com dobradiças, devem ser posicionadas longe do fluxo do material, porém, onde seja possível para os funcionários observarem o movimento do material e inspecionar desgastes (**Figura 8.25**).

Telas ou proteções devem ser posicionadas para proteger os trabalhadores enquanto observam o fluxo do material em pontos de captura e componentes rolantes. As coberturas e portas devem ser resistentes à corrosão e oferecer vedação contra pó. Barreiras de segurança devem ser instaladas para impedir que o material escape do chute, e para impedir que o pessoal alcance a trajetória do material.

No desenho de chutes de transferência, frequentemente são esquecidas vias de acesso para a substituição de chapas de desgaste dentro do chute ou para a manutenção dos raspadores.

Considerações relativas a futuras exigências para serviços são particularmente importantes em chutes de transferência pequenos demais para que os funcionários trabalhem dentro deles. A fabricação de chutes em seções para fácil desmontagem é uma abordagem para facilitar a manutenção. (Ver *Capítulo 26: Acessibilidade do Transportador de Correia.*)

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

A. Direção.

Em geral, o chute de transferência deve ser

Figura 8.22

Uma porta curva, rampa ou concavidade pode colocar o fluxo de material na correia receptora na velocidade e direção apropriadas.



Figura 8.23

O ângulo no qual o chute desce da estrutura de carga para a correia receptora deve ser plano o suficiente para que o material toque a correia em um ângulo rasante, evitando seu quique excessivo.

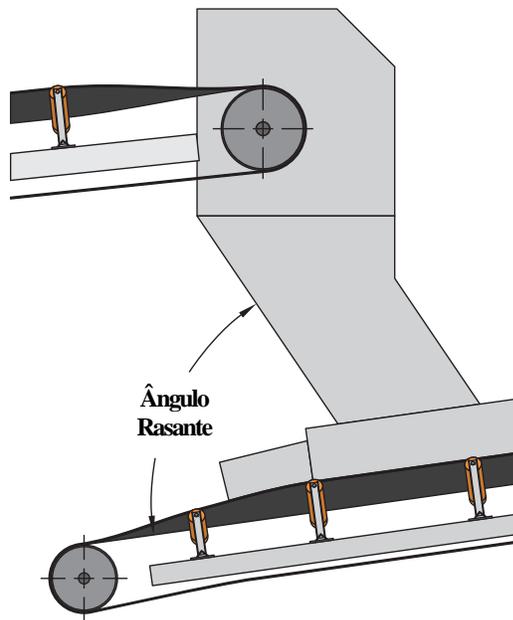


Figura 8.24

Apesar das melhores intenções e práticas dos projetistas de chutes, há ocasiões em que o material se acumula dentro dos chutes de transferência.



projetado para orientar o material na direção e no centro da correia receptora.

B. Altura da queda.

A altura da queda do sistema de descarga para o receptor deve ser o mais curta possível, ao mesmo tempo em que oferece espaço adequado para instalação e manutenção de equipamentos.

C. Velocidade.

O material descarregado deve ser carregado de modo que se mova na mesma velocidade da correia receptora.

D. Inclinação.

O chute de transferência deve ser adequadamente inclinado para impedir que o material quique excessivamente após tocar a correia receptora, o que pode aumentar a geração de pó e os danos por impacto.

E. Volume.

O volume do chute de queda deve ser pelo menos quatro vezes o do fluxo de carga do transportador alimentador. As seções da transferência devem ser grandes o suficiente para oferecer um plenum que minimize as correntes de ar.

TÓPICOS AVANÇADOS

Largura do Chute

A correia tem 1.200 milímetros (48 polegadas) de largura, com 30° de inclinação dos roletes. Qual é a largura recomendada do chute onde ele se encontra com a calha-guia?

A regra 2/3 da CEMA resulta em um chute de 800 milímetros (32 polegadas) de largura quando se encontra com a calha guia. Normalmente a largura do chute é maior que a largura da correia.

Outro método para se determinar a distância recomendada entre as paredes das calhas-guia é baseado na quantidade de extremidade da correia necessária para uma vedação eficaz e



Figura 8.25

Portas de inspeção e acesso devem ser posicionadas longe do fluxo do material, porém, localizadas onde o pessoal possa observar seu movimento e inspecionar desgastes.



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Práticas de segurança exigem que o acesso seja limitado para que o pessoal não entre no chute sem que os devidos procedimentos de segurança sejam seguidos, incluindo o fechamento/sinalização/bloqueio/teste de ambos os transportadores. Ninguém deve entrar nos chutes sem o devido treinamento de procedimentos de segurança em espaços fechados.

Os componentes estruturais e as chapas de desgaste de chutes de transferência tendem a ser grandes e pesados e devem ser manuseados com o equipamento apropriado e com o cuidado devido.

Se dispositivos de auxílio de fluxo (como canhões de ar) estiverem instalados, os procedimentos apropriados de desenergização e fechamento/sinalização/

bloqueio/teste devem ser seguidos para esses equipamentos antes do serviço.

Funcionários trabalhando dentro, sobre ou ao redor de chutes de transferência devem estar cientes do potencial de queda de materiais, seja carga da correia acima, sejam acúmulos nas paredes do chute. É recomendado que o chute seja inspecionado e minuciosamente limpo antes de se entrar nele por qualquer razão.

É importante prestar atenção em procedimentos de segurança ao trabalhar ao redor de dispositivos de radiação instalados em chutes de transferência, no que se refere à detecção do nível, ou análise do material a granel.

Os chutes e suas estruturas devem ser aterrados para impedir o acúmulo de eletricidade estática.

para acomodar desalinhamentos da correia. A largura recomendada da calha-guia para uma correia de 1.200 milímetros (48 polegadas) de largura, com 30° de concavidade de roletes, é 894 milímetros (32,5 polegadas). (Ver Capítulo 11: Calhas-Guia.) A diferença entre o método CEMA e o método de extremidade da correia é mais evidente em correias muito estreitas e muito largas.

Calculando Ângulos de Inclinação

Um novo chute com um ângulo de inclinação mínimo de 60° foi necessário. Foram selecionados os ângulos de 75° para a parede lateral e 60° para a parede traseira, porque eles estavam dentro da faixa recomendada (**Figura 8.26**). Uma equação pode ser usada para conferir o desenho (**Equação 8.1**).

Nesse exemplo, o ângulo de inclinação é de aproximadamente 57°. Então o projetista deve considerar que o desenho do chute mantenha o mínimo de 60° exigido. Se os ângulos fossem alterados para 65 e 75°, o ângulo de inclinação

seria 61°, o que seria íngreme o suficiente para manter o fluxo.

Deve-se observar que o ângulo de inclinação nunca será maior que o menor dos outros dois ângulos (parede traseira e parede lateral).

O desenho é um processo iterativo de seleção dos ângulos das paredes, com base na geometria e cálculo do ângulo de inclinação. Se o ângulo de inclinação não for apropriado, ângulos diferentes de paredes devem ser selecionados, e o ângulo de inclinação calculado para os novos ângulos. Esse processo é repetido até que os ângulos das paredes se enquadrem na geometria disponível e o ângulo de inclinação esteja dentro da faixa correta, com base no tipo de material.

O TRABALHO DO CHUTE

Finalizando...

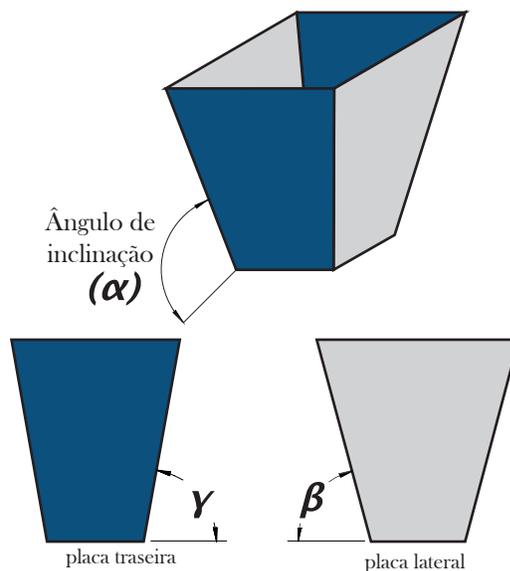
Se desenhados corretamente, os chutes de transferência são um método eficaz e seguro de transferir o material de uma elevação para outra, com mínima quantidade de material fugitivo e reduzidas exigências de manutenção. Incorporar os itens discutidos neste capítulo aos planos oferecerá tanto ao projetista quanto ao usuário final as ferramentas apropriadas para compreender como os chutes operam na prática e como desenhá-los ou modificá-los para melhorar seu desempenho.

A Seguir...

Este capítulo sobre Chutes de Transferência Convencionais, o terceiro capítulo da seção Carregando a Correia, enfocou o chute de transferência e métodos de gerenciamento do fluxo de material para reduzir o derramamento e o pó. O capítulo seguinte continua essa discussão com uma análise dos Auxílios de

Figura 8.26

O ângulo de inclinação fica entre a parede lateral e a traseira.



Equação 8.1

Cálculo dos ângulos de inclinação

$$\alpha = \text{arc cot} \left(\sqrt{\cot^2 (\beta) + \cot^2 (\gamma)} \right)$$

Dados: Um projetista escolheu um ângulo lateral de 75° e um ângulo traseiro de 60°
 Encontre: O ângulo de inclinação do chute.

α	Ângulo de Inclinação	graus
β	Ângulo da Parede Traseira à Horizontal	60°
γ	Ângulo da Parede Lateral à Horizontal	75°
$\alpha = \text{arc cot} (\sqrt{\cot^2 (60) + \cot^2 (75)}) = 57.5$		
α	Ângulo de Inclinação	57.5°

Fluxo.

REFÊRENCIAS

- 8.1 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*. Naples, Florida.
- 8.2 Martin Marietta Corporation. *Dust Control Handbook for Minerals Processing*, Contract No. J0235005.
- 8.3 Morrison, J. N., Jr. (1971). "Environmental Control Applied to Belt Conveyor Transfer Points." In: *Bulk Materials Handling: Volume 1*. University of Pittsburgh.
- 8.4 Taylor, H. J. (1989). *Guide to the Design of Transfer Chutes and Chute Linings for Bulk Materials*. The Mechanical Handling Engineers' Association.



Figura 9.1
Para superar problemas com fluxo de materiais, são instalados auxílios de fluxo nos chutes de transferência.

Capítulo 9

AUXÍLIOS DE FLUXO

Auxílios de Fluxo e Pontos de Transferência	117
Vibração Aplicada	118
Canhões de Ar	122
Outros Métodos de Melhoria de Fluxo	123
Manutenção do Sistema	124
Questão de Segurança	125
Aplicações de Auxílios de Fluxo	127
Tópicos Avançados	127
Auxílios de Fluxo Ajudam o Fluxo	127

Neste Capítulo...

Neste capítulo, serão discutidos vários métodos para se organizar o fluxo de materiais através dos chutes. Esses auxílios de fluxo incluem vibradores lineares e de rotação, canhões de ar, sistemas de aeração, alinhadores de chutes e modelos de chute leve. Serão fornecidas considerações para a seleção do tipo de auxílio de fluxo para uma aplicação particular, para tamanho, instalação e manutenção de auxílios de fluxo, bem como procedimentos de segurança.

Os chutes de transferência devem ser elaborados para acomodar e facilitar o fluxo de materiais que será manuseado. Porém, mesmo se a aplicação for ideal e o engenheiro for experiente, alterações na demanda do sistema/características do material podem gerar problemas com o fluxo de materiais. Para superar esses problemas, é utilizada uma variedade de equipamentos, denominados auxílios de fluxo (**Figura 9.1**).

Há uma ampla faixa de características de materiais e condições de operação que tornam os auxílios de fluxo no desenho original uma opção prática. Elaborar um chute que lida com toda a situação de material é virtualmente impossível. Muitas vezes, a solução mais econômica para sustentar o fluxo com materiais e condições de operação mutáveis é incluir equipamentos de auxílio de fluxo no desenho original. Materiais com alto teor de umidade podem aderir às laterais ou até mesmo paralisar as operações durante o inverno. A operação contínua pode servir para comprimir a incrustação do material ainda mais firmemente na lateral. Os materiais a granel podem alterar suas características, conforme o progresso da operação, pela camada ou pela pilha de estoque. Em alguns casos, o chute pode ficar completamente bloqueado por uma pequena alteração em qualquer um desses parâmetros

Os auxílios de fluxo são instalados para organizar o fluxo de materiais através de um chute ou um canal. Como eles afetarão o carregamento do transportador, os auxílios de fluxo também podem causar impacto em vazamento e pó. A quebra acidental ou prevista por acúmulo pode gerar picos, causando sobrecarga, vazamento e desalinhamento. Ao elaborar auxílios de fluxo ativos em um chute, a operação obtém um nível de controle sobre o fluxo de material que é impossível se

obter apenas com abordagens estáticas, como alinhadores de baixa fricção

AUXÍLIOS DE FLUXO E PONTOS DE TRANSFERÊNCIA

O que é um Auxílio de Fluxo?

Os equipamentos de auxílio de fluxo são sistemas usados para estimular ou melhorar o movimento dos materiais a granel. Eles podem ser simples, como um vibrador de pistão de impacto em uma parede de chute para desprender o acúmulo de material, ou sofisticados, como um sistema múltiplo de canhões de ar com descarga automática, em um ciclo temporizado, para impedir acúmulo de materiais. Os aparelhos de auxílio de fluxo incluem vibradores lineares ou de rotação, canhões de ar de baixa pressão e aparelhos de aeração, bem como alinhamentos de baixa fricção e modelos de chute leve. Esses sistemas podem ser combinados de diversas maneiras.

Uma solução antiga para quebrar bloqueios fracos e remover acúmulos dos chutes dos canais de armazenamento era golpear o lado externo das laterais com uma marreta ou outro objeto pesado (**Figura 9.2**). No entanto, quanto mais as laterais são golpeadas, pior se torna a situação, pois as quedas e marcas deixadas na lateral, a partir dos golpes de marreta, formam valas que começam a acumular mais material (**Figura 9.3**).

Uma solução melhor é a aplicação de um aparelho de auxílio de fluxo ao chute. Esses equipamentos fornecem energia precisamente onde for necessário para reduzir a fricção das laterais e quebrar o material a fim de manter o movimento do material em direção à abertura da descarga.

Este capítulo explora os vários métodos



Figura 9.2

A solução antiga para melhoria de fluxo dos chutes e dos canais de armazenamento é golpear o lado externo das laterais com um martelo, uma marreta ou outro objeto pesado.

de organizar o material em um chute. Essa discussão é centralizada nos auxílios de fluxo aplicados ao carregamento do transportador e aos chutes de descarga. Essas informações e suas tecnologias também podem usadas em aplicações sobre outros processos de material e canais de armazenamento, inclusive silos, descargas, funis, telas, alimentadores, ciclones e aparelhos de troca de calor.

Auxílios de Fluxo em Pontos de Transferência

Usar as características do material e os requisitos do processo para elaborar um chute com fluxo eficaz certamente é a melhor opção. No entanto, os materiais são imprevisíveis. A fonte do material pode mudar devido à motivos econômicos ou as condições climáticas podem alterar drasticamente suas características de fluxo. Nessas situações, usar auxílios de fluxo para manter o fluxo do material é uma abordagem simples e rentável.

Em alguns casos, os auxílios de fluxo são equipamentos originais, incorporados ao desenho de um sistema para estabilizar as taxas de fluxo ou eliminar problemas antecipados. Por exemplo, um auxílio de fluxo pode ser projetado em um sistema para mover o material através de um chute que, devido a restrições de altura, não possui um ângulo de inclinação suficiente para manter o movimento

consistente do material. Em outros casos, os auxílios de fluxo são componentes de substituição e/ou modernização, adicionados a um sistema de manuseio de materiais para lidar com problemas que não foram previstos no projeto original ou que tenham aparecido recentemente, talvez devido a alterações na condição do material, do processo ou do equipamento.

É aconselhável incorporar espaços de canais para vibradores ou entradas de bicos para canhões de ar, quando um chute está na fase de fabricação. Se um problema surgir posteriormente, porque as características do material foram alteradas ou por terem ocorrido outros problemas imprevistos, será uma questão fácil instalar um aparelho de auxílio de fluxo para solucionar a questão.

É crucial que o chute de aço e a estrutura de suporte sejam adequados, pois a operação desses aparelhos de auxílio de fluxo podem potencialmente gerar pressão e dano consequente sobre a estrutura. Um chute projetado e controlado adequadamente não será danificado pela adição de auxílios de fluxo.

É importante que qualquer equipamento de auxílio de fluxo seja usado apenas quando a descarga estiver aberta e o material puder percorrer o chute. Se usado com a descarga fechada, a energia do auxílio de fluxo pode pressionar o material com mais força, dificultando ainda mais o fluxo quando a descarga for aberta e, conseqüentemente, causando dano ao chute. A melhor prática é o controle do auxílio de fluxo por temporizadores ou sensores, para impedir qualquer acúmulo de material por retardo de fluxo. Isso economiza energia, reduz ruídos e melhora a segurança, pois o auxílio de fluxo opera apenas quando necessário.

Figura 9.3

Quanto mais as laterais são golpeadas, pior se torna a situação, pois devido às quedas e marcas deixadas na lateral pelos golpes da marreta, são formadas valas onde começam a acumular mais material.



VIBRAÇÃO APLICADA

Os vibradores desempenham a mesma função que uma batida no fundo de uma embalagem de *ketchup*: eles reduzem a coesão entre as partículas do material e a aderência entre as partículas e a lateral da embalagem para aumentar o fluxo de materiais fora do fundo.

A relação entre o material a granel e a frequência de vibração mais adequada para estimular aquele material é proporcional ao

tamanho da partícula. Como regra geral, quanto menor a partícula, melhor ela responde a frequências mais altas de vibração. A relação entre a amplitude da vibração e o material a granel é baseada nas forças coesiva e aderente. Conforme o tamanho da partícula aumenta, a amplitude necessária para causar o movimento do material a granel também aumenta. Partículas finas e de fluxo livre (baixa coesão) tendem a responder bem a amplitudes pequenas de vibração; partículas maiores de fluxo livre respondem melhor a amplitudes maiores. Partículas aderentes tendem a se acumular em massas sólidas que respondem bem à vibração de alta amplitude e baixa frequência. De modo geral, a direção da rotação ou o impacto da massa do vibrador deve estar na direção do fluxo desejado do material.

Vibradores Lineares

Os vibradores lineares ativam o material dentro de um chute ou de um silo, usando ondulações fortes do lado externo das laterais de aço da estrutura. De fato, a forma mais antiga de vibração era a marreta. O ato de golpear a lateral do chute ou do silo supera a força aderente entre o material e a superfície lateral. No entanto, essa batida no silo ou na parede de chute muitas vezes causa dano à superfície lateral (**Figura 9.4**). As marcas deixadas na lateral pela marreta, muitas vezes chamadas de “riscos de marreta”, vão continuar e expandir os problemas que o golpe da marreta supostamente solucionaria. Além disso, o manuseio do martelo revela o risco de ferimentos à equipe da fábrica. O vibrador de pistão foi desenvolvido para produzir esse efeito sem girar a marreta (**Figura 9.5**).

Um vibrador de pistão pneumático (ou linear) usa o ar da fábrica para mover o pistão para frente e para trás, dentro de um compartimento (**Figura 9.6**). Em alguns vibradores, o pistão pode golpear a lateral; em outros modelos, ele simplesmente oscila com massa suficiente para tremer a lateral. Nos dois casos, o vibrador fornece energia através da lateral para o material dentro da estrutura. Essa força – mais controlada que o impacto com a marreta – quebra a aderência entre o material e a lateral. Assim o material se desloca para fora da estrutura.

A vibração linear é a melhor solução para materiais aderentes, grossos e com alta umidade. Um teste conveniente é pegar uma porção de material e esfregá-lo contra uma

bola. Se o material permanecer de imediato na bola depois de separadas as mãos, a vibração linear provavelmente é a melhor solução.

O vibrador de pistão seria montado no lado externo do reservatório ou do chute, no ponto de acúmulo ou bloqueio interno. Muitas vezes, esses vibradores são anexados a uma viga “U” de aço que é colocada na parede de chute (**Figura 9.7**). Essa formação espalha a força sobre uma área mais ampla da estrutura para maximizar a eficiência, enquanto poupa a estrutura da exaustão. A maioria dos vibradores lineares é conduzida pelo ar da fábrica e pode ser controlada a distância, com um solenoide, ou no local, com uma válvula de ativação manual.



Figura 9.4

Golpear o silo ou a parede de chute com uma marreta causa dano à superfície lateral, normalmente chamado de “risco de marreta”.



Figura 9.5

O vibrador de pistão foi desenvolvido para produzir esse efeito de golpe sem girar a marreta.



Figura 9.6

Um vibrador de pistão pneumático (linear) usa o ar da fábrica para mover o pistão para frente e para trás, dentro de um compartimento, para produzir uma força vibratória.

O vibrador para uma aplicação particular é selecionado de acordo com o peso e as características do material no chute ou da parte inclinada de um funil ou um chute (**Tabela 9.1**). A regra geral para aplicações típicas de vibradores é aplicar 1 newton por 1 quilograma

(1 lb_f/10 lb_m) do peso do material dentro do chute. Essa regra geral considera que o material seja adaptável ao fluxo e possua uma densidade menor que 1.440 quilogramas por metro cúbico (90 lb_m/ft³).

Tabela 9.1

Tamanhos Típicos de Vibrador por Peso de Material Dentro do Chute				
Peso Máximo do Material a Granel no Chute	Força Vibratória Necessária	Diâmetro do Pistão no Vibrador Linear	Faixa de Espessura da Lateral do Chute	Comprimento Sugerido da Viga "U" de Montagem
kg (lb _m)	N (lb _f)	mm (in.)	mm (in.)	mm (in.)
1.315 (2900)	~1300 (~300)	32 (1,25)	1,6 a 3,2 (1/16 a 1/8)	900 (36)
2.223 (4900)	~2.250 (~500)	50 (2)	4,8 a 6,4 (3/16 a 1/4)	900 (36)
4.445 (9800)	~4.450 (~1.000)	75 (3)	6,4 a 9,5 (1/4 a 3/8)	900 (36)
9.979 (22000)	~10.000 (~2.200)	100 (4)	9,5 a 12,7 (3/8 a 1/2)	1800 (72)

Tabela 9.2

Saídas de Força do Vibrador com Base na Densidade Aparente	
Densidade Aparente	Relações de Força
Acima de 1.440 kg/m ³ (90 lb _m /ft ³)	1 newton por 0,7 kg (1 lb _f /7 lb _m)
Entre 640-1.440 kg/m ³ (40-90 lb _m /ft ³)	1 newton por 1,0 kg (1 lb _f /10 lb _m)
Abaixo de 640 kg/m ³ (40 lb _m /ft ³)	1 newton por 0,3 kg (1 lb _f /3 lb _m)

Obs.: conforme mencionado anteriormente, materiais secos e finos respondem bem à vibração de alta frequência/baixa amplitude, enquanto partículas maiores e materiais úmidos respondem melhor à vibração de baixa frequência/alta amplitude.

Equação 9.1

Requisito de força da saída do vibrador linear.

$LF = \frac{Wt_t}{k_a}$			
Dados: 4.100 quilogramas (9.000 lbm) de material seco estão entupindo o chute de carga de um transportador. Encontrar: A força linear necessária de um vibrador para estimular o fluxo no chute dado.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
LF	Força Linear Necessária	newtons	linha-força
k _a	Fator de Aplicação	1,025 (material seco) 0,82 (material úmido)	10 (material seco) 8 (material úmido)
	O Fator de Aplicação deriva da "Rule of Thumb" da Aplicação do Vibrador. Razão 1:10 entre LF e Wtr		
Wt _t	Peso do Material na Área Influenciada	4.100 kg	9.000 lb _m
Métrico: $LF = \frac{4100}{1,025} = 4000$			
Imperial: $LF = \frac{9000}{10} = 900$			
LF	Força Linear Necessária	4.000 N	900 lb _f

Será necessária mais força para materiais com alta densidade ou umidade ou baixa densidade. Embora a relação apresentada seja aceitável para materiais entre 640-1.440 quilogramas por metro cúbico (40-90 lb_m/ft³), materiais com densidade aparente maior ou menor requerem relações diferentes (**Tabela 9.2**).

O comprimento da viga “U” de montagem e da espessura da parede de chute mais adequados para essas aplicações também dependem do peso do material e de suas características; aplicações fora dos parâmetros determinados na tabela podem precisar de uma elaboração especializada.

É necessário o cálculo da força linear para a aplicação de um vibrador em um chute (**Equação 9.1**).

Após a instalação, os vibradores supridos a ar devem ser sintonizados às necessidades da aplicação, ajustando a pressão do ar e/ou a taxa de fluxo para maximizar o efeito sobre o material a granel.

Vibradores de Rotação

Em contraste com os vibradores lineares, outros vibradores geram uma força vibratória através da rotação de um peso excêntrico. Esses vibradores de rotação geram uma vibração tão potente quanto uma máquina de lavar, quando a carga está decentralizada. Eles fornecem uma energia mais adequada para mover materiais finos e secos (**Figura 9.8**).

Os vibradores de rotação podem ser supridos pneumática, hidráulica ou eletricamente: a escolha de uma determinada aplicação muitas vezes é determinada pelo suprimento de energia mais disponível no ponto de instalação.

Em vibradores de rotação pneumáticos, um fluxo de ar conduz uma massa em uma órbita circular para gerar vibração; em vibradores de rotação hidráulicos, é o fluxo de líquido hidráulico que move a massa. Em vibradores de rotação elétricos, os pesos excêntricos são geralmente colocados nas pontas de um eixo de motor elétrico (**Figura 9.9**).

Os vibradores de rotação estão disponíveis em uma ampla faixa de tamanhos e saídas, para combinar com as especificidades de cada aplicação. Além disso, muitos vibradores de rotação elétricos podem ser ajustados pela alteração da superposição dos pesos excêntricos

– aumentando ou diminuindo a quantidade em desequilíbrio –, para fornecer a quantidade de força vibratória desejada.

A vibração pode induzir pressão nas estruturas de metal, e as laterais podem precisar ser reforçadas no(s) ponto(s) de aplicação. Como os vibradores lineares, os vibradores de rotação geralmente são instalados em uma viga “U” ou placa de montagem que espalha a energia vibratória (e o peso do aparelho) sobre uma área superficial maior (**Figura 9.10**).

Os vibradores de rotação projetados para chutes ou funis normalmente têm um tamanho baseado em uma razão de 1:10 da força de saída para a massa de material, dentro do chute



Figura 9.7

Um vibrador de pistão deve ser instalado em um canal de aço que está colocado no lado externo do chute, no ponto de acúmulo.



Figura 9.8

Os vibradores de rotação geram uma vibração potente através da rotação de uma massa ou peso excêntrico em torno do eixo central.



Figura 9.9

Em vibradores de rotação elétricos, os pesos normalmente são colocados nas pontas de um eixo de motor elétrico.

ou da seção inclinada do chute. Geralmente, quanto mais fino for o material, mais alta será a frequência necessária para excitar o material e fazê-lo se movimentar.

Em um chute, o vibrador de rotação

Figura 9.10

Os vibradores de rotação geralmente são instalados em um canal ou uma placa de montagem que espalha a energia vibratória e o peso do aparelho sobre uma ampla área superficial.



Figura 9.11

O sistema de canhões de ar é outra solução possível para o acúmulo de material nos chutes de transferência.



Figura 9.12

Os canhões de ar usam o ar comprimido da fábrica para gerar uma erupção de ar que deslocará o acúmulo de material nos chutes.

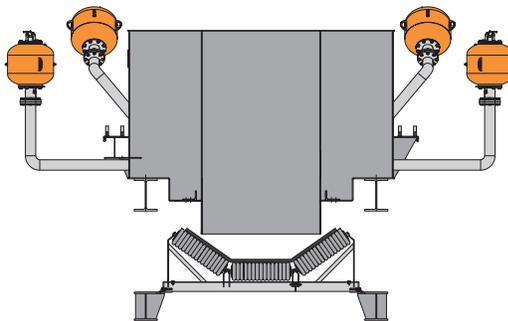


Figura 9.13

Alguns sistemas de canhões de ar distribuem o ar a partir de um reservatório para uma série de bicos de descarga.



geralmente é instalado na parte de 1/4 a 1/3 inferior da estrutura. Se for necessário um segundo vibrador, ele deverá ser montado a 180° a partir do primeiro vibrador e na metade superior da estrutura.

Os vibradores de rotação podem ser controlados automática ou manualmente, permitindo o uso apenas quando necessário. Uma vez instalado, o vibrador deve ser “sintonizado” pelo ajuste de sua força e/ou velocidade para proporcionar o efeito ideal para cada aplicação.

CANHÕES DE AR

Além dos vibradores, outra solução para acúmulo de material nos chutes de transferência é a instalação de um sistema de canhões de ar (**Figura 9.11**).

Os canhões de ar – algumas vezes referidos como *blasters* – usam o ar comprimido da fábrica para gerar uma erupção de ar que deslocará o acúmulo de material nos chutes. Os canhões de ar são simplesmente reservatórios de ar comprimido armazenado com válvulas de descarga de ação rápida. Quando as válvulas são ativadas, o ar escapa muito rapidamente, gerando uma ampla área de influência (**Figura 9.12**). Quando localizada estrategicamente, e controlada adequadamente, essa explosão de ar deslocará ou impedirá o acúmulo de material.

Bicos e tubos de vários formatos são soldados à parede de chute, e os canhões de ar são conectados a cada tubo ou bico. Os tubos devem ser posicionados para direcionar a explosão na direção da saída do fluxo. Alguns sistemas usam reservatórios de ar independentes para cada disparo; outros sistemas usam um reservatório para vários disparos (**Figura 9.13**). Os tubos ou bicos são encaixados na lateral, para que possam descarregar sob a camada de material acumulado (**Figura 9.14**). Deve-se ter cuidado ao instalar os tubos para evitar gerar outros pontos que estimulem o acúmulo de material. O movimento do material a granel pode desgastar os tubos, e cascalhos grandes podem deformar ou destruí-los.

O número de canhões instalados depende do tamanho e formato do chute e da natureza do acúmulo. Geralmente, um canhão de ar pode manter de 1,5 a 2 metros quadrados (15

a 20 ft³) da parede de chute sem acúmulo de material. Canhões de ar com volume de ar de 50 litros (1,75 ft³) apresentam bons resultados em aplicações de chutes. Os canhões de ar podem ser instalados a diversas alturas em torno do chute.

Os canhões de ar estão disponíveis com uma variedade de tamanhos de reservatórios de ar e uma variedade de diâmetros de descarga, para fornecer a quantidade de força adequada. A sequência de disparo para uma instalação de canhões de ar deve ser ajustada para as circunstâncias específicas da instalação, inclusive as condições do chute, do material e do clima. Após a obtenção de resultados satisfatórios, o(s) canhão(ões) podem ser colocados em um temporizador ou outro controle automático, para que o ciclo de disparos mantenha o fluxo de materiais sem a atenção de uma equipe de operação.

A descarga do canhão de ar em um chute pode gerar um aumento de pressão positiva dentro do chute, podendo, assim, aumentar a fuga do pó conduzido pelo chute ou pela zona de carregamento. Em muitos casos, os canhões de ar são usados em materiais aderentes que requerem mais força do que a fornecida pela vibração, mas que não gerará níveis altos de pó. O ar gerado pelos canhões de ar deve ser incluso no cálculo de ar gerado. (*Consultar Capítulo 7: Controle de Ar e Equação 7.1: Cálculo Total do Fluxo de Ar.*)

OUTROS MÉTODOS DE MELHORIA DE FLUXO

Sistemas de Aeração

Alguns materiais de partículas finas, como a farinha e o amido de milho, perdem aeração quando armazenados – eles ficam compactos e rígidos. Se eles forem armazenados por um período muito longo, não serão carregados com eficácia. Aplicar ar de baixa pressão/alto volume nos produtos permitirá que o material seja novamente carregado com eficácia. Isso é feito usando um deslocador positivo que forneça ar para os bicos, controles ou difusores de aeração colocados dentro do chute (**Figura 9.15**). Alguns aparelhos de aeração dependem apenas da corrente de ar; outros vibram com o fluxo de ar. O ar dos controles quebrará a aderência entre o material e a parede de chute de material seco. Materiais aderentes, úmidos ou cascalhos

não respondem bem a esse sistema.

Alinhadores de Chutes

Materiais de alinhamento, como a cerâmica ou o plástico projetado, podem fornecer uma solução econômica para problemas de fluxo em um chute. O Polietileno de Alta Densidade (HDPE), o polietileno de Ultra-Alto Peso Molecular (UHMW) e a cerâmica demonstraram capacidade de organizar o fluxo de materiais. O material selecionado para alinhamento deve ser capaz de lidar com os níveis de impacto e/ou abrasão de deslize vistos na aplicação.

Os plásticos projetados normalmente são fixados às paredes de chute com parafusos embutidos e cobertos. Um problema que deve ser tratado com alinhadores de plástico é a diferença nas suas taxas de expansão e contração, a partir das taxas da parede de metal. O sistema de montagem deve acomodar essa diferença, permitindo que os alinhadores de plástico se movam. Se isso não for feito, o alinhador será travado, impedindo o fluxo de materiais e desgastando rapidamente.

Os alinhadores de cerâmica podem ser instalados em chutes de metais com cola, solda ou uma combinação das duas técnicas.



Figura 9.14

Os bicos de descarga para um sistema de canhões de ar são encaixados na parede de chute, descarregando, assim, sob a camada de material acumulado.



Figura 9.15

Os bicos de aeração podem ser colocados dentro do chute para melhorar o fluxo.

A instalação adequada dos alinhadores do chute é crucial para atingir os benefícios dos coeficientes mais baixos de fricção. Se as folhas ou linhas não forem instaladas adequadamente, as quedas onde eles se juntam podem aumentar o coeficiente eficaz de fricção sobre o do aço, agravando as propriedades de fluxo do chute. É recomendado testar o alinhador e o material a granel para determinar o coeficiente atual de fricção e as taxas de desgaste previstas.

Modelos de Chutes Leves

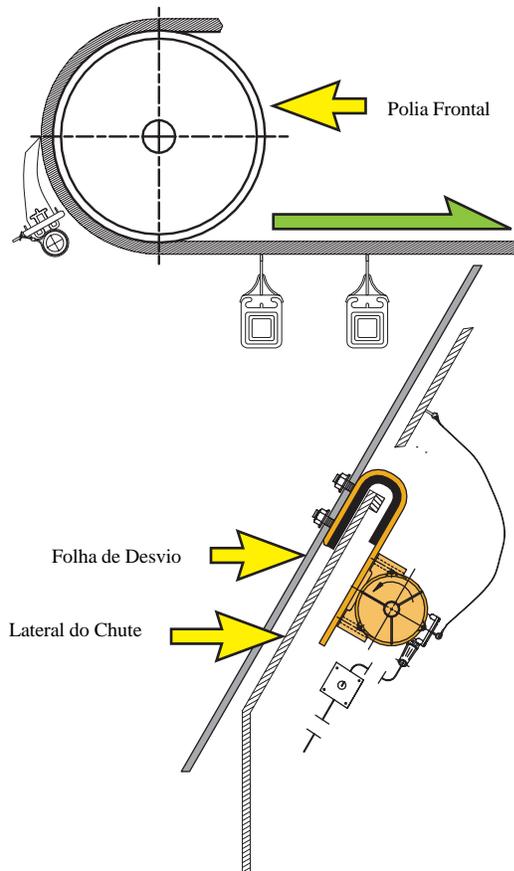
A maioria dos chutes é feita de metal rígido. No entanto, há ocasiões em que o chute ou seus alinhadores podem ser feitos de um material flexível. Materiais extremamente úmidos ou aderentes respondem bem a modelos de chutes leves.

O modelo de chute leve usa uma estrutura espacial feita de ferro angular. O material flexível é anexado a essa estrutura, como borracha ou a correia transportadora. Muitas vezes, a vibração natural do equipamento (originada da condução do transportador ou de outro equipamento conectado ao sistema) impedirá que o material se ligue ao alinhador de borracha.

Os vibradores e os canhões de ar podem ser usados para auxiliar um chute leve. Um exemplo do uso de um vibrador para organizar o fluxo em um chute leve é um chute com Dribble Chute, no qual uma folha de plástico se torna uma parede ou chão falso no chute (**Figura 9.16**). O vibrador é anexado a essa folha para manter o material em movimento. (Consultar Capítulo 14: *Limpeza da Correia*, para mais informações sobre chutes de desvio vibratórios.)

Outra técnica usa a descarga dos canhões de ar na parte traseira de um lençol de borracha flexível instalado como um alinhador na parede de chute (**Figura 9.17**). Quando os canhões descarregam, eles dão um “golpe” no lençol para deslocar o material acumulado, como balançar a areia de uma toalha na praia. Normalmente, o lençol é instalado apenas na parte mais plana, ou “sem fluxo”, do chute. O cano de descarga deve ser mirado para que ele incline do canhão para a saída do canal, impedindo a entrada do material na abertura de descarga do canhão. Essa técnica funciona bem com materiais aderentes ou úmidos.

Figura 9.16
Um chute de desvio vibratório liga um vibrador a uma folha suspensa de plástico para manter o material em movimento.



MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Os aparelhos de auxílio de fluxo são relativamente sensíveis a uma operação e localização adequada. Uma das principais vantagens do uso de auxílios de fluxo é que a operação conseguirá um nível de controle sobre o fluxo de material em um chute que não seria possível de outra forma. Essa vantagem também pode se tornar um problema, pois é muito fácil ajustar um auxílio de fluxo fora de suas configurações ideais de operação. Muitas vezes, os funcionários se esquecerão de registrar as configurações ao fazer a manutenção ou tentarão ajustar o auxílio de fluxo em resposta às solicitações dos operadores. Isso pode resultar em um desempenho fraco no movimento do material, uma eficiência fraca de energia e uma vida útil mais curta do auxílio de fluxo. Se montados ou ajustados inadequadamente, os auxílios de fluxo podem não produzir o efeito desejado e podem, inclusive, agravar a situação. Um fornecedor experiente normalmente pode otimizar a instalação inicial e controlar as configurações de um sistema de auxílio de fluxo. Essas configurações devem ser registradas para futura referência.



QUESTÃO DE SEGURANÇA

9

Como todos os equipamentos da fábrica, os vibradores e os canhões de ar apresentam seus próprios padrões de segurança. Ruídos e materiais em queda ou lançados são os riscos primários resultantes do uso de auxílios de fluxo. Os ruídos podem ser controlados pelo uso de auxílios de fluxo apenas quando necessário. A exposição a materiais lançados ou em queda pode ser controlada pela localização do auxílio de fluxo e pelos procedimentos adequados para controle do acesso aos chutes incorporados com auxílios de fluxo. As instruções do fabricante devem ser seguidas rigorosamente para instalação, operação e manutenção dos sistemas de auxílio de fluxo.

Os vibradores devem ser fixados rigidamente na lateral da estrutura. A montagem de canais deve ser fixada à parede de chute por solda fixa, na qual os intervalos dos pontos de solda são separados por espaços (**Figura 9.18**). Essa técnica de solda fixa é elaborada para impedir uma falha na emenda para não quebrar durante o percurso da placa de montagem. Deve ser feita uma inspeção mensal da área de soldagem para verificar fendas na solda e deve ser instalado um cabo de segurança para impedir o vibrador de cair, caso a fixação falhe.

Os procedimentos adequados de desligar/ bloquear/ sinalizar devem ser seguidos ao trabalhar com um vibrador ou montagem.

As montagens e os canos de descarga dos canhões de ar devem ser rigidamente anexados à parede de chute. O canhão de ar deve ser rigidamente anexado à montagem. Não é recomendável que a conexão por fios entre o cano de montagem e o reservatório de ar seja completamente soldada, uma vez que isso gera uma área com pressão, causando quebra dos fios.

Um cabo de segurança deve anexar o reservatório de ar a um membro da estrutura para impedir a queda do canhão de ar no caso de falha de montagem (**Figura 9.19**).

Antes de realizar qualquer serviço no canhão de ar, o tanque de ar deve ser totalmente descarregado de ar, e a válvula de desativação da linha de suprimento da linha de ar deve ser travada na posição

fechada, para evitar o enchimento do tanque com ar. Também é aconselhável puxar a válvula de saída de pressão para garantir que não haja ar no canal do canhão de ar. São disponibilizados canhões de ar que disparam apenas em resposta a um sinal de pressão positivo (e, portanto, não podem descarregar acidentalmente quando sem energia).

Todas as portas de entrada e inspeção devem ser travadas para evitar entrada não autorizada. Os procedimentos adequados de entrada do canal devem ser seguidos, e os canhões de ar devem ser travados e descarregados adequadamente, antes da entrada da equipe no chute. O chute ou canal deve apresentar alertas de riscos e sinalização correta (**Figura 9.20**).

Como os aparelhos de auxílio de fluxo normalmente usam ar comprimido ou outras fontes de energia que podem gerar um risco de energia armazenada, é crucial seguir os procedimentos de desligar/ bloquear/ sinalizar. Embora ainda possa haver acúmulo em um chute, sua retenção no chute deve ser enfraquecida a ponto de um ligeiro distúrbio durante a manutenção poder causar sua queda. Há um risco de choque elétrico ao trabalhar em sistemas de controle. A possibilidade de atuação remota durante a manutenção e o teste deve ser considerada, e os procedimentos devem ser colocados em prática para impedir uma atuação não pretendida.

As áreas de localização dos vibradores e canhões de ar podem exigir que os operadores das proximidades usem protetores auriculares. O tipo de canal e o tamanho do sistema de auxílio de fluxo afetarão consideravelmente os níveis de som. Devem ser feitas leituras de som, e a sinalização de precaução deve ser anexada conforme a necessidade (**Figura 9.21**).

Caso os canhões de ar e/ou os aparelhos de aeração sejam usados em chutes ou silos isolados, o aumento na pressão deve ser determinado, e a saída de pressão deve ser montada no sistema.

Figura 9.17

Outra técnica usa a descarga de um canhão de ar na parte traseira de um lençol de borracha flexível, para deslocar o material acumulado de dentro do chute.

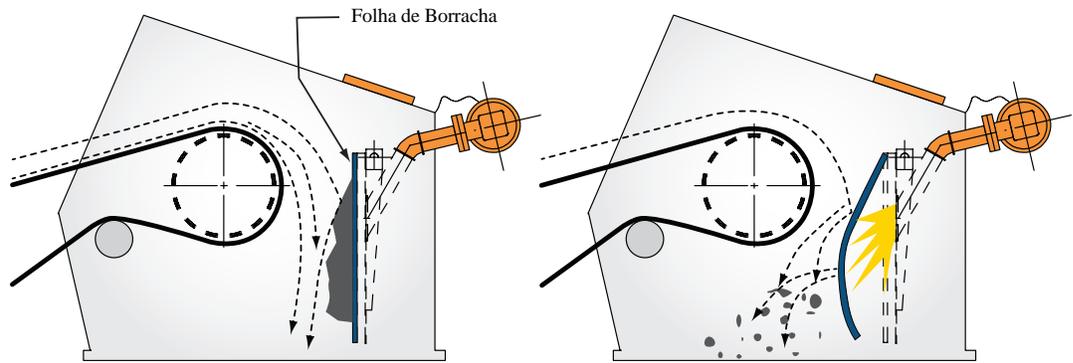
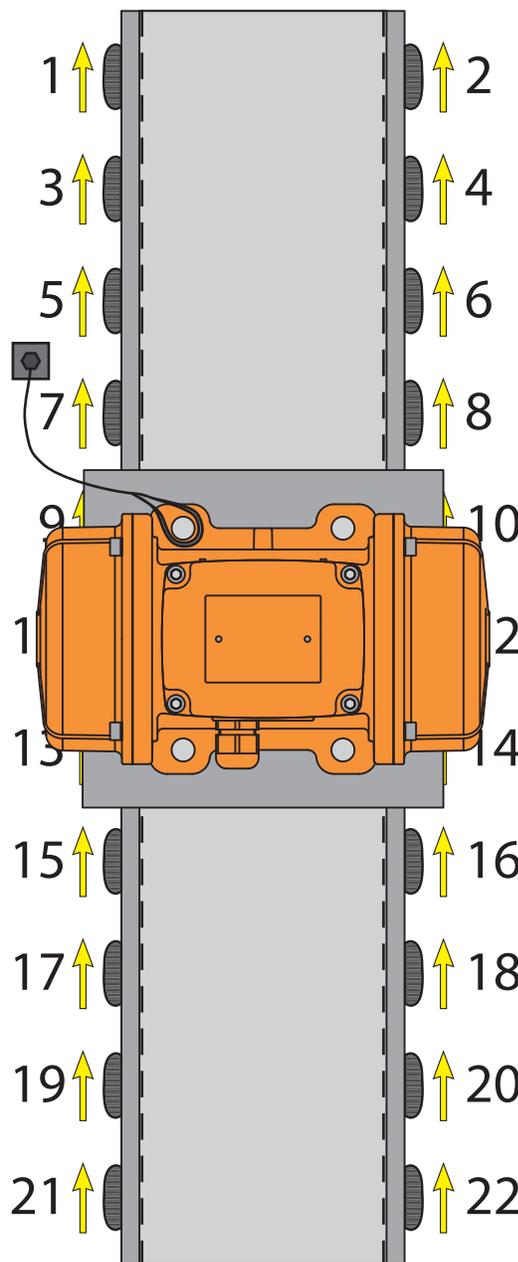


Figura 9.18

Os vibradores e montagens devem ser fixados na parede de chute por solda fixa, na qual os intervalos dos pontos de solda são separados por espaços.



A falta de volume ou pressão de ar necessária afetará o desempenho. Evitar sujeira e umidade nas linhas de suprimento de ar comprimido é crucial para os auxílios de fluxo supridos a ar. Alguns auxílios de fluxo pneumáticos requerem lubrificação, outros não. É importante seguir as exigências do fabricante para tratamento e qualidade do ar.

Os auxílios de ar muitas vezes são localizados em áreas onde estão sujeitos à queda de material, ao impacto por equipamentos em movimento e à vibração. Em função do tempo, essas condições podem deteriorar os sistemas de controle e as linhas de suprimento dos auxílios de fluxo. É importante seguir as recomendações do fabricante para inspeção e manutenção de rotina das linhas de suprimento e controles.

Os aparelhos de auxílio de fluxo desencadeiam força ao chute e ao material a granel; em função do tempo, os componentes serão desgastados, ou até mesmo quebrarão, sob condições normais. A maioria dos aparelhos de auxílio de fluxo pode ser reformada para estender sua vida útil. Como os espaçamentos e encaixes são cruciais para a operação adequada dos auxílios de fluxo, é recomendável que os aparelhos de auxílio de fluxo sejam reformados e reparados pelo fabricante - ou que o fabricante treine a equipe de manutenção da fábrica para reformar adequadamente esses equipamentos.

Uma vez que os auxílios de fluxo normalmente operam com intermitência, eles podem aparentar estarem prontos para operação, quando, na verdade, eles não estão operando em níveis normais. O aparelho de auxílio de fluxo deve ser testado periodicamente,

de acordo com as sugestões do fabricante, para garantir sua operação adequada. Um fornecedor experiente muitas vezes pode dizer, a partir do som ou efeito do aparelho de auxílio de fluxo, se é necessário repará-lo ou ajustá-lo.

APLICAÇÃO DE AUXÍLIOS DE FLUXO

As aplicações e características típicas de vários sistemas de auxílio de fluxo podem ser comparadas (**Tabelas 9.3 e 9.4**).

Em muitos casos, é vantajoso “generalizar” o tamanho dos auxílios de fluxo – especialmente vibradores – pelo tamanho de um modelo ou unidade, para que o aparelho possa ser desligado de suas tarefas regulares. Se as necessidades aumentarem, um novo vibrador não precisa ser adquirido.

Há regras gerais para tamanho e posicionamento de auxílios de fluxo, mas a experiência de diagnosticar o problema e ajustar o auxílio de fluxo para seu máximo efeito é mais uma arte que uma ciência. A seleção, a instalação e o controle dos auxílios de fluxo serão mais bem realizados por um fornecedor especialista que apresenta conhecimento acumulado de diversas instalações.

Após uma revisão das características específicas de qualquer aplicação potencial, inclusive a natureza do problema e as características do material, a escolha do tipo de auxílio de fluxo muitas vezes está relacionada à fonte disponível de energia no ponto de aplicação.

TÓPICOS AVANÇADOS

Medindo um Vibrador como Auxílio de Fluxo

A maioria dos fabricantes de vibradores fornecerá a saída de força para suas várias unidades. O usuário é encarregado de determinar a força necessária para uma determinada aplicação (**Equação 9.1**). A partir desse requisito de força, o vibrador adequado poderá ser selecionado, usando os dados técnicos do fabricante.

AUXÍLIOS DE FLUXO AJUDAM O FLUXO

Finalizando...

Qualquer tipo de sistema de auxílio de fluxo precisa ser projetado adequadamente para fornecer benefícios para uma operação. Especificações do material, características do processo, número, tamanho e localização dos aparelhos são todos elementos cruciais em um sistema de auxílio de fluxo eficiente. Caso não



Figura 9.19

Um cabo de segurança deve ligar o reservatório de ar do canhão de ar a um membro da estrutura do canal.



Figura 9.20

Os sistemas de canhões de ar requerem procedimentos adequados de entrada do canal e sinalização de segurança.



Figura 9.21

Muitos aparelhos de auxílio de fluxo exigem a indicação de sinalização de proteção sonora.

Tabela 9.3

Características de Aparelhos de Auxílio de Fluxo Comuns				
	Vibrador Linear	Vibrador de Rotação	Canhão de Ar	Aerador
Elétrico		Sim		
Pneumático	Sim	Sim	Sim	Sim
Hidráulico		Sim		
Velocidade Variável	Sim	Sim	Pode descarregar com a mesma frequência de enchimento do reservatório de ar	Sim
Força Variável	Sim	Sim	Sim	Sim
Faixa de Vibração (vpm)	1.400 a 5.500	Vibradores Pneumáticos		
	3.000 a 25.000 vpm			
	Vibradores Elétricos 600 a 3.600 rpm			

Tabela 9.4

Aplicações Adequadas para Auxílios de Fluxo por Características do Material				
Característica do Material	Vibrador Linear	Vibrador de Rotação	Canhão de Ar	Aerador
Leve e Macio		X		X
Partículas Pequenas		X		X
Partículas Grandes	X		X	
Resíduos Aderentes	X		X	
Materiais Explosivos*	X	X	X	
Partículas Congestionadoras			X	
Acúmulo Grosso de Material	X		X	

* Entrar em contato com o fabricante para produtos e acessórios especificamente projetados para locais e avaliações de caráter danoso.

sejam projetados e usados adequadamente para uma aplicação, os aparelhos de auxílio de fluxo podem gerar novos problemas.

A Seguir...

Este capítulo sobre Auxílios de Fluxo, o quarto capítulo à seção Carregando a Correia, apresenta auxílios de fluxo como um meio de melhoria do fluxo. O capítulo seguinte continua essa seção e focaliza Suporte da Correia.

REFERÊNCIAS

- 9.1 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*. Naples, Florida.
- 9.2 Qualquer fabricante e a maioria dos distribuidores de produtos de transporte podem fornecer uma variedade de materiais sobre a construção e o uso de seus produtos específicos.



Figura 10.1

Para um ponto de transferência eficaz, com o mínimo de vazamento, a linha de trajeto da correia deve ser estabilizada com o suporte de correia adequado na zona de carregamento do transportador.

Capítulo 10

SUPORTES DA CORREIA

Benefícios de Estabilidade	131
Suporte de Correia com Roletes	133
Cabines de Suporte de Correia	138
Instalação da Cabine	143
Métodos Alternativos de Suportes de Correia	145
Manutenção do Sistema	146
Especificações Mais Utilizadas	146
Questão de Segurança	147
Tópicos Avançados	147
Pague Agora ou Pague (Mais) Depois	149

Neste Capítulo...

Este capítulo tem como foco os suportes de correias na zona de carga do transportador para evitar o escape de materiais fugitivos e para impedir dano à correia e a outros componentes. Os tópicos abordados incluem correias, plataformas de deslize e mesas de impacto, bem como vários métodos alternativos para manutenção de uma linha de correia estável. Serão fornecidas equações para cálculo das exigências de energia necessárias para o suporte de correia.

A construção de uma zona de carga de transportador eficaz é como a construção de uma casa: ela começa com uma boa estrutura. Para uma casa, a estrutura consiste no piso e/ou laterais da base; no sistema de correias de um transportador, a estrutura é uma linha de correia estável, sem quedas.

Para um transportador controlar pó e vazamento, o projetista deve fazer tudo o que for possível para manter a linha de trajeto da correia reta e consistente. Embora haja diversos fatores que influenciam a linha de operação da correia, dentro e fora da zona de carregamento, o ingrediente-chave é a providência de um suporte de correia adequado.

Para um ponto de transferência eficaz, com o mínimo de vazamento, é essencial que a linha de trajeto da correia seja estabilizada com o suporte de correia adequado na zona de carregamento (**Figura 10.1**).

BENEFÍCIOS DE ESTABILIDADE

Uma linha de correia regular, sem quedas na área de transferência, é essencial para uma vedação bem sucedida da zona de carga (**Figura 10.2**). Teoricamente, a correia deveria ser mantida regular, como se ele estivesse operando sobre uma mesa que impedisse movimento em qualquer direção exceto, a direção que a carga precisa percorrer. Assim ele eliminaria quedas e seria fácil de vedar.

Uma queda de correia, quando vista do lado do ponto de transferência, é o desvio vertical da correia a partir de uma linha reta traçada por toda a superfície de duas roldanas adjacentes (**Figura 10.3**). O formato de uma correia saliente é considerado uma curva catenária, uma curva natural formada quando um cabo é suspenso por suas pontas.

Se a correia apresenta quedas entre as roldanas abaixo da zona de carregamento ou desvios sob a pressão do carregamento, resíduos e cascalhos vão se espalhar pelos lados do transportador, caindo sobre o chão como vazamento ou se espalhando no ar como uma nuvem de pó. Pior ainda, esses materiais podem se encaixar em pontos de travamento, onde eles podem emperrar a correia ou danificar o sistema de vedação e outros componentes, agravando o problema de vazamento. Uma pequena quantidade de quedas na correia – quedas não visíveis a olho nu – é suficiente para permitir que os resíduos fiquem presos, causando desgaste abrasivo sobre o sistema de vedação da calha-guia e sobre a superfície da correia. Uma fenda na cobertura da correia ao longo do seu comprimento inteiro na área de transferência, normalmente pode ser atribuída ao material capturado nos pontos de travamento (**Figura 10.4**). Ao evitar quedas na correia, o número e o tamanho dos pontos de travamento



Figura 10.2

Uma linha de correia regular, sem quedas na área de transferência é essencial para a vedação bem-sucedida da zona de carga.

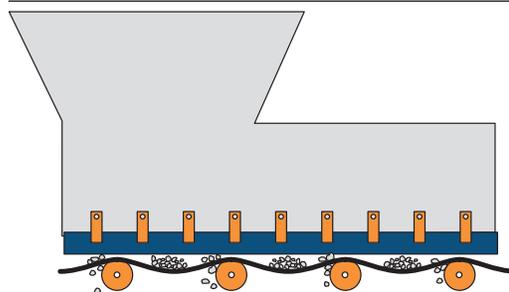


Figura 10.3

A queda da correia é um desvio vertical da correia a partir de uma linha reta desenhada pela superfície de duas roldanas adjacentes.



Figura 10.4

Uma fenda na cobertura da correia ao longo do seu comprimento total, na área de transferência, normalmente pode ser atribuída ao material capturado nos pontos de travamento.

são reduzidos, diminuindo, portanto, a possibilidade de danos à correia.

Para impedir vazamento e reduzir o escape de material fugitivo, a queda da correia deve ser eliminada o máximo possível. É particularmente importante controlar as quedas na zona de carregamento do transportador, onde a carga constantemente apresenta mudança de peso. Essas mudanças na carga carregam pó para fora do sistema de vedação e conduzem partículas para os pontos de travamento entre o placa de desgaste ou a vedação e a correia.

Métodos de Controle de Quedas

Trata-se de métodos para reduzir as quedas da correia ao longo do comprimento total do transportador e aumentar a tensão da correia. No entanto, há desvantagens nisso, como um aumento no consumo de potência de condução e mais pressão sobre a correia, emenda(s) e outros componentes. Ao usar mais tensão para reduzir quedas, a tensão máxima permitida do correia nunca deve ser excedida.

Após alcançar a tensão de correia necessária pela correia transportadora e pela carga no sistema, o método recomendado para reduzir as quedas da correia é melhorar o sistema de suporte de correia do transportador (**Figura 10.5**).

Suporte de Correia Adequado

Uma resposta para uma linha de trajeto de correia estável, sem queda, é o suporte apropriado. A quantidade de suporte necessária é determinada pelas características específicas de cada transportador e de sua(s) zona(s) de carregamento de material. Os fatores a serem avaliados incluem o ângulo de convexidade e a velocidade de trajeto do transportador sendo carregado, o peso do material, o tamanho do maior cascalho, a altura de queda do material

e o ângulo e a velocidade do movimento do material durante o carregamento.

É essencial que a correia seja estabilizada por todo o comprimento da zona de carregamento. Sistemas de suporte, além dos requisitos mínimos, fornecerão riscos pequenos, bem como um aumento incidental nas exigências de potência do transportador. Um sistema de suporte de correia mais curto que o necessário pode causar oscilações na estabilidade da correia no fim do sistema de suporte, potencialmente gerando problemas de vazamento que resultarão em um sistema de suporte de correia instalado quase inútil. O suporte de correia é como dinheiro: é muito melhor ter um pouco mais do que perder um pouco menos.

Aspectos Básicos na Construção do Suporte de Correia

É essencial que os reforçadores – a estrutura de suporte do transportador acima da qual todos os outros componentes são instalados – estejam retos e paralelos para um suporte de correia adequado. Caso contrário, eles devem ser alinhados ou substituídos. A investigação a laser é o método preferido para verificar o alinhamento dos reforçadores. (*Consultar Capítulo 16: Alinhamento das Correias.*)

A base deve fornecer uma estrutura de suporte rígida para evitar o desvio dos reforçadores. A quantidade de material sendo carregado e o nível das forças de impacto devem ser considerados para evitar excesso de desvio sob a carga. Reforçadores espaçados adequadamente, amarrados a um solo rígido, garantem uma base boa para a estrutura restante.

A Associação de Fabricantes de Equipamentos de Transporte (Conveyor Equipment Manufacturers Association – CEMA) é uma fonte valiosa para padrões de construção de transportadores e zonas de carregamento: “Conveyor Installation Standards for Belt Conveyors Handling Bulk Materials” (*Referência 10.1, pag. 151*).

Há uma série de técnicas e componentes que podem ser usados, independentemente ou em combinação, para controlar quedas na correia, pela melhoria do suporte de correia na zona de carregamento. Eles incluem roldanas, cabines de suporte de correia e cabines de impacto.

10

Figura 10.5

Para reduzir as quedas da correia, é necessário melhorar o sistema de suporte de correia do transportador.



SUPORTE DE CORREIA COM ROLDANAS

O meio básico de suporte para uma correia transportadora são as roldanas. Uma roldana consiste em um ou mais roletes – cada um contendo um ou mais rolamentos para garantir o rolamento livre. Os roletes são suportados, ou suspensos, por uma estrutura instalada pelos reforçadores do transportador (**Figura 10.6**). As roldanas são os componentes mais numerosos do transportador, em termos do número usado em um transportador particular e em número de estilos e opções disponíveis. Há vários tipos, mas todos eles compartilham as mesmas responsabilidades: moldar e dar suporte à correia e à carga, enquanto minimizam a potência necessária para transportar os materiais.

A Família de Roldanas

As roldanas são classificadas de acordo com o diâmetro do rolo, o tipo de serviço, as condições de operação, a carga da correia e sua velocidade. Elas são classificadas de acordo com sua capacidade de carregamento com base na vida útil calculada do rolamento. A CEMA usa um código de dois caracteres que expressa a classificação das roldanas e a taxa de carga implicada, com um código de letra seguido pelo diâmetro da roldana em polegadas, resultando em classes de B4 a F8 (**Tabela 10.1**). Outras regiões podem possuir sistemas de classificação diferentes.

Independentemente dos códigos e classificações, o essencial é garantir a consistência de cada transportador – que todas as roldanas de um determinado transportador estejam de acordo com os mesmos padrões e, teoricamente, sejam fornecidas pelo mesmo fabricante.

Há uma ampla variedade de categorias de roldanas, dependendo da aplicação pretendida.

Roldanas de Carregamento

As roldanas de carregamento fornecem suporte para a correia enquanto carregam o material. Elas estão disponíveis em modelos regulares ou convexos. O modelo regular normalmente consiste em um rolo horizontal único para uso em correias planas, como os alimentadores de correia.



Figura 10.6

Uma roldana consiste em um ou mais roletes, cada um com um ou mais rolamentos. Os roletes são suportados, ou suspensos por uma estrutura instalada pelos reforçadores do transportador.

Classificações de Roletes (Com Base nos Padrões CEMA)					
Classificação de Rolete CEMA	Diâmetro do Rolo		Largura da Correia		Descrição
	mm	in.	mm	in.	
B4	102	4	450-1.200	18-48	Demanda Leve
B5	127	5	450-1.200	18-48	
C4	102	4	450-1.500	18-60	Demanda Média
C5	127	5	450-1.500	18-60	
C6	152	6	600-1.500	24-60	
D5	127	5	600-1.800	24-72	
D6	152	6	600-1.800	24-72	Demanda Pesada
E6	152	6	900-2.400	36-96	
E7	178	7	900-2.400	36-96	
F6	152	6	1500-2.400	60-96	
F7	178	7	1500-2.400	60-96	
F8	203	8	1500-2.400	60-96	

Tabela 10.1

As dimensões métricas são conversões da Martin; as larguras de correia podem não corresponder aos tamanhos métricos da correia em questão.

Figura 10.7

O conjunto de roletes convexos normalmente consiste em três rolos – um rolo horizontal no centro, com centro com roletes inclinados (aletados) nos dois lados.



Figura 10.8

Os roletes de “coleta” incorporam um rolo central mais longo e roletes inclinados mais curtos para suprir uma área de carga grande.

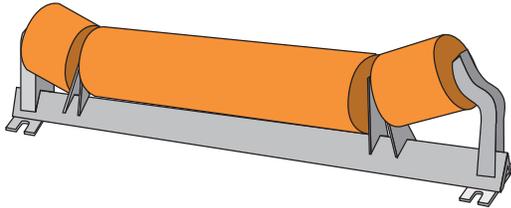


Figura 10.9

Com roletes alinhados, a linha central dos três rolos será alinhada.

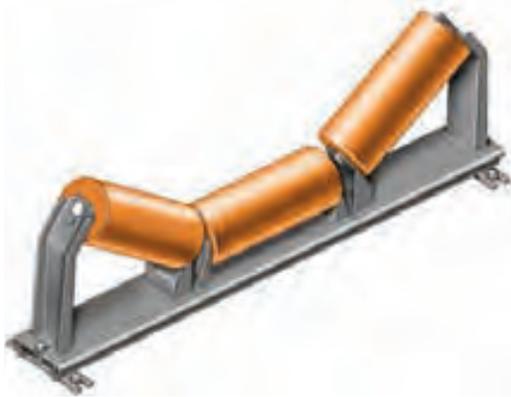


Figura 10.10

Roletes desalinhados, com o rolete central colocado em uma linha central diferente dos rolos aletados, podem reduzir a altura total do conjunto de roldanas.

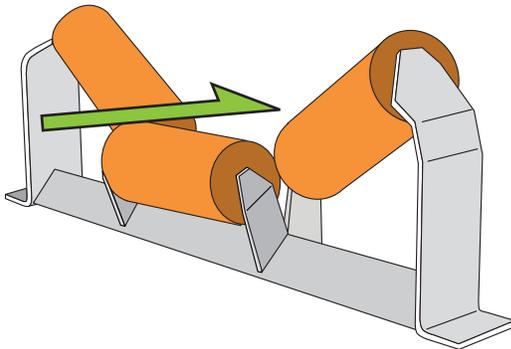
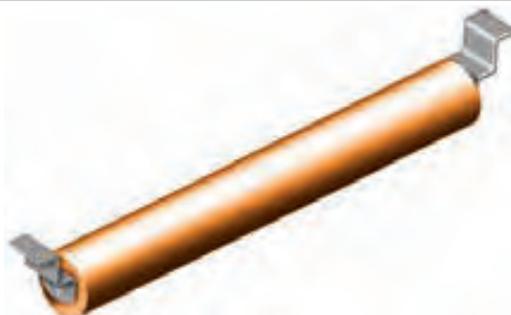


Figura 10.11

Usado para suportar a correia em seu ciclo de volta à zona de carregamento, os roletes de retorno normalmente consistem em um único rolo horizontal suspenso pelo lado inferior dos reforçadores do transportador.



A roldana convexa normalmente consiste em três rolos – um rolo horizontal no centro, com rolos inclinados (ou aletados) nos dois lados (**Figura 10.7**). O ângulo dos roletes inclinados a partir do eixo horizontal é chamado de ângulo convexo. Geralmente, os três rolos possuem o mesmo comprimento, embora haja conjuntos que incorporam um rolo maior no centro e roletes inclinados menores, chamados de roletes de “coleta”. Esse modelo oferece uma área plana maior para carregar o material enquanto permite a inspeção ou a “coleta” da carga (**Figura 10.8**).

Os conjuntos de roletes convexos estão disponíveis com roletes de inclinação (**Figura 10.9**) – as linhas centrais dos três rolos são alinhadas – e os roletes de saída – o rolo central possui uma linha de centro diferente dos roletes aletados, normalmente com a correia passando sobre o rolete central antes dos roletes aletados (**Figura 10.10**). Desalinhar os roletes pode reduzir a altura total do conjunto de roletes e, adequadamente, é um ato popular em aplicações de mineração subterrânea, onde o compartimento frontal é muito procurado. Roletes desalinhados eliminam o espaço entre os roletes, reduzindo a chance de um tipo de dano de correia chamado de falha na articulação de emenda.

Roletes de Retorno

Os roletes de retorno fornecem suporte para a correia em seu ciclo de volta à zona de descarga, após descarga do material. Esses roletes normalmente consistem em um único rolo horizontal suspenso pelo lado inferior dos reforçadores do transportador (**Figura 10.11**). Os roletes em V, incorporando dois rolos menores, algumas vezes são instalados para melhorar o alinhamento da correia (**Figura 10.12**).

Roldanas de Teste

Há uma série de modelos para roldanas de teste que servem para manter a correia em operação no centro da estrutura do transportador. Normalmente, esses roletes são alinhadas sozinhas: elas reagem a qualquer desalinhamento da correia para se moverem em uma posição que tentará regular a correia de volta ao centro (**Figura 10.13**). Estão disponíveis para aplicações dos lados de carregamento e de retorno. (*Consultar Capítulo 16: Alinhamento das Correias*).

Os roletes de teste de correia nunca devem ser instaladas sob o lado de carregamento da correia na zona de cara, pois elas permanecem mais altas do que os roletes de carga regulares adjacentes e aumentam a correia conforme elas rodam.

Roletes de Impacto

Os roletes de impacto com discos de borracha são uma solução para absorver impacto na zona de carregamento da correia (**Figura 10.14**). Essas roldanas usam roletes compostos por discos de borracha resilientes para atenuar a força de carregamento. Os roletes de impacto geralmente possuem a mesma característica de carga que os roletes padrão, pois elas usam os mesmos rolamentos. As coberturas de borracha absorvem um pouco da energia para proporcionar o benefício de absorção de impacto.

Uma desvantagem do uso de roletes de impacto na zona de carregamento é que cada rolete suporta a correia apenas em cima de si mesmo. Não importa a proximidade, o formato redondo do rolete e a capacidade da borracha de desviar sob a carga permitirão que a correia transportadora oscile ou faça quedas não previstas no perfil plano ideal (**Figura 10.15**). Essa queda permite e incentiva o escape ou travamento de material fugitivo. O intervalo de espaço entre os roletes de impacto oferece uma pequena proteção contra materiais presos, que se desprendem de cima e penetram na correia.

Mesmo os roletes de impacto estão sujeitos a danos de choque, acarretando rolamentos danificados e roletes com cascalhos muito grandes ou impactos incomuns (**Figura 10.16**). Os roletes com rolamentos desgastados ou danificados causam a operação errada da correia, permitindo desregulagem e vazamento nos lados da correia. Roletes danificados por impacto forte ou comprometidas devido ao material fugitivo aumentam significativamente a potência de consumo do transportador. Em muitos casos, torna-se mais eficaz absorver o impacto com cabines de impacto, conforme discutido a seguir.

Espaçamento de Roletes

O espaçamento entre os componentes de rolagens possui um efeito dramático sobre as missões de formato e suporte dos roletes. Roletes colocados a distâncias muito grandes não suportarão adequadamente a correia nem

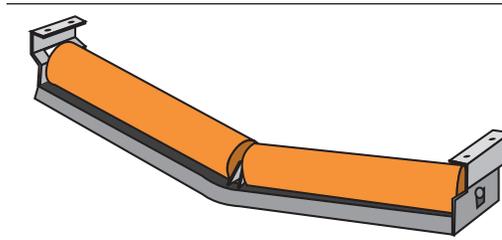


Figura 10.12

Os roletes de retorno V, que incorporam dois rolos menores, algumas vezes são instaladas para melhorar o alinhamento da correia.

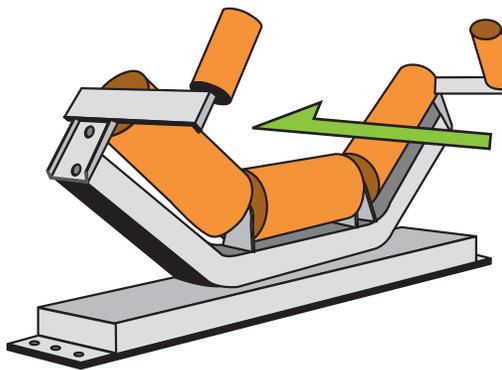


Figura 10.13

Disponíveis para o lado de carga e de retorno do transportador, os roletes de teste se alinham sozinhas para manter a correia justificada no caminho adequado.



Figura 10.14

Os roletes de impacto são roletes compostos por discos de borracha resiliente para atenuar a força de carregamento.



Figura 10.15

O formato redondo do rolete e a capacidade da borracha de desviar sob a carga permitirão que a correia transportadora oscile e faça quedas não previstas no perfil plano ideal.



Figura 10.16

Embora projetados para atenuar as forças de carregamento, os roletes de impacto estão sujeitos a danos de impacto, causando a ocorrência de cascalhos muito grandes ou impactos incomuns em estruturas curvas, roletes ou rolamentos danificados.

possibilitarão a manutenção do perfil adequado. Colocar roletes muito perto uns dos outros melhorará o perfil e o suporte da correia, mas aumentará os custos de construção do transportador e poderá causar um aumento no consumo de potência do transportador.

Normalmente, os roletes são colocados perto o bastante para suportar uma correia completamente carregada, para que não haja excesso de quedas entre elas. Se há muita queda na correia, a carga muda conforme ela é transportada para cima sobre, cada rolete, e para baixo, por entre os vales. Essa mudança de carga aumenta o desgaste da correia e o consumo de potência. A queda também incentiva o vazamento de material. A CEMA publicou tabelas de espaçamento recomendado entre os roletes para aplicações fora da zona de carregamento (**Tabela 10.2**).

O espaçamento dos roletes de retorno é determinado pelo peso da correia, pois nenhuma outra carga é suportada por esses roletes, e o vazamento relacionado a quedas não é um problema nesse lado do transportador. O espaçamento típico do rolete de retorno é de 3 metros (10 ft).

Roletes na Área de Transferência

A forma básica e tradicional de melhorar o suporte da correia e, portanto, reduzir a queda sob a zona de carregamento ou qualquer outro lugar, ao longo do transportador, é aumentar o número de roletes. Ao aumentar o número de roletes em um determinado espaço – e, conseqüentemente, reduzir o espaço entre os roletes –, o potencial de queda de correia é reduzido (**Figura 10.17**). Os roletes normalmente podem ser posicionados para que seus rolos estejam dentro de 25 milímetros (1 in.) de distância entre si (**Figura 10.18**).

No entanto, esse método possui suas desvantagens. Conforme os roletes são encaixados com mais força, fica mais difícil repará-los. Os conjuntos de roletes geralmente recebem manutenção ao se deitar a estrutura em seu lado para permitir a lubrificação e substituição dos rolos. se os roletes tiverem um espaçamento muito estreito, não há espaço disponível para deitar o conjunto de roletes em seu lado a fim de permitir a realização da

Figura 10.17

O método tradicional de reduzir a queda da correia sob a zona de carregamento é aumentar o número de roldanas em um determinado espaço, reduzindo, conseqüentemente, o espaço entre as roldanas.



Tabela 10.2

Espaçamento Recomendado de Roletes para Aplicações Fora da Zona de Carregamento, conforme Publicação da CEMA

Espaçamento do Rolete de Retorno	Largura da Correia	Espaçamento da Rolete no lado de Carga Fora da Zona de Carga					
		Peso do Material Manuseado em kg/m ³ (lbm/ft ³)					
		480 (30)	800 (50)	1.200 (75)	1.600 (100)	2.400 (150)	3.200 (200)
m (ft)	mm (in.)	m (ft)	m (ft)	m (ft)	m (ft)	m (ft)	m (ft)
3,0 (10,0)	457 (18)	1,7 (5,5)	1,5 (5,0)	1,5 (5,0)	1,5 (5,0)	1,4 (4,5)	1,4 (4,5)
3,0 (10,0)	610 (24)	1,5 (5,0)	1,4 (4,5)	1,4 (4,5)	1,2 (4,0)	1,2 (4,0)	1,2 (4,0)
3,0 (10,0)	762 (30)	1,5 (5,0)	1,4 (4,5)	1,4 (4,5)	1,2 (4,0)	1,2 (4,0)	1,2 (4,0)
3,0 (10,0)	914 (36)	1,5 (5,0)	1,4 (4,5)	1,2 (4,0)	1,2 (4,0)	1,1 (3,5)	1,1 (3,5)
3,0 (10,0)	1067 (42)	1,4 (4,5)	1,4 (4,5)	1,2 (4,0)	1,1 (3,5)	0,9 (3,0)	0,9 (3,0)
3,0 (10,0)	1219 (48)	1,4 (4,5)	1,2 (4,0)	1,2 (4,0)	1,1 (3,5)	0,9 (3,0)	0,9 (3,0)
3,0 (10,0)	1372 (54)	1,4 (4,5)	1,2 (4,0)	1,1 (3,5)	1,1 (3,5)	0,9 (3,0)	0,9 (3,0)
3,0 (10,0)	1524 (60)	1,2 (4,0)	1,2 (4,0)	1,1 (3,5)	0,9 (3,0)	0,9 (3,0)	0,9 (3,0)
2,4 (8,0)	1829 (72)	1,2 (4,0)	1,1 (3,5)	1,1 (3,5)	0,9 (3,0)	0,8 (2,5)	0,8 (2,5)
2,4 (8,0)	2134 (84)	1,1 (3,5)	1,1 (3,5)	0,9 (3,0)	0,8 (2,5)	0,8 (2,5)	0,6 (2,0)
2,4 (8,0)	2438 (96)	1,1 (3,5)	1,1 (3,5)	0,9 (3,0)	0,8 (2,5)	0,6 (2,0)	0,6 (2,0)

Conversão métrica adicionada pela Martin; as larguras de correia podem não corresponder aos tamanhos métricos de correia em uso.

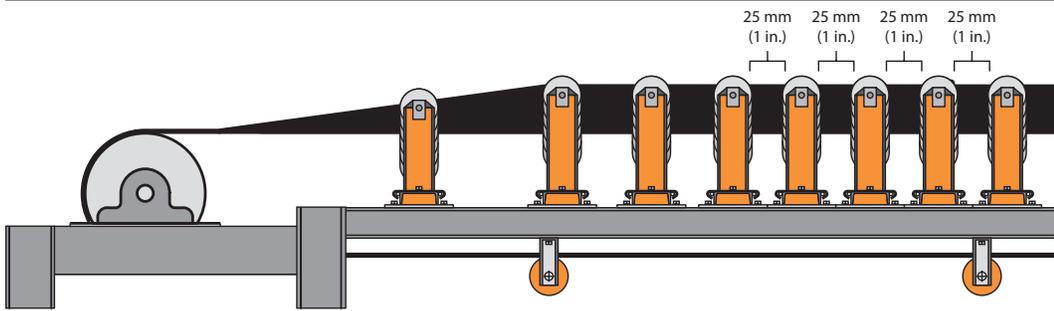


Figura 10.18

Os roletes normalmente podem ser posicionadas de forma que seus rolos tenham uma distância de 25 milímetros (1 in.) entre si.

manutenção (**Figura 10.19**). Para alcançar um conjunto de roletes, um ou mais conjuntos adjacentes devem ser removidos, gerando uma reação de “efeito dominó”.

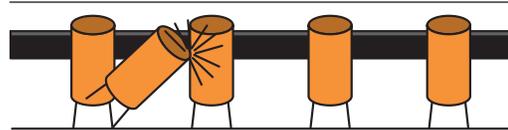


Figura 10.19

Se os roletes estiverem muito próximo uns dos outros, não haverá espaço para o conjunto de roletes ser deitado em seu lado para manutenção.

Roletes Alinhados

Os roletes alinhados, que deslizam em sua posição, são uma solução para os problemas de reparo de roletes muito próximos. Esses roletes são montados em uma viga de aço que forma uma fileira, permitindo que cada rolete seja instalado ou removido com um movimento de deslize perpendicular ao caminho do transportador (**Figura 10.17** e **Figura 10.20**). Os roletes usados em configurações alinhadas podem ser roletes de aço ou roletes de impacto com anéis de borracha. Com os roletes alinhados, cada rolete, ou cada conjunto, pode ser reparado sem deitar a estrutura em seu lado ou levantar a correia.

O alinhamento sobre o qual os roletes (e/ou outros componentes de suporte de correia) deslizam fornece um suplemento para a estrutura do transportador. Esse alinhamento pode ser incorporado ao desenho do transportador como parte da estrutura (**Figura 10.21**). Incorporar um sistema de deslize durante a fase de projeto do transportador permite o uso de unidades de combinação, mesas, roletes ou estruturas de suporte modulares e simplifica a instalação de componentes. Isso é particularmente benéfico em correias largas, onde componentes largos podem, por outro lado, precisar de guinchos ou outro equipamento pesado para instalação.

Dicas para a Instalação de Roletes

Ao instalar roletes em um ponto de transferência, elas devem estar paralelas aos reforçadores e alinhadas horizontal e verticalmente ao longo do transportador. Variações causarão pontos de travamento,

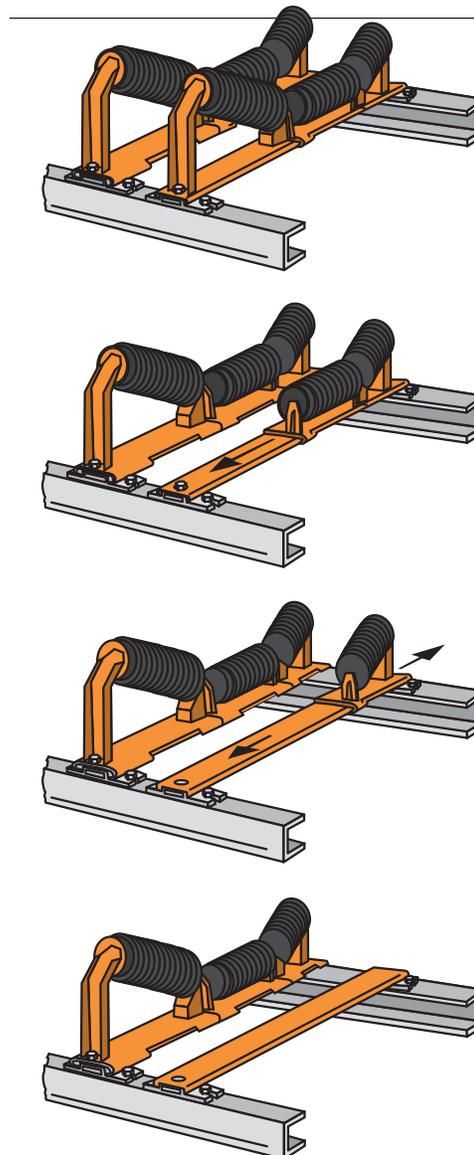


Figura 10.20

Roletes alinhados solucionam os problemas de manutenção de roletes muito próximos, permitindo que cada rolete seja instalado ou removido com um movimento de deslize.

capturando o material que causará vazamento e dano à correia. A investigação a laser pode ser usada para garantir o alinhamento de todos os componentes de rolagem. (Consultar Capítulo 16: *Alinhamento das Correias.*)

Os padrões de roletes apresentam tolerâncias para diâmetro de rolo, circularidade, altura do rolo central e ângulo convexo. Mesmo uma ligeira diferença nas dimensões de um rolete - a diferença de um fabricante para outro - podem gerar oscilação na linha da correia, impossibilitando uma vedação eficaz. Os roletes devem ser alinhados com cuidado e equilibrados

para que não produzam quedas ou valas na correia. Os roletes devem ser verificados quanto à concentricidade; quanto mais desalinhados estiverem, maior será a tendência de balanço ou desequilíbrio da correia. Apenas roletes fornecidos pelo mesmo fabricante e com o mesmo ângulo convexo, classe e diâmetro de rolo devem ser usados na área de transferência de um transportador.

10

Figura 10.21

O alinhamento sobre o qual os roletes deslizam pode ser incorporado ao desenho do transportador como parte da estrutura.

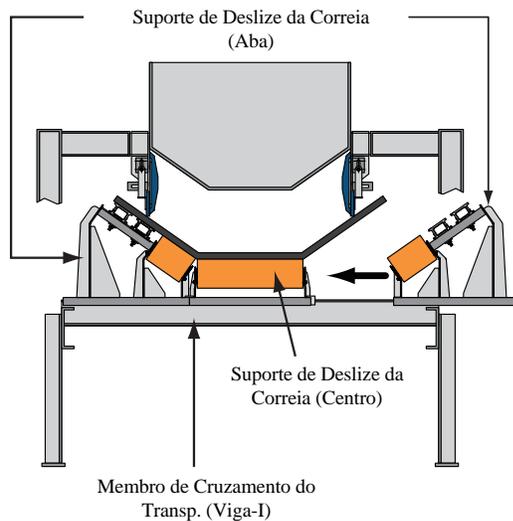


Figura 10.22

Para fornecer uma mesa plana que permita uma vedação eficaz, muitos transportadores usam cabines em vez de roletes, na zona de carregamento do transportador.

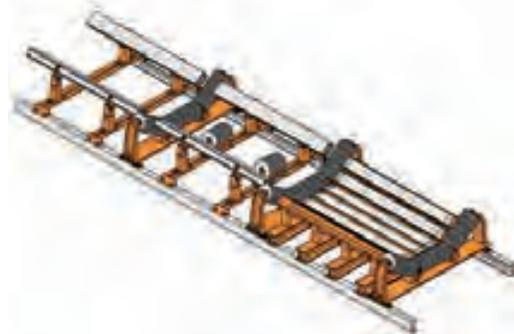


Figura 10.23

O suporte de borda de "trilho lateral" coloca uma ou mais barras de baixa fricção nos dois lados do transportador diretamente sob a vedação da calha-guia.



MESAS DE SUPORTE DE CORREIA

O conceito de "mesa plana" para boa vedação é tão importante que muitos projetistas agora usam cabines no lugar de roletes sob as zonas de carregamento do transportador (**Figura 10.22**). Em vez de usar os "canos" de rolagem de um rolete, as cabines usam uma variedade de barras de baixa fricção para suportar o perfil da correia.

Nessa discussão de sistemas de suporte de correia, os termos cabine, mesa ou plataforma devem ser considerados sinônimos.

Todas as mesas de suporte de correia desempenham duas funções - controlar queda na correia, na zona de carregamento, para cortar vazamento, e fornecer uma superfície plana sobre a qual a correia possa passar. Além disso, as mesas de impacto reduzem o dano à correia pela absorção das forças, a partir do ajuste do material sobre a correia. Outros benefícios do uso de mesas sob os pontos de transferência incluem uma redução nas partes em movimento e a eliminação da necessidade de lubrificação. O desenho modular de um sistema de mesa típico permite que o suporte da correia seja estendido conforme as circunstâncias exijam.

Mesa de Vedação Lateral

Os sistemas de vedação lateral são elaborados para fornecer um suporte contínuo da correia e para manter o perfil plano da correia nas bordas.

Uma forma de suporte por vedação lateral é a configuração de "trilho lateral". Esse sistema coloca uma ou mais barras de baixa fricção nos dois lados do transportador diretamente sob a vedação da calha-guia (**Figura 10.23**). As barras servem para suportar as laterais da correia, permitindo uma vedação eficaz da borda da correia.

Cada instalação de uma mesa de vedação lateral pode ter uma ou mais mesas, dependendo do comprimento do ponto de transferência, da velocidade da correia e de outras características do transportador. O topo dessas barras deve ser instalado alinhado com o topo das roldanas de entrada e saída, para evitar a geração de pontos de travamento (Figura 10.24). Quando são usadas várias mesas de vedação lateral, os roletes devem ser colocados entre as mesas.

Em correias mais rápidas, mais largas e com carga mais pesada, as mesas de vedação lateral podem precisar de mais de uma barra em cada lado para suportar a borda da correia. Em correias mais largas, muitas vezes é necessário adicionar um rolo de suporte central ou outras barra de baixa fricção sob o meio da correia (Figura 10.25).

As barras de deslize para a mesa de vedação podem ser fabricadas a partir de plásticos de baixa fricção, como o polietileno de Ultra-Alto Peso Molecular (UHMW). Esses materiais fornecem uma superfície autolubrificante de baixa perda que reduz o acúmulo de calor e evita desgaste na correia ou na barra. Um desenho adequado apresenta barras formadas em configuração de “caixa” ou “H”, considerando o uso das superfícies superior e inferior (Figura 10.26).

A velocidades de transporte acima de 3,8 metros por segundo (750 ft/min), o calor gerado pela fricção da correia pode reduzir o desempenho das barras de plástico. Consequentemente, o uso de barras de suporte de aço inoxidável é considerado aceitável nessas aplicações. As barras de aço inoxidável também devem ser incorporadas em aplicações com temperatura de serviço acima de 82°C (180°F).

As regulamentações de segurança podem limitar a escolha dos materiais usados nos sistemas de suporte de barras. A maioria dos países possui regulações exigindo materiais antiestáticos e/ou resistentes a fogo, usados em contato com a correia, em aplicações subterrâneas. Outras exigências regionais ou da fábrica podem determinar os materiais a serem usados.

As barras de baixa fricção devem ser suportadas em uma estrutura ajustável, para permitir fácil instalação, alinhamento e manutenção. Essa estrutura deve acomodar

várias combinações de roletes e larguras da parede de chute e considerar ajuste para desgaste.

As barras devem ser mantidas em posição de suporte sem o risco de o *hardware* de montagem ou os fixadores entrarem em contato com a correia. Por exemplo, os fixadores que mantêm as barras no lugar devem ser instalados paralelamente, em vez de perpendiculares à correia (Figura 10.27).

A mesa de vedação lateral pode ser adicionada para incrementar a fricção da correia e as exigências de energia do transportador. No entanto, esse aumento marginal em consumo de energia é mais que estabelecido pela eliminação de gastos com a limpeza do vazamento da transferência, danos nos pontos de travamento



Figura 10.24

Para evitar a geração de pontos de travamento, o topo das barras de suporte da correia devem ser instalados alinhados com o topo dos roletes de entrada e saída.



Figura 10.25

Em correias mais largas, pode ser necessário adicionar mais rolos de suporte ou barras de baixa fricção no centro da cabine de suporte.

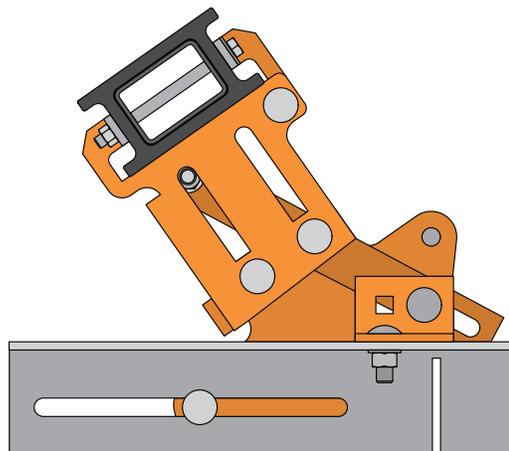


Figura 10.26

Uma mesa de impacto adequada apresenta barras formadas em “caixa” ou “H”, permitindo o uso das superfícies superior e inferior.

e ociosidade não prevista, necessários para a manutenção do rolete ou para a substituição da correia.

Figura 10.27

As barras devem ser mantidas na posição de suporte, sem o risco de o hardware de montagem e os fixadores entrarem em contato com a correia.



Figura 10.28

O impacto na zona de carregamento a partir de quedas demoradas de material ou cascalhos grandes pode danificar os componentes e gerar vazamento.



Figura 10.29

As mesas de impacto são instaladas diretamente sob a zona de queda de material para comportar o impacto do choque do material que atingem a correia.



Figura 10.30

As mesas de impacto são compostas por uma estrutura de aço que suporta um conjunto de barras de absorção de impacto. As barras combinam uma superfície plana com uma ou mais camadas secundárias tipo esponja para absorver a energia do impacto.



Mesas de Impacto

Nada pode danificar a correia de um transportador e os componentes do ponto de transferência e gerar vazamento de material tão rápida e drasticamente como o impacto na zona de carregamento a partir de objetos pesados ou cascalhos com pontas afiadas (**Figura 10.28**). Independentemente de vir de quedas grandes de material ou de cascalhos grandes – ou pedregulhos ou metal de raspagem –, esses impactos danificarão componentes como roletes ou faixas de vedação. O impacto também pode gerar um efeito de “tremor” na correia, desestabilizando sua linha de trajeto e aumentando o vazamento de material. Impactos pesados ou constantes também podem danificar a cobertura da correia e enfraquecer sua carcaça. Consequentemente, os engenheiros do sistema têm várias iniciativas para reduzir os níveis de impacto nas zonas de carregamento, inclusive a inclusão de chutes projetados, caixas de rochas ou desenhos que carregam os materiais finos antes dos cascalhos.

No entanto, em muitos casos, não é possível eliminar totalmente o impacto, tornando-se, então, necessário instalar algum tipo de sistema de absorção de energia sob as zonas de carregamento. Se alguém deitasse a correia em um piso de concreto e, golpeasse com um machado ou marreta, a correia seria danificada. No entanto, se alguém colocasse camadas de espuma entre a correia e o piso, a correia seria de certa forma protegida. Dessa forma, um sistema de suporte de correia contra impacto protege a correia sob condições graves de impacto no carregamento.

As mesas de impacto são instaladas diretamente sob a zona de queda do material para comportar o impacto do choque do material que acerta a correia conforme ela é carregada (**Figura 10.29**). Essas mesas normalmente são compostas por uma série de barras individuais de absorção de impacto, encaixadas em uma estrutura de suporte de aço. As barras são compostas por materiais elastoméricos duráveis, que combinam uma superfície plana – permitindo que a correia deslize sobre ela para minimizar a fricção – com uma ou mais camadas secundárias tipo-esponja, para absorver a energia do impacto (**Figura 10.30**).

Alguns fabricantes alinham um grupo de barras longas – geralmente 1,2 metros (4 ft)

de comprimento – em uma mesa, com as barras operando paralelamente na direção do trajeto da correia. Outros fabricantes usam segmentos modulares mais curtos, que alinham para formar uma plataforma perpendicular ao trajeto da correia. Essas plataformas geralmente são de 300 milímetros (12 in.) de largura. O número de mesas e plataformas necessárias é determinado pelo comprimento da zona de impacto. O número de barras necessárias em uma determinada mesa ou plataforma é determinado pela largura da correia transportadora.

Alguns sistemas apresentam uma superfície plana e uma camada inferior almofadada permanentemente anexada; outros apresentam componentes separados que são colocados junto na aplicação. As mesas de impacto estão disponíveis em um modelo alinhado, que simplifica a substituição de barras, quando necessário (**Figura 10.31**).

O limite para a quantidade de impacto que pode ser absorvido pela correia, em combinação com uma mesa de impacto, é baseado na capacidade da correia de resistir à energia de demolição. Para zonas de carregamento com os níveis mais altos de impactos, toda a instalação da mesa de impacto pode ser montada em uma estrutura de absorção de choque, como molas ou almofadas de ar. Embora isso efetivamente reduza a danificação de toda a zona de carregamento e, portanto, absorva a força de impacto, isso também apresenta uma desvantagem de

permitir um desvio vertical da correia na área de transferência, dificultando a vedação da zona de carregamento.

Padrão para Mesas de Impacto

O padrão CEMA STANDARD 575-2000 fornece um sistema de classificação de fácil uso para mesas de impacto em aplicações de manuseio de materiais a granel. Esse sistema oferece a fabricantes e usuários um sistema comum de classificação para reduzir a chance de má aplicação.

O sistema de classificação de mesas de impacto é baseado na energia de impacto gerada pelo material a granel para estabelecer uma classificação de demanda para a dada aplicação. A exigência de força de impacto é determinada para cada aplicação pelo cálculo do pior caso de impacto. Para uma determinada aplicação, deve ser calculado o impacto do maior cascalho (**Equação 10.1**) (**Figura 10.32**) e de um fluxo homogêneo contínuo



Figura 10.31

As mesas de impacto estão disponíveis em um modelo alinhado, que simplifica a substituição de barras quando necessário.

$$F_i = W + \sqrt{2 \cdot k \cdot W \cdot h_d}$$

Dados: Um cascalho de material com um peso (força) de 475 newtons (100 lbf) tem uma queda de 4 metros (13 ft) sobre uma mesa de impacto, com uma constante geral da mola de 1.000.000 newtons por metro (70.000 lbf / ft). Encontrar: A força de impacto gerada pelo cascalho de material.

Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
F_i	Força de Impacto	newtons	libra-força
k	Constante da Mola do Sistema que está Absorvendo o Impacto	1.000.000 N/m	70.000 lb _f /ft
W	Peso (Força) do Maior Cascalho de Material	475 N	100 lb _f
h_d	Altura da Queda	4 m	13 ft

Métrico: $F_i = 475 + \sqrt{2 \cdot 1000000 \cdot 475 \cdot 4} = 62119$

Imperial: $F_i = 100 + \sqrt{2 \cdot 70000 \cdot 100 \cdot 13} = 13591$

F_i	Força de Impacto	62119 N	13591 lb _f
-------	------------------	---------	-----------------------

Equação 10.1

Cálculo da força de impacto de um cascalho de material (CEMA STANDARD 575-2000).

(Equação 10.2) (Figura 10.33). A maioria das aplicações utiliza a maior destas duas forças.

Os números de referência para força de impacto são então utilizados para selecionar uma das três classificações de uma tabela **(Tabela 10.3)**.

As equações usadas pela CEMA geralmente são aceitas como aproximações razoáveis de forças de impacto. O CEMA STANDARD observa que o impacto de um cascalho de tamanho máximo quase sempre denota a maior força de impacto e, portanto, deve determinar a classificação de impacto especificada para uma determinada aplicação. Uma análise completa envolveria a aplicação da força absorvida pelo cascalho com a força absorvida por um fluxo,

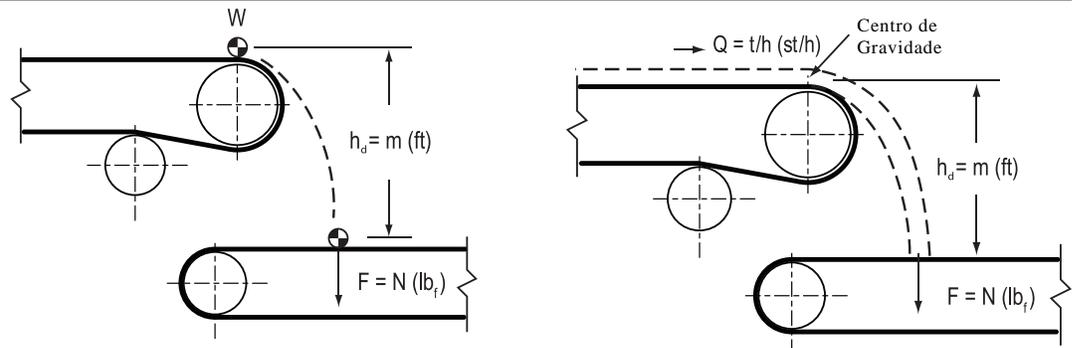
com uma referência cruzada do valor da força.

As dimensões da construção da mesa são baseadas no sistema de classificação de roletes estabelecido pela CEMA. Elas incluem as classificações B, C, D, E ou F, seguidas pelo diâmetro nominal do rolete medido em polegadas (p. ex., 5, 6 ou 7).

Mesas com Barras e Roletes

É disponibilizada uma série de “mesas de combinação”, que usam barras para uma vedação contínua na borda da correia, mas também incorpora roletes sob o centro da correia **(Figura 10.34)**. Esses modelos híbridos são populares como uma forma de combinar o baixo consumo de energia dos roletes com a superfície plana de vedação

Figura 10.32 (esq.)
Cálculo de impacto do maior cascalho.
Figura 10.33 (dir.)
Cálculo de impacto de um fluxo homogêneo contínuo.



Equação 10.2

Cálculo da Força de Impacto de um Fluxo de Material (CEMA STANDARD 575-2000).

$F_s = k \cdot Q \cdot \sqrt{h_d}$			
Dados: Um fluxo de material tem uma queda de 4 metros (13 ft) sobre uma mesa de impacto a uma taxa de 2.100 toneladas por hora (2.300 st/h). Encontrar: A força de impacto gerada pelo fluxo de material.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
F_s	Força de Impacto	newtons	libra-força
Q	Fluxo de Material	2.100 t/h	2.300 st/h
h_d	Altura da Queda	4 m	13 ft
k	Fator de Conversão	1, 234	0.1389
Métrico: $F_s = 1,234 \cdot 2100 \cdot \sqrt{4} = 5183$			
Imperial: $F_s = 0.1389 \cdot 2300 \cdot \sqrt{13} = 1152$			
F_s	Força de Impacto	5183 N	1152 lb _f

Tabela 10.3

Sistema de Classificação de Mesa de Impacto CEMA STANDARD 575-2000			
Código	Classificação	Força de Impacto (N)	Força de Impacto (lbf)
L	Demanda Leve	<37.800	<8500
M	Demanda Média	37.800-53.400	8.500-12.000
H	Demanda Pesada	53.400-75.600	12.000-17.000

de impacto ou de barras de deslize. Com um modelo híbrido, a fricção em operação é mantida baixa pelo suporte do centro da correia com os roletes convencionais. Isso reduz o consumo de energia do transportador. A borda da correia é continuamente suportada, eliminando as quedas da correia entre os roletes. Isso reduz o vazamento ao mínimo. Como os roletes centrais operam em um ambiente virtualmente sem pó, a vida útil da vedação e dos rolamentos dos roletes é estendido, reduzindo, portanto, os custos de manutenção a longo prazo. Esses projetos são mais comumente vistos em transportadores de alta velocidade, operando acima de 3,8 metros por segundo (ft/min), ou aplicações onde haja uma carga de material pesado que gera altos níveis de fricção no centro do transportador.

Outra possibilidade é o uso de mesas incorporadas com barras de impacto no centro, com roldanas curtas de coleta com espaços pequenos entre as abas. Aqui, o objetivo do projeto é fornecer uma atenuação de impacto superior no centro da correia, enquanto reduz a fricção nas bordas dela.

INSTALAÇÃO DA MESA DE IMPACTO

Sistemas de Mesas Múltiplas

Muitas vezes, é apropriado instalar sistemas de combinação, incorporando mesas de absorção de impacto e mesas de vedação (**Figura 10.35**). Devem ser instaladas quantas cabines de impacto forem necessárias para suportar a correia no fim da zona de impacto. As cabines de suporte de vedação lateral completam então, o sistema, sobre a distância necessária para estabilizar a carga da área de transferência.

Esses sistemas fornecem uma forma eficiente de combinar um suporte de correia ideal com um custo-benefício máximo em construção do sistema e em consumo de energia.

Alinhamento da Mesa

A mesa de impacto normalmente é instalada de forma que as barras em seu centro sejam colocadas ligeiramente – 12 a 25 milímetros (0,5 a 1 in.) – abaixo da linha normal, sem carga da correia (**Figura 10.36**). Isso permite que a correia absorva um pouco da força de impacto, quando a carga de material desviá-la

sobre a mesa, enquanto evita a fricção contínua e o desgaste sobre as barras. As barras aletadas – as barras nas laterais da mesa – devem ser instaladas em linha com as roldanas de entrada, saída e intermediária, para evitar queda na correia e pontos de travamento (**Figura 10.37**). É importante que a barra diretamente sob o chute de aço ou a parede da calha-guia seja precisamente alinhada com os roletes aletados.



Figura 10.34

A combinação de mesas usam barras para uma vedação contínua na borda da correia e nos roletes embaixo do centro da correia.



Figura 10.35

Os sistemas de combinação, que incorporam mesas de absorção de impacto e mesas de vedação, podem ser instalados para fornecer uma linha de correia estável.

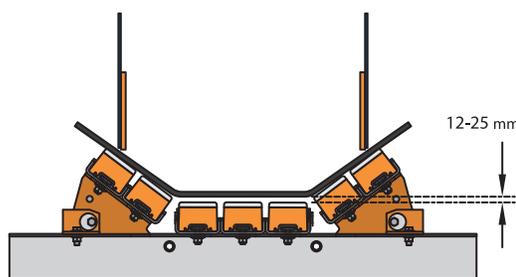


Figura 10.36

As mesas de impacto normalmente são instaladas de forma que as barras no centro da mesa sejam colocadas 12 a 25 milímetros (0,5 a 1 in.) abaixo da linha normal sem carga da correia.

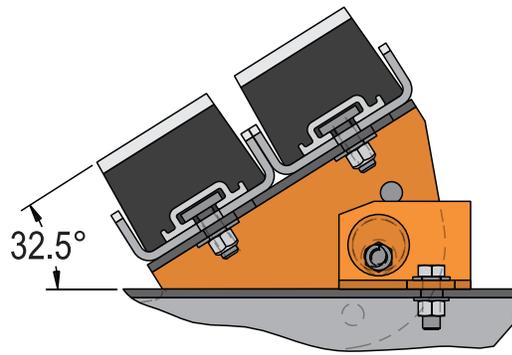
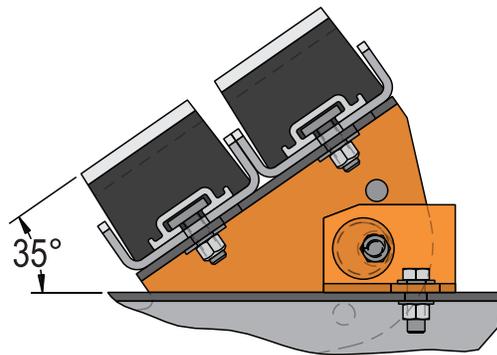
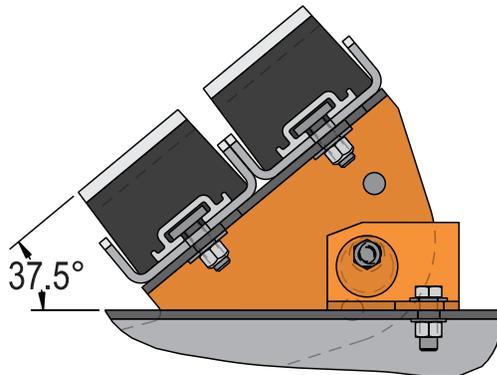


Figura 10.37

As barras aletadas de uma mesa de impacto devem ser instaladas nos roletes de entrada, saída e intermediária para evitar queda na correia e pontos de travamento.

Figura 10.38

Uma mesa de impacto bem projetada simplificará a instalação com o uso de suportes aletados ajustáveis, que permitem a colocação da mesa embaixo da correia, antes que as laterais sejam elevadas ao ângulo convexo apropriado. Obs.: a faixa de ajuste para um ângulo convexo de 35° é de $\pm 2,5^\circ$.

Detalhe de Ajuste $32,5^\circ$ Detalhe de Ajuste 35° Detalhe de Ajuste $37,5^\circ$

As mesas podem ser fixadas ou soldadas aos reforçadores; também pode ser melhor fixá-las aos sistemas no local, uma vez que isso permitiria uma manutenção mais eficaz. Algumas mesas de impacto estão disponíveis em um modelo alinhado, que simplifica a instalação da mesa ou a substituição das barras, quando necessário.

A instalação de mesas de impacto é simplificada através do uso de suportes aletados ajustáveis, que permitem a colocação da mesa embaixo da correia e uma forma plana; depois as laterais são elevadas ao ângulo convexo apropriado (**Figura 10.38**). É importante que a mesa seja elaborada para permitir um meio simples de ajuste de ângulo e altura das barras. Isso possibilitará o funcionamento da mesa com roletes de fabricantes variados e permitirá compensação por desgaste.

Roletes entre Mesas

Quando são instaladas duas ou mais mesas, é recomendado o uso de roletes intermediários – ou seja, roletes colocados entre as mesas adjacentes (**Figura 10.39**). Instalar um conjunto de roletes colocado entre duas mesas (ou colocar cada mesa entre dois roletes) reduzirá a locomoção da correia transportadora sobre as barras. Isso reduz o consumo de energia do transportador. Além disso, o acúmulo de calor nas barras será reduzido, dando às barras e à correia uma previsão de vida útil mais longa.

Os roletes devem ser especificados antes e após cada 1.200 milímetros (4 ft) da cabine; o número de conjuntos de roletes necessário para um determinado ponto de transferência é o mesmo que o número de mesas necessárias mais um. Para garantir a uniformidade de uma linha de correia estável, todos esses roletes devem ser do mesmo fabricante, com roletes do mesmo tamanho. Devem ser usados roletes entre as mesas de impacto, embaixo da zona de carregamento; podem ser usados roletes convencionais fora da área de impacto. Devem ser usados roletes alinhados entre as mesas, considerando facilidade de manutenção.

Em algumas áreas de impacto, pode ser aceitável um espaço de 2,4 metros (8 ft) entre os roletes intermediários. Essas aplicações devem incluir zonas de carregamento longas, onde seja difícil prever a localização do impacto e onde os roletes possam ser danificados

Figura 10.39

Quando são instaladas duas ou mais mesas, é recomendado o uso de roletes intermediários – roletes colocados entre as mesas adjacentes.



pelo carregamento do ponto de impacto. Elas também incluiriam pontos de transferência embaixo dos funis de minas, em trituração de papel, onde peças são jogadas sobre as correias, ou em indústrias de reciclagem, onde se veem objetos pesados, desde baterias de carro até motores de caminhões, lançados sobre os transportadores.

MÉTODOS ALTERNATIVOS DE SUPORTE DE CORREIA

Este livro discute diversos métodos de sistemas alternativos de transporte. (Consultar Capítulo 33: *Considerações sobre Transportadores Especializados.*) Além disso, há outros métodos de suporte de correia em estruturas de transporte relativamente convencionais.

Roletes Catenários

Os roletes catenários são conjuntos de roletes – geralmente, três ou cinco – ligados em um cabo, corrente ou outra conexão flexível e suspensos a partir de uma estrutura de transporte abaixo da correia (**Figura 10.40**). Esses conjuntos de roletes giram livremente sob as forças do material em transporte, agindo para absorver impacto e centralizar a carga. Sua montagem flexível permite que os roletes sejam locomovidos ou reparados rapidamente e proporciona uma quantidade de autocentralização.

Os roletes catenários geralmente são vistos em aplicações de demanda muito pesada, como os transportadores que apresentam altos níveis de impacto e volumes grandes de material. As instalações típicas incluiriam transportadores sob a descarga de escavadores “roda de barril” e sob as zonas de carregamento de transportadores grandes, para operações terrestres, transportando material de mineração (**Figura 10.41**). Os roletes catenários também são comumente usados em indústrias de tratamento de metal.

No entanto, o “balanço” dos roletes catenários e as alterações que sua locomoção pode adicionar ao trajeto da correia, particularmente quando o material está descentralizado, devem ser considerados na projeção de um sistema de transporte (**Figura 10.42**). Como o rolete catenário gira, a correia se move de um lado ao outro. Isso permite o

escape de material fugitivo para fora das laterais da zona de carregamento e gera desregulagem que expõe as bordas da correia a danos a partir da estrutura de transporte (**Figura 10.43**).

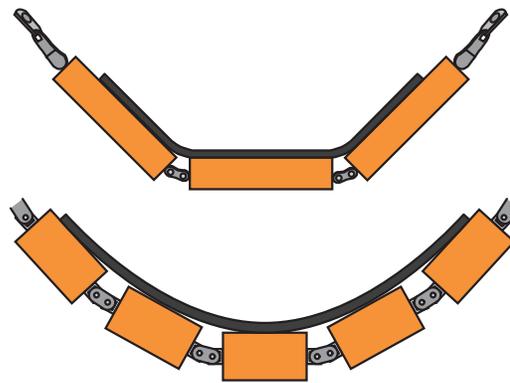


Figura 10.40

Os roletes catenários são conjuntos de roletes – geralmente, três ou cinco – ligados em um cabo, corrente ou outra conexão flexível e suspensos a partir da estrutura de transporte abaixo da correia.



Figura 10.41

A instalação típica de roletes catenários inclui transportadores sob a descarga de escavadores “roda de barril” e sob as zonas de carregamento de transportadores de operação terrestre carregando material de mineração.

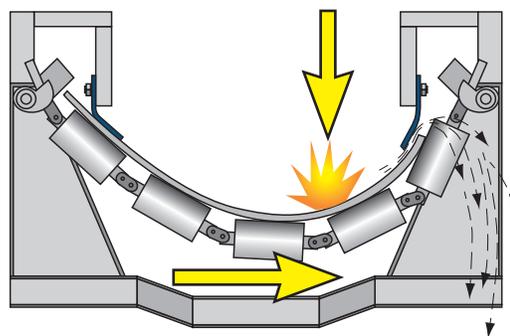


Figura 10.42

Sua suspensão permite que os roletes catenários balancem e girem sem o impacto do carregamento, alterando o trajeto da correia e dificultando a vedação.

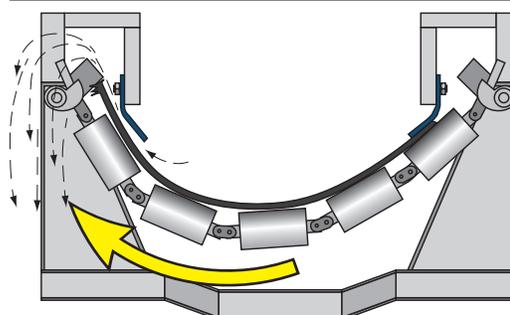


Figura 10.43

Como o rolete catenário gira, a correia se move de um lado ao outro, permitindo o escape de material fugitivo das laterais da zona de carregamento e gerando desregulagem.

Conseqüentemente, a distância maior da borda deve ser deixada fora da calha-guia para considerar a vedação.

Transportadores Sustentados por Ar

Outro conceito de estabilização do trajeto da correia é o transportador sustentado por ar. Esses transportadores substituem mesas e roletes de carregamento com um plenum de formato convexo abaixo da correia. A correia é suportada por uma camada de ar que é liberada do plenum (**Figura 10.44**). (Consultar Capítulo 23: Transportadores Sustentados por Ar.)

MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Uma solução para proporcionar a estabilidade e o alinhamento próprios de um transportador é a manutenção dos sistemas de suporte de correia. A manutenção adequada desses componentes evitará que a correia desenvolva ações dinâmicas imprevistas que destruiriam a capacidade do sistema de suporte de correia de controlar os materiais fugitivos.

Os procedimentos de manutenção necessários para um sistema de suporte do transportador de correia variará pela construção e pelos componentes de um sistema particular, mas devem incluir o seguinte:

- Inspeção dos componentes de rolagem, inclusive polias e roletes, quanto a desgaste e a operação adequada.
- Substituição de roletes desgastados, danificados ou rompidos.
- Lubrificação de rolamentos em componentes de rolagem, conforme necessário – alguns roletes são fabricados com o selo “lubrificadas para longa duração”; nesse caso, não seria necessário

- Inspeção de das mesas de impacto da correia.
- Ajuste das mesas para compensação de desgaste.
- Realinhamento e/ou substituição de barras com desgaste ou mau uso.
- Remoção de acúmulos de material de roletes, estruturas, mesas e barras de suporte, conforme necessário.

É importante consultar as instruções do fabricante quanto à manutenção necessária para qualquer componente específico.

Os roletes não devem ter excesso de lubrificação. Isso pode danificar a vedação dos rolamentos, permitindo que materiais fugitivos entrem no rolamento, aumentando a fricção à medida que diminui a vida útil. O excesso de óleo e graxa pode vaziar sobre a correia e ele pode se fixar à cobertura, reduzindo sua vida útil. O excesso de graxa também pode escapar em trilhos, passarelas ou pisos, deixando-os escorregadios e perigosos. Roletes equipados com rolamentos com o selo “lubrificado para longa duração” não devem ser lubrificadas.

Pode ser melhor selecionar os componentes do sistema de suporte de correia pensando na facilidade de manutenção. Caso contrário, o tempo requerido para realizar manutenção e/ou a dificuldade em executar essas tarefas reduzirá a probabilidade de realização dessa manutenção necessária.

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

Uma linha de correia perfeitamente plana e reta é essencial para a vedação bem-sucedida de um ponto de transferência. A queda da correia deve ser minimizada a não mais que 3 milímetros (0,125 in. ou 1/8 in.) através da zona de carregamento. As especificações incluem:

- Mesas de impacto na área de carga.

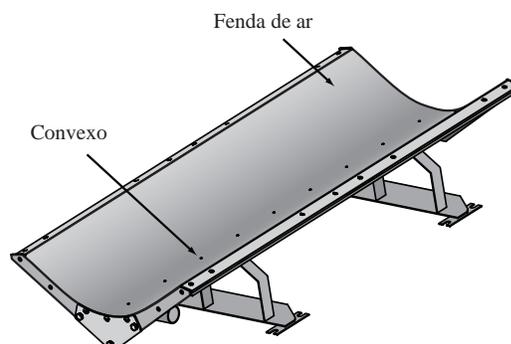
Para absorver o choque do impacto de carregamento e estabilizar a linha da correia, devem ser usadas mesas de impacto total sob a correia na área de carga direta. A seção de mesas de impacto não deve ser maior que 1,2 metros (4 ft.), com um rolete instalado, no mínimo, a cada 1,2 metros.

- Instalação de mesas na área de carga.

As mesas devem ser elaboradas para atender o perfil da correia convexa e devem ser

Figura 10.44

Transportadores sustentados por ar estabilizam a linha da correia suportando a correia com uma camada de ar proveniente de uma plataforma convexa.



instaladas de forma que as barras no centro da mesa estejam de 12 a 25 milímetros (0.5 a 1 in.) abaixo do trajeto normal, sem carga da correia.

C. Mesas alinhadas.

As barras devem ser instaladas em uma mesa elaborada para fácil instalação e reparo, sem precisar da elevação da correia ou da remoção dos roletes adjacentes ou da própria mesa. A mesa deve ser construída em três seções alinhadas para facilidade de acesso e manutenção.

D. Barras de vedação lateral e roletes de suporte de centro

Na área de estabilização de transferência, diretamente após o ponto de carregamento, devem ser usadas mesas de vedação lateral com barras de suporte de bordas de baixa fricção e roletes de suporte central.

E. Alinhadas com roletes.

As mesas devem ser elaboradas em alinhamento com os roletes de entrada e saída, bem como com qualquer rolete intermediário.

F. Métodos de ajuste.

O projeto deve incluir um método de ajuste vertical e radial da barra para a correia.

Em todos os casos, o equipamento selecionado deve não apenas fornecer um suporte de correia adequado, mas também deve ser capaz de manter a correia em contato constante com o sistema de transferência, para garantir uma vedação eficaz.



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Os operários devem ser alertados sobre os seguintes riscos específicos à zona de carregamento e devem ser treinados para realizar inspeções, limpeza e manutenção de modo seguro:

A. Pontos de Pressão.

Uma correia em movimento gera pontos de pressão entre os componentes estacionários e de rotação da zona de carregamento.

B. Componentes Pesados.

Muitos dos componentes da zona de carregamento e de suporte de correia são pesados, gerando riscos de levantamento.

C. Espaços Estreitos.

As zonas de carregamento muitas vezes são espaços estreitos com acesso limitado, áreas que às vezes são consideradas espaços confinados.

D. Água, Neve ou Gelo.

As zonas de carregamento, muitas vezes, estão em locais expostos ao clima,

estando, então, sujeitas a acúmulos de água, neve ou gelo, gerando outros riscos de deslizamento e queda.

E. Área de Armazenamento.

A área aberta em torno do fim do transportador e a zona de carregamento muitas vezes se tornam uma área de armazenamento para equipamentos desperdiçados e substituídos. Essa prática gera riscos de deslizamento e queda nas zonas de carregamento.

F. Equipamentos Auxiliares.

Os equipamentos auxiliares normalmente são automatizados e podem ser iniciados sem alerta, gerando potencialmente situações de risco

Os procedimentos de desligar/ bloquear/ sinalizar estabelecidos devem ser seguidos antes do ajuste ou manutenção de qualquer sistema de suporte de correia. É importante garantir que a área esteja sem obstruções e seguir os requisitos de entrada em espaços confinados.

TÓPICOS AVANÇADOS

Espaçamento de Roletes e Arqueamento (SAG) de Correia

No *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sexta Edição*, a CEMA recomenda que o arqueamento (SAG) da correia transportadora entre os roletes seja limitada a 2% para roletes de 35° e 3% para roletes de 20° (Referência 10.2). O método da CEMA refere-se à limitação de queda fora da zona de carregamento para evitar vazamento.

Na zona de carregamento, a queda deve ser muito menos, que a recomendação da CEMA para impedir vazamento, geração de pó e desgaste da correia, do placa de desgaste e da vedação de transferência. Por exemplo (Equação 10.3), usar o método da CEMA resulta em queda máxima recomendada entre roletes de 12,5 milímetros (0,5 in.) para roletes de 35° e 19 milímetros (0,75 in.) para roletes de 20°. Isso é um limite claramente inaceitável para controle de materiais fugitivos na zona de carregamento.

O arqueamento (SAG) (ΔY_s) é proporcional ao peso (força) da correia e do material a granel ($W_b + W_m$) [newtons (lbf)] e do espaçamento de roletes (S_i) [milímetros

(in.)] e é inversamente proporcional à tensão mínima da correia na zona de carregamento (T_m) [newtons (lbf)] (Equação 10.3). Para controlar o material fugitivo, é recomendado que o projetista controle a tensão da correia e o espaçamento dos roletes na zona de carregamento, para manter o arqueamento (SAG) da correia a não menos que 3 milímetros (0,12 in.) e preferencialmente a 0°. Mesmo com uma queda tão pequena, se o suporte da correia não for contínuo, o material fugitivo pode escapar e causar desgaste.

O exemplo (Equação 10.3) mostra que, com espaçamento de roletes de 600 milímetros (24 in.), há 3,37 milímetros (0,135 in.) de queda. Se o espaçamento entre os roletes no exemplo for reduzido a 178 milímetros (7 in.), a queda da correia cai para 1,0 milímetros (0,039 in.).

Se um sistema de suporte de correia, como uma seção de transportador a ar ou uma mesa de impacto, for utilizado, o espaçamento entre correias (S_i) pode ser assumido como 0,0; o cálculo, então, denota uma queda de correia de 0,0, pois não deve haver arqueamento (SAG) quando a correia for uma superfície plana e contínua.

Mesas e Requisitos de Energia

10

Equação 10.3
Cálculo de arqueamento (SAG) da correia

$\Delta Y_s = \frac{(W_b + W_m) \cdot S_i \cdot k}{T_m}$			
Dados: Uma correia que pesa 550 newtons por metro (38 lbf/ft) está carregando 3.000 newtons por metro (205 lbf / ft) de material. Os roletes têm espaço de 600 milímetros (2 ft), e a tensão na área é de 24.000 newtons (5.400 lbf). Encontrar: Arqueamento (SAG) da correia.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades imperiais
ΔY_s	Arqueamento (SAG) da Correia	milímetros	polegadas
W_b	Peso (Força) da Correia por Compr. da Correia	550 N/m	38 lb _f /ft
W_m	Peso (Força) do Material por Compr. da Correia	3.000 N/m	205 lb _f /ft
S_i	Espaçamento entre Roldanas	600 mm	2 ft
T_m	Tensão da Correia	24.000 N	5400 lb _f
k	Fator de Conversão	0,038	1,5
<p>Métrico: $\Delta Y_s = \frac{(550 + 3000) \cdot 600 \cdot 0,038}{24000} = 3,37$</p> <p>Imperial: $\Delta Y_s = \frac{(38 + 205) \cdot 2 \cdot 1,5}{5400} = 0,135$</p>			
ΔY_s	Arqueamento (SAG) da Correia	3,37 mm	0,135 in.

Os sistemas de suporte de correias possuem um efeito significativo sobre os requisitos de energia de um transportador. Alterações no suporte da correia terão um efeito particularmente notável em sistemas com fornecimento de energia fraco ou curto. É recomendado que os requisitos teóricos de energia das alterações propostas nos sistemas de suporte de correias sejam calculados para garantir que haja energia de condução adequada do transportador disponível para compensar a fricção adicional colocada no transportador.

O consumo extra de kilowatts (hp) pode ser calculado pela determinação da tensão extra da correia, usando os métodos padrão recomendados pela CEMA. O coeficiente de fricção dos sistemas de suporte novos (ou propostos), multiplicado pela carga colocada no suporte da correia, pelo peso da correia, carga do material e pelo sistema de vedação, é igual à tensão. Não há necessidade de considerar a remoção dos roletes, a inclinação do transportador ou outros possíveis fatores, uma vez que as estimativas fornecidas por esse método produzirão, na maioria dos casos, resultados mais altos que o consumo de energia desenvolvido no uso atual. Em aplicações onde haja um lubrificante presente com frequência, como água, os requisitos de energia atuais podem ser metade ou menos ainda da quantidade estimada através desses cálculos.

A tensão aplicada por um sistema de suporte de vedação da calha-guia pode ser calculada (**Equação 10.4**), bem como a tensão aplicada por uma mesa de impacto. (**Equação 10.5**).

As tensões derivadas da mesa de impacto e da mesa de vedação podem estar relacionadas aos requisitos de energia aplicados, adicionados à condução em uma correia transportadora (**Equação 10.6**).

PAGUE AGORA OU PAGUE (MAIS) DEPOIS

Finalizando...

Alterações aparentemente simples em um sistema de transporte, como alteração das especificações da correia ou adição de suporte de correia, podem resultar em mudanças drásticas na potência de condução necessária.

Na sexta edição do *Belt Conveyors for Bulk Materials*, a CEMA detalha uma fórmula relativamente complexa para determinação dos requisitos de energia e da tensão da correia transportadora. Um *software* de engenharia de transportadores atual oferece equações semelhantes e, dadas as informações adequadas, realiza o cálculo

A instalação de sistemas de suporte de correia melhorados pode aumentar os requisitos de energia de condução do transportador. No entanto, as verdadeiras implicações de sistemas de suporte de correia aprimorados são vistas quando eles são comparados ao consumo de energia de um transportador onde os rolamentos dos roletes ou os próprios roletes se acumulam com o material, devido a vazamento no ponto de transferência, induzido pela queda da correia.

$\Delta T_s = (W_b \cdot L_b \cdot 0.1) + (F_{ss} \cdot 2 \cdot L_b)$			
Dados: Uma correia transportadora pesando 130 newtons por metro (9 lbf/t) é suportada sob a vedação por 6 metros (20 ft). A vedação pressiona a correia com uma força de 45 newtons por metro (3 lbf/ft). Encontrar: A tensão aplicada à correia devido ao suporte de vedação.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
ΔT_s	Tensão Aplicada à Correia devido ao Suporte de Vedação	newtons	libra-força
W_b	Peso (Força) da Correia por Comprimento da Correia	130 N/m	9 lb _f /ft
F_{ss}	Carga de Vedação em Faixas de Borracha	45 N/m	3 lb _f /ft
L_b	Suporte da Correia em Comprimento	6 m	20 ft
Métrico: $\Delta T_s = (130 \cdot 6 \cdot 0.1) + (45 \cdot 2 \cdot 6) = 618$			
Imperial: $\Delta T_s = (9 \cdot 20 \cdot 0.1) + (3 \cdot 2 \cdot 20) = 138$			
ΔT_s	Tensão Aplicada à Correia devido à mesa de Vedação	618 N	138 lb _f

Equação 10.4

Cálculo da tensão aplicada à correia devido a suporte de vedação.

Equação 10.5

Cálculo da tensão aplicada à correia devido à cabine de Impacto.

$$\Delta T_{IB} = (W_b \cdot L_b) + (F_{ss} \cdot 2 \cdot L_b) + \frac{(Q \cdot L_b \cdot k)}{V}$$

Dados: Uma correia transportadora pesando 130 newtons por metro (9 lbf/ft) é suportada por uma mesa de impacto por 1,5 metros (5 ft). A vedação pressiona a correia com uma força de 45 newtons por metro (3 lbf/ft). A correia carrega 275 toneladas por hora (300 st/h) e percorre a 1,25 metros por segundo (250 ft/min). Encontrar: A tensão aplicada à correia devido à mesa de impacto.

Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
ΔT_{IB}	Tensão Aplicada à Correia devido à Mesa de Impacto	newtons	libra-força
W_b	Peso (Força) da Correia por Comprimento da Correia	130 N/m	9 lb _f /ft
L_b	Suporte da Correia em Comprimento	1,5 m	5 ft
F_{ss}	Carga de Vedação em Faixas de Borracha	45 N/m	3 lb _f /ft
Q	Fluxo do Material	275 t/h	300 st/h
V	Velocidade da Correia	1,25 m/s	250 ft/min
k	Fator de Conversão	2,725	33,33
Métrico: $\Delta T_{IB} = (130 \cdot 1,5) + (45 \cdot 2 \cdot 1,5) + \frac{(275 \cdot 1,5 \cdot 2,725)}{1,25} = 1230$			
Imperial: $\Delta T_{IB} = (9 \cdot 5) + (3 \cdot 2 \cdot 5) + \frac{(300 \cdot 5 \cdot 33,33)}{250} = 275$			
ΔT_{IB}	Tensão Aplicada à Correia devido à Mesa de Impacto	1230 N	275 lb _f

Equação 10.6

Cálculo do consumo de energia aplicado à condução da correia devido às mesas de Impacto e Vedação.

$$P = (\Delta T_S + \Delta T_{IB}) \cdot V \cdot \mu_{ss} \cdot k$$

Dados: Uma correia percorrendo 1,25 metros por segundo (250 ft/min) é suportada por um sistema de mesa de vedação e de mesa de impacto que aplica 1230 newtons (275 lbf) e 618 newtons (138 lbf), respectivamente. Os sistemas de suporte usam uma superfície de deslizamento de UHMW. Encontrar: O consumo de energia aplicado à condução, devido ao suporte de impacto e de vedação.

Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
P	Consumo de Energia Aplicado à Condução da Correia	kilowatts	cavalos de potência
ΔT_S	Tensão Aplicada à Correia devido ao Suporte de Vedação (Calculada na Equação 10.4)	618 N	138 lb _f
ΔT_{IB}	Tensão Aplicada à Correia devido à Mesa de Impacto (Calculada na Equação 10.5)	1.230 N	275 lb _f
V	Velocidade da Correia	1,25 m/s	250 ft/min
μ_{ss}	Coeficiente de Fricção De acordo com o CEMA 575-2000	0,5 – UHMW 1,0 – Poliuretano 1,0 – Borracha	0,5 – UHMW 1,0 – Poliuretano 1,0 – Borracha
k	Fator de Conversão	1/1.000	1/33.000
Métrico: $P = \frac{(618 + 1230) \cdot 1,25 \cdot 0,5}{1000} = 1,15$			
Imperial: $P = \frac{(138 + 275) \cdot 250 \cdot 0,5}{33000} = 1,56$			
P	Consumo de Energia Aplicado à Condução da Correia	1,15 kW	1,56 hp

Conforme demonstrado por R. Todd Swinderman, no trabalho, “*The Conveyor Drive Power Consumption of Belt Cleaners* (Referência 10.3), “o material fugitivo também pode comprometer a operação de sistemas de transporte, aumentando significativamente o consumo de energia”. Por exemplo, Swinderman calculou que um único conjunto de roletes de impacto paralisadas requer aproximadamente 1,2 kilowatts de energia adicional (1,6 hp), enquanto um conjunto de roletes de aço rompido pode demandar até 0,27 kilowatts (0,36 hp). Um rolete com um acúmulo de material de 25 milímetros (1 in.) aplicaria 0,32 kilowatt de energia adicional (0,43 hp) aos requisitos de condução do transportador. Esses requisitos adicionais seriam multiplicados pelo número de roldanas afetadas.

O uso de suporte de correia aprimorado e técnicas de vedação trazem requisitos adicionais aos sistemas de condução do transportador. No entanto, esses custos e requisitos adicionais parecerão menores quando comparados à energia consumida pela operação de um rolete “paralisado” ou de vários roletes operando com acúmulo de material. Ao implantar os sistemas adequados de suporte de correia, uma usina pode evitar muitos outros problemas financeiros que derivariam do escape de material fugitivo.

Seria melhor projetar um sistema que incorporasse o consumo de energia ligeiramente elevado necessário para impedir vazamento, em vez de sofrer com o consumo de energia muito mais alto e as consequências maiores que derivariam do material fugitivo. Os custos de instalação e operação de sistemas de suporte de correia adequados representam um investimento em eficiência.

A Seguir...

Este capítulo sobre Suporte de Correia, o quinto capítulo da seção Carregando a Correia, discutiu a importância de sistemas adequados de suporte de correia para manter uma linha de correia estável e impedir material fugitivo e pó. Os três capítulos seguintes continuam essa seção e discutirão outras formas de evitar vazamento, com foco na Calha-Guia, Placas de Desgaste e Sistemas de Vedação Lateral.

REFERÊNCIAS

- 10.1 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). “Conveyor Installation Standards for Belt Conveyors Handling Bulk Materials.” In *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*, Appendix D, pp. 575–587. Naples, Florida.
- 10.2 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*, p. 133. Naples, Florida.
- 10.3 Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (May 1991). “The Conveyor Drive Power Consumption of Belt Cleaners,” *Bulk Solids Handling*, pp. 487–490. Clausthal-Zellerfeld, Germany: Trans Tech Publications.



Figura 11.1

Calhas-guia são extensões horizontais em cada lado do chute de carga, utilizadas para conter a carga na correia até que assumam um perfil estável sobre ela.

Capítulo 11

CALHAS-GUIA

Calha-Guia e sua Função.....	153
Tamanho Adequado da Calha-Guia	154
A Calha-Guia como Zona de Acomodação	158
Construção da Calha-Guia.....	159
Questão de Segurança	162
Manutenção do Sistema	162
Especificações Mais Utilizadas.....	163
Tópicos Avançados	163
Conclusão sobre Calha-Guia	168



Figura 11.2

Calhas-guia geralmente saem do ponto de transferência na direção em que a correia corre e são instaladas dos dois lados da correia, confinando e moldando a carga até que esta esteja pronta para a etapa seguinte.

Neste Capítulo...

Neste capítulo discutimos as calhas-guia e suas funções para reduzir derrames e pó. Fornecemos as equações para determinar o comprimento e a largura adequados das calhas-guia e damos exemplos para ambos. Também incluímos informações sobre a construção da calha-guia.

Calhas-guia são utilizadas para conter a carga do material colocado na correia, até que esse assuma um perfil estável (**Figura 11.1**). As calhas-guia — que podem ser referidas na indústria como placas de saia, saias de aço, ou às vezes apenas como chute ou parede de chute, são quase sempre construídas em chapa de aço. Neste livro, o termo calha-guia é usado para definir o material a granel que se estende desde o ponto de carga na direção do percurso do material de ambos os lados da correia (**Figura 11.2**). Os termos “contorno de borracha”, “selo de calha-guia,” “limpadores laterais”, “vedação de pó”, “tiras de vedação”, “vedação” e “vedação lateral” referem-se à tira de elastômero instalada na calha-guia de metal para evitar a fuga de materiais finos. (*Vêja o Capítulo 13: Sistemas de Vedação Lateral*).

O principal objetivo da calha-guia é manter a carga no transportador, impedindo que o material seja derramado para fora da borda da correia, enquanto a carga se assenta na correia côncava e atinge a velocidade da correia. A calha-guia de cada ponto de transferência deve ser projetada para combinar com as características do material a ser transferido, o transportador receptor, a altura de queda entre os transportadores, e a forma como o ponto de transferência é carregado e usado.

As melhores práticas de projeto de chute e calha-guia agora proporcionam um sistema de transporte de materiais muito mais limpo e eficiente. Este capítulo discute o que se tornou a melhor prática para a concepção e

aplicação de sistemas de calha-guia no ponto de transferência.

CALHA-GUIA E SUA FUNÇÃO

A calha-guia e a placa de desgaste colocado no interior da calha-guia combinados com o sistema de vedação lateral formam uma vedação de múltiplas camadas (**Figura 11.3**). Não se pode e não se deve esperar que as tiras de vedação resistam a pressões laterais de materiais significativas ou ao contato com pedaços de material maiores do que pequenas partículas. A calha-guia e o desgaste formam um forro nas primeiras linhas de defesa e são destinadas a conter material fugitivo e evitar qualquer tipo de pressão da cabeça presente no sistema de colocação do material em contato com e, portanto, desgastando-o, o sistema de vedação.

Além disso, a calha-guia e sua cobertura formam uma área de fixação, que é utilizada para o gerenciamento eficaz de pó (**Figura 11.4**). Na área de fixação, a velocidade da corrente de ar que acompanha o fluxo de movimentação de material é diminuída e controlada, permitindo que partículas suspensas no ar caiam de volta no corpo principal de material (**Figura 11.5**).

Uma calha-guia mal dimensionada leva a um baixo desempenho de transporte sob as formas de derramamento de material, partículas de material fugitivo, pó excessivo e custos de



Figura 11.3

A calha-guia combinada com forro de desgaste e sistema de vedação do ponto de transferência, formam uma vedação eficaz com múltiplas camadas.

Figura 11.4

A área de fixação é geralmente uma porção alargada da área de calha-guia coberta, no ponto de transferência.



operação muito mais elevados para a empresa. É de suma importância que a calha-guia seja projetada adequadamente em termos de comprimento e altura, de modo a garantir que o material possa ser contido e o material fugitivo controlado.

largura da correia, normalmente possuem calha-guia ao longo de seu comprimento total.

O comprimento mínimo para a calha-guia deve ser baseado no movimento total do ar e na velocidade da correia, utilizando as seguintes orientações:

A. Medidas métricas.

Se o fluxo de ar está abaixo de 0,5 metro cúbico por segundo, o comprimento da calha-guia é de 0,6 metro para cada 0,5 metro por segundo de velocidade da correia. Se o fluxo de ar for superior a 0,5 metro cúbico por segundo, o comprimento da calha-guia é de 0,9 metro para cada 0,5 metro por segundo de velocidade da correia.

B. Medidas inglesas.

Se o fluxo de ar for inferior a 1.000 pés cúbicos por minuto, o comprimento da calha-guia é de 2 metros de calha-guia para cada 100 pés por minuto de velocidade da correia. Se o fluxo de ar for maior que 1000 pés cúbicos por minuto, o comprimento da calha-guia é de 3 pés para cada 100 pés por minuto de velocidade da correia (**Equação 11.2**).

Para evitar derrames ou danos à correia, a calha-guia deve terminar acima de um rolete livre e não entre roletes (**Figura 11.6**). Isso por si só pode aumentar o comprimento total da calha-guia.

O que pode dar uma resposta mais reveladora sobre o comprimento da calha-guia é a necessidade de enclausurar os sistemas de supressão de pó e/ou sistemas de coleção de pó, como discutido em outra parte deste livro. (Veja o Capítulo 19: Supressão de Pó e o Capítulo 20: Coleção de Pó.) As paredes de um gabinete de controle de poeira podem efetivamente servir de calha-guia, com o comprimento necessário para o efetivo controle

DIMENSÕES ADEQUADAS DA CALHA-GUIA

Comprimento da calha-guia

O comprimento da calha-guia refere-se ao comprimento adicional de parede de aço para além da zona de impacto. A zona de impacto é a área do chute de carga que se projeta para baixo, até a correia.

A calha-guia deve se estender na direção do percurso da correia de transporte, além do ponto onde a carga de material foi totalmente assentada, no perfil que deve manter durante o restante do percurso sobre a correia.

Às vezes, a carga não chega a ficar completamente estável, e conseqüentemente, é necessário uma calha-guia por toda a extensão do transportador. Isso é mais comum com materiais muito finos, que se dispersam facilmente no ar, materiais que tendem a rolar ou transportadores com vários pontos de carga. Alimentadores de correia, tipicamente curtos no comprimento e carregados em quase toda a

Figura 11.5

Essa área de fixação retarda o ar e permite que o produto transportado se sedimente e o ar permaneça mais limpo.



de pó, geralmente fornecendo mais do que é necessário para a estabilização da carga.

As penalidades por aumentar o comprimento da calha-guia são o custo de manutenção adicional para forros e vedações mais compridos, um aumento mínimo no custo do aço para as paredes e um ligeiro aumento das necessidades de energia do transportador. O consumo de energia extra decorre da fricção adicional criada pelo comprimento adicional da parede de aço e o da tira de vedação instalada. Isso é normalmente um aumento modesto, que proporciona benefícios a longo prazo, que ultrapassam largamente o mínimo custo inicial. *(Para obter mais informações sobre o consumo de energia para sistemas de vedação de borda, consulte o Capítulo 13: Sistemas de Vedação Lateral).*

Há também momentos em que condições como a inclinação da correia, a forma do produto transportado ou a profundidade do leito do material exigem que seja estendida substancialmente a área a ser contornada, para evitar o derramamento de material.

Quando houver dúvida, é recomendável ter a calha-guia um pouco mais longa do que o mínimo exigido pela equação mencionada. Um adicional de 25% de comprimento de área adicional para sedimentação é uma recomendação que irá melhorar o controle do pó, com um aumento mínimo de requisitos de energia e custo do aço.

Quando o transportador incorpora múltiplas zonas de carga, o cálculo deve usar o fluxo de ar total de todos os pontos de carga para estabelecer as dimensões mínimas da área de fixação, após o último ponto de carga.

Largura da calha-guia

A distância entre os dois lados da calha-guia é geralmente determinada por requisitos de capacidade da correia; o espaço necessário para estabelecer uma vedação eficiente do lado de fora da calha-guia é muitas vezes ignorado.

A importância da concepção do sistema para que haja distância suficiente de “correia livre” (entre a parte externa da calha-guia e a borda externa da correia) não deve ser subestimada. Um projetista de transportador deve sempre considerar o efeito da possível oscilação da correia sobre a capacidade de

efetivamente vedar entre o sistema estacionário de calha-guia e a correia em movimento. Ao manter a maior distância possível de “correia livre”, o projetista pode ajudar a eliminar uma grande quantidade de problemas comuns de derramamento e dispersão de pó, muitas vezes associados à transferência de materiais a granel de um transportador para outro. Os benefícios realizados por manter a distância correta de “correia livre” para permitir um sistema vedável de calha-guia serão reforçados mais ainda pela incorporação do apoio adequado da correia sob a calha-guia, e pela instalação de um sistema altamente eficaz de vedação. *(Veja o Capítulo 10: Apoio de Correia e o Capítulo 13: Sistemas de Vedação Lateral).*

Como o ato de formar uma calha com uma correia resulta na diminuição deste, o termo Largura Efetiva da Correia é usado para representar a largura de uma correia côncava. Essa não é a largura de transporte (a distância entre a calha-guia), mas a medida da largura horizontal de uma correia transportadora côncava, que é medida através da largura paralela ao rolo inferior (**Figura 11.7**).

Diversos padrões estão disponíveis para definir a distância entre as calhas-guia, estabelecendo, assim, a distância da borda da “correia livre”. A Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA) e o Deutsches Institut für Normung (DIN 22101) têm ambas as fórmulas estabelecidas, que podem ser consultadas.

A melhor prática indica que, para garantir que uma borda de “correia livre” aplique adequadamente vedações de borda e permitam uma tolerância de desalinhamento de correia, as calhas-guia devem estar localizadas a uma distância mínima de 115 milímetros (4,5 polegadas) da largura real da correia em cada lado da correia transportadora (**Tabela 11.1**).

A distância da borda deve ser aumentada para um mínimo de 150 milímetros (6,0 polegadas), quando for usado um conjunto

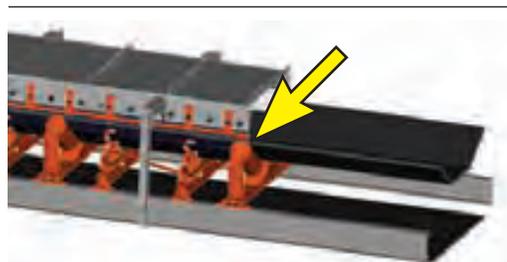


Figura 11.6

Calhas-guia de aço devem terminar acima de um rolete livre para impedir o derrame ou danos à correia.

Tabela 11.1

Projeto recomendado de zona de carga																
I) Largura da correia				II) Ângulo de inclinação				III) Largura efetiva da correia (Veja a Figura 11.7 "A")				IV) Largura recomendada do chute (Veja a Figura 11.7 "B")				
I		II		III		IV		I		II		III		IV		
Métrica (mm)	300	0°	300	NR	1400	0°	1.400	1.170	2600	0°	2.600	2.370	3000	0°	3.000	2.770
		20°	288	NR		20°	1.344	1.128		20°	2.495	2.279		20°	2.879	2.663
		30°	273	NR		30°	1.275	1.076		30°	2.368	2.169		30°	2.732	2.533
		35°	264	NR		35°	1.231	1.043		35°	2.287	2.098		35°	2.638	2.450
		40°	253	NR		40°	1.182	1.005		40°	2.194	2.018		40°	2.532	2.356
		45°	241	NR		45°	1.127	964		45°	2.092	1.930		45°	2.414	2.252
	500	0°	500	270	1600	0°	1.600	1.370	2800	0°	2.800	2.570	3200	0°	3.200	2.970
		20°	480	264		20°	1.536	1.320		20°	2.687	2.471		20°	3.071	2.855
		30°	455	NR		30°	1.457	1.258		30°	2.550	2.351		30°	2.914	2.715
		35°	440	NR		35°	1.407	1.219		35°	2.462	2.274		35°	2.814	2.626
		40°	422	NR		40°	1.350	1.174		40°	2.363	2.187		40°	2.701	2.525
		45°	402	NR		45°	1.288	1.125		45°	2.253	2.091		45°	2.575	2.413
	650	0°	650	420	1800	0°	1.800	1.570	18	0°	18,0	9,0	54	0°	54,0	45,0
		20°	624	408		20°	1.728	1.512		20°	17,3	8,8		20°	51,8	43,4
		30°	592	393		30°	1.639	1.440		35°	15,8	NR		35°	47,5	40,1
		35°	572	383		35°	1.583	1.395		45°	14,5	NR		45°	43,5	37,1
		40°	549	372		40°	1.519	1.343	24	0°	24,0	15,0	60	0°	60,0	51,0
		45°	523	360		45°	1.449	1.286		20°	23,0	14,6		20°	57,6	49,1
	800	0°	800	570	2000	0°	2.000	1.770	24	35°	21,1	NR	60	35°	52,8	45,4
		20°	768	552		20°	1.920	1.703		45°	19,3	NR		45°	48,3	41,9
		30°	729	529		30°	1.821	1.622		30	0°	30,0		21,0	72	0°
		35°	704	515		35°	1.759	1.570	20°		28,8	20,3	20°	69,1		60,6
		40°	675	499		40°	1.688	1.512	35°		26,4	19,0	35°	63,3		55,9
		45°	644	481		45°	1.609	1.447	45°	24,1	17,8	45°	57,9	51,6		
1000	0°	1.000	770	2200	0°	2.200	1.970	36	0°	36,0	27,0	84	0°	84,0	75,0	
	20°	960	744		20°	2.112	1.895		20°	34,6	26,1		20°	80,6	72,2	
	30°	911	711		30°	2.004	1.804		35°	31,7	24,3		35°	73,9	66,5	
	35°	879	691		35°	1.935	1.746		45°	29,0	22,6		45°	67,6	61,2	
	40°	844	668		40°	1.857	1.681	42	0°	42,0	33,0	96	0°	96,0	87,0	
	45°	805	642		45°	1.770	1.608		20°	40,3	31,9		20°	92,1	83,7	
1200	0°	1.200	970	2400	0°	2.400	2.170	42	35°	36,9	29,6	96	35°	84,4	77,1	
	20°	1.152	936		20°	2.304	2.087		45°	33,8	27,4		45°	77,3	70,9	
	30°	1.093	894		30°	2.186	1.986		48	0°	48,0		39,0	108	0°	108,0
	35°	1.055	867		35°	2.111	1.922	20°		46,1	37,6	20°	103,7		95,2	
	40°	1.013	837		40°	2.026	1.849	35°		42,2	34,8	35°	95,0		87,6	
	45°	966	803		45°	1.931	1.769	45°	38,6	32,3	45°	86,9	80,5			
Obs.: As dimensões foram determinados por cálculo, em vez de medições de campo. Medidas métricas são arredondadas ao milímetro mais próximo. Medidas inglesas são arredondadas para um decimal. A espessura do aço no chute ou calha-guia não é considerada. Supõe-se um sistema de três roletes livres de formação de calha de comprimento equivalente. As distâncias métricas de borda de correia consideram 90 milímetros para a vedação lateral + 25 mm para margem de desalinhamento de correia. As distâncias de borda em medidas inglesas consideram 3,5 polegadas para a vedação lateral + 1 polegada para a margem de desalinhamento de correia. A granulometria do material a granel não é considerada.												120	0°	120,0	111,0	
													20°	115,2	106,7	
													35°	105,5	98,2	
													45°	96,6	90,2	

de cinco roletes livres catenários, na zona de carga, para compensar o desalinhamento extra da correia, que é uma característica de correias usando roletes livres catenários.

A largura da calha-guia deve ser verificada para assegurar que a altura do leito do material que sai da área de calha juntamente com o ângulo de repouso do material não se combinem para criar uma condição de derrames.

Altura da Calha-guia

A largura e velocidade da correia, o tamanho dos fragmentos do material e a velocidade do ar na descarga devem ser considerados quando da determinação da altura da calha-guia exigida para um determinado ponto de transferência.

A calha-guia deve ser alta o suficiente para conter a carga de material quando a correia estiver funcionando com capacidade normal e para passar fragmentos sem travar. À medida que o tamanho dos aglomerados inclusos na carga subir, assim também deve-se aumentar a altura da calha-guia; no mínimo, a altura deve ser suficiente para conter os pedaços maiores. A calha-guia deve ser alta o suficiente para conter dois dos maiores pedaços empilhados um em cima do outro.

Na sexta edição do *Belt Conveyors for Bulk Materials*, a CEMA publicou tabelas especificando a altura mínima para uma calha-guia descoberta, em transportadores com roletes livres de 20, 35 e 45°, transportando cargas de vários tamanhos de fragmentos. Em resumo, ela especifica que aproximadamente 300 milímetros (12 polegadas) é a altura suficiente para partículas de 50 milímetros (2 polegadas) ou menos, transportadas em superfícies planas ou em correias com 20 graus de convexidade, e até 1.800 milímetros (72 polegadas) de largura ou para correias com 35° e 45° de convexidade e até 1.200 milímetros (48 polegadas) de largura. A tabela especifica calhas-guia com uma altura mínima de 825 milímetros (32,5 polegadas) para correias com largura até 2.400 milímetros (96 polegadas) com fragmentos de até 450 milímetros (18 polegadas).

Para materiais que podem criar um problema de pó, é uma boa prática aumentar a altura da área da calha para servir como uma câmara, um espaço que irá reduzir a pressão positiva do ar. Essa área servirá para “parar” o ar cheio de pó, de modo que as partículas possam se assentar e voltar para a carga do transportador.

Para o máximo controle de pó, as paredes do chute (calhas-guia) devem ser altas o suficiente para criar uma área transversal na zona de carga que proporcione uma velocidade máxima do ar acima do leito do produto de menos de 1 metro por segundo (200 pés/min). (**Equação 11.2**). Esse maior volume, combinado com cortinas múltiplas de poeira, cria uma câmara suficiente para acomodar as pressões positivas da circulação do ar, sem que os materiais a granel mais comuns escapem para fora do compartimento (**Figura 11.8**). Em muitas circunstâncias, para atingir essa velocidade limitada, a altura da calha-guia deve ser aumentada em 600 milímetros (24 pol) ou mais. Materiais muito leves, com partículas extremamente pequenas ou materiais com muito pó podem exigir velocidades de saída tão baixas quanto 0,25 metros por segundo (50 pés/min).

A calha-guia deve ainda ser alta o bastante para conter o maior fragmento da carga, se for colocada na parte superior do perfil da carga de material. Se o cálculo não resultar em uma altura suficiente, a altura calculada deve ser substituída por uma altura de 2,5 vezes o maior fragmento.

Obviamente, há um limite prático para

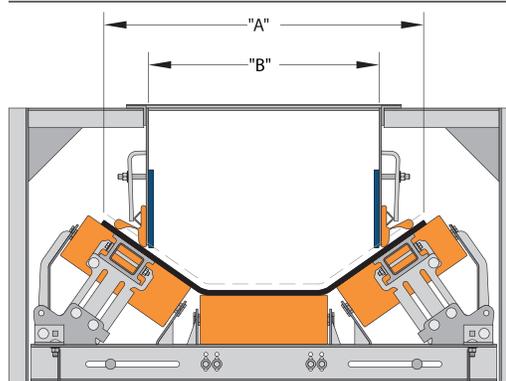


Figura 11.7

A largura efetiva da correia (A) é a largura da esteira quando côncava. A distância real de transporte de carga (B) é, então, reduzida pela exigência de uma borda de vedação no exterior da calha-guia.



Figura 11.8

A altura da calha-guia pode ser aumentada para reduzir a velocidade do ar, minimizando a pressão positiva da circulação do ar, sem que os materiais a granel mais comuns escapem para fora do compartimento.

a altura que uma calha-guia pode ter. Se as exigências da área de fixação/altura da calha-guia se tornarem excessivas, deverá ser instalado um sistema de coleção de pó que possa dar conta do movimento total do ar do ponto de transferência, e um sistema ativo de controle de pó (por exemplo, um sistema de supressão de pó ou sistema de coleção de pó filtro de manga).

As paredes do chute precisam ser altas o bastante e situadas de modo que os coletores de escape de pó não puxem partículas finas para fora da pilha. Os coletores podem puxar tanto material que rapidamente ficam obstruídos. Se as paredes da calha-guia não forem altas o bastante, será desperdiçada energia para remover o pó que teria em breve se assentado por si próprio, e o sistema de coleção de pó será maior e mais caro que o necessário. *(Veja a discussão sobre áreas de fixação no Capítulo 18: Controle Passivo de Pó.)*

A CALHA-GUIA COMO UMA ZONA DE ACOMODAÇÃO

Recomenda-se cobrir a calha-guia com um sistema de tela de aço ou lona para o controle do pó (**Figura 11.9**). A menos que haja uma razão específica para não cobri-la, a calha-guia deve ser fechada com uma tampa, cobertura ou telhado. A cobertura da calha-guia é necessária para criar a câmara a fim de permitir que o pó se assente e a circulação de ar seja diminuída. Uma grande câmara é útil no controle das nuvens de pó expulsas pelas forças da transferência do fluxo de material. *(Veja o Capítulo 7: Controle de Ar e Capítulo 18: Controle Passivo de Pó.)*

A incorporação de cortinas de pó corretamente colocadas dentro do sistema de calha-guia ajudará a diminuir o fluxo de ar e significativamente diminuir a liberação de pó no ar, a partir da saída do ponto de transferência.

Figura 11.9

Recomenda-se cobrir a calha-guia com um sistema de tela de aço ou lona, para criar a câmara necessária que permite que o pó se assente e a circulação de ar seja diminuída.



(Veja o Capítulo 18: Controle Passivo de Pó para maiores informações sobre as cortinas de pó.)

Além disso, colocar um “telhado” sobre a calha-guia irá conter ocasionais fragmentos de material que, por alguma circunstância aleatória, passe pelo chute de carga para a correia com força suficiente para “saltar” completamente para fora da correia.

A CEMA recomenda que essas coberturas das calhas-guia devam ser inclinadas para baixo do chute de carga até a calha-guia, evitando que o material que ainda não está se movendo na velocidade da esteira cause congestionamento de material. Em *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*, a CEMA fornece tabelas para alturas mínimas de calhas-guia descobertas e larguras mínimas da correia baseadas no tamanho dos fragmentos. A prática geralmente aceita é a de manter a largura e altura da calha-guia em pelo menos 2,5 vezes o maior tamanho do fragmento. Ao manter as calhas-guia altas, duas coisas são realizadas: evita-se congestionamentos de material, e há fornecimento de um grande espaço para dissipar a velocidade do ar e deixar o pó se assentar.

As coberturas de calha-guia não são as “capas” semicirculares comumente vistas ao longo do curso de um transportador, mas são tipicamente um telhado plano entre as duas calhas-guia. Na maioria dos casos, uma cobertura de aço é a melhor opção. Essas coberturas podem ser fixadas no lugar, permitindo a inspeção e manutenção. Tecido ou borracha são os materiais mais frequentemente aplicados para conectar equipamentos vibratórios a chutes ou calhas-guia estacionárias.

A cobertura deve ser projetada de modo que suporte o peso de um trabalhador ou deve ser protegida e marcada com avisos de “Proibido Pisar”, para evitar que alguém caia através da cobertura.

Aberturas na calha-guia ou tampas devem ser disponibilizadas para o serviço de inspeção; essas aberturas devem estar equipadas com portas para impedir a fuga de material e minimizar a saída de ar.

CONSTRUÇÃO DA CALHA-GUIA

Espaço Livre Acima da Correia

Mesmo sob condições ideais, calhas-guia de aço podem ser perigosas para a correia. Flutuações na linha do percurso da correia podem permitir que ela se mova contra o aço, onde podendo ser arrancada ou cortada. Além disso, material pode formar uma cunha sob a calha-guia e raspar a superfície da correia.

É fundamental elevar a(s) borda(s) inferior(es) da calha-guia longe o suficiente, acima do transportador, para que nunca entre(m) em contato com a cobertura da correia. Quanto mais se aumenta a distância acima da correia, maior é a dificuldade em fornecer uma vedação eficaz. A calha-guia às vezes é instalada com uma distância de vários centímetros acima da correia para facilitar sua substituição. Quando o aço é colocado a essa distância da superfície da correia, é praticamente impossível fornecer uma vedação eficiente na parte externa das calhas-guia quando há pressão lateral.

Uma vedação ineficaz se perpetua. Há vazamentos de material para fora, acúmulo sobre rolos livres, levando a problemas de desalinhamento, e outros que resultam em uma linha de correia instável. A correia se flexiona para cima e para baixo e oscila de um lado para outro. Engenheiros da fábrica e equipes de manutenção, conscientes da necessidade de impedir que a correia entre em contato com o conjunto de chutes, aumentam o espaço livre da correia ao calha-guia. Isso aumenta drasticamente a dificuldade de selar o ponto de transferência, resultando em um aumento no derramamento. Esse aumento no derrame resulta em um contínuo ciclo vicioso de oscilação na correia, falhas nos componentes rolantes e aumento dos custos operacionais.

Quanto mais perto a correia e o aço estão colocados, mais fácil é manter uma vedação entre eles. É fundamental dar um alívio na direção do movimento da correia. Um vão entre o aço deve formar uma abertura em forma de cunha, que permita que o material transportado passe ao longo do contorno de aço e a borracha de vedação, ao invés de ficar encravado em uma abertura pela força incessante do movimento da correia. A calha-guia deve abrir gradualmente, tanto horizontal como verticalmente, do ponto de carga na direção do movimento da correia para permitir

que o material aprisionado seja liberado (**Figura 11.10**).

Recomenda-se que as extremidades inferiores das placas da calha-guia sejam posicionadas 6 milímetros (1/4 ou 0,25 pol) acima do correia, na entrada da correia para a zona de carga. Essa dimensão deve ser aumentada de maneira uniforme, no sentido do percurso da correia de 9-12 milímetros (3/8 ou 0,38 a 0,5 polegada), quando a correia sai da calha-guia (**Figura 11.11**). Esse afastamento próximo não pode ser alcançado dentro de uma tolerância de mais ou menos 1,5 milímetros (1/16 ou 0,063 pol) na extremidade da entrada (polia traseira) do chute.

É fundamental que a linha central do conjunto da calha-guia esteja alinhada com a linha central da correia, para evitar desalinhamento desta. Se as duas não estiverem alinhadas, as forças desiguais do centro de gravidade da carga e o atrito contra a calha-guia irá causar um desalinhamento crônico da correia e um desgaste acelerado nas placas de desgaste e vedação da calha-guia. Com o aço posicionado próximo à linha de correia, é crítico para a segurança desta que se evite que suba até para fora dos roletes livres durante a ativação do transportador. Esta é uma razão pela qual a elevação da polia traseira, vulgarmente conhecida como regime de meia-calha, não é uma boa idéia, pois essa prática incentiva a correia a subir. O emprego do uso do regime de meia-calha é geralmente feito com o intuito de encurtar a distância de transição. (*Veja o Capítulo 6: Antes da Zona de Carga, para obter informações adicionais sobre as transições de meia-calha.*) É importante que as especificações e a tensão da correia sejam calculadas corretamente para minimizar o risco de a correia se elevar para fora dos roletes livres. Tensores podem ser instalados para manter a correia sobre os roletes livres.

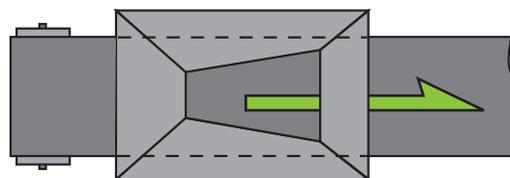
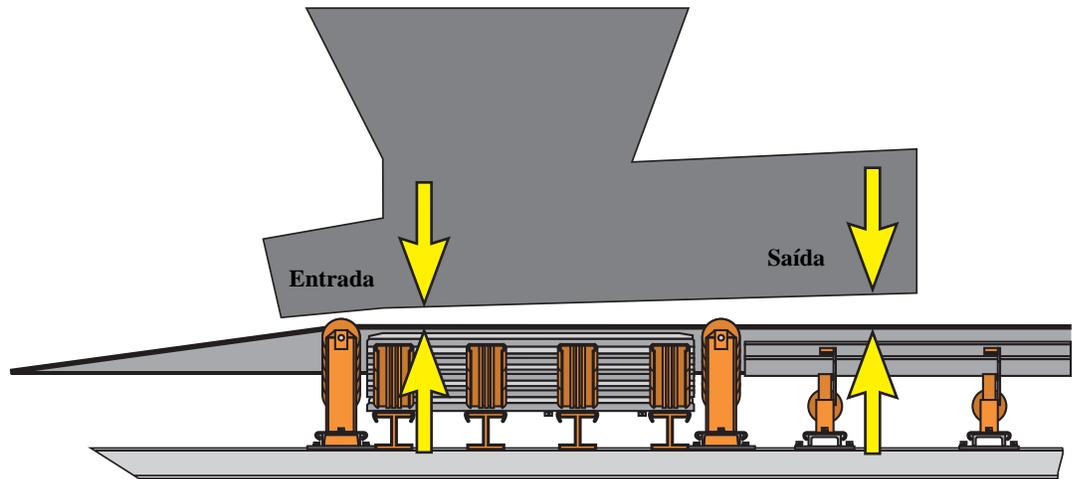


Figura 11.10

Para reduzir o risco de que material aprisionado arranque a correia, a calha-guia deve se abrir (ou autoaliviar) horizontal e verticalmente, na direção do movimento da correia. (A ilustração está exagerada para mostrar o efeito.)

Figura 11.11

As extremidades inferiores das calhas-guia devem ser posicionadas 6 milímetros (1/4 ou 0,25 polegada) acima da correia, na entrada desta, para a zona de carga. Essa dimensão deve ser aumentada de maneira uniforme, no sentido do percurso da correia de 9 para 12 milímetros (3/8 ou 0,38-0,5 polegada) quando a correia sai da calha-guia.



Bordas de fundo áspero ou aço deformado podem criar condições difíceis, capturando material para aumentar o arrasto na tração do transportador e/ou abrasão da superfície da correia. Blocos de cerâmica ou placas de desgaste devem ser cuidadosamente instalados para evitar irregularidades ou aspereza nas bordas que possam aprisionar material ou danificar a correia (**Figura 11.12**). A regra é manter uma superfície de fluxo estável na borda inferior da calha-guia e eliminar todos os pontos de aprisionamento. Os forros de aço da calha-guia e do chute devem ser instalados com muito cuidado, com todas as emendas bem alinhadas.

Uma lacuna entre a calha-guia e a superfície da correia deve ser vedada com um sistema de elastômero flexível e substituível aplicado na parte externa da calha-guia. (Veja o Capítulo 13: *Sistemas de Vedação Lateral*).

Construção da calha-guia

A força e a estabilidade da calha-guia são muito importantes para o seu sucesso. Muitas vezes o suporte da calha-guia do transportador é apoiado em vigas que não são rígidas o suficiente para resistir ao impacto do material ou à vibração do equipamento. Isso é um risco de falha estrutural que põe em perigo a correia

e o ponto de transferência em si.

A espessura da calha-guia deve ser suficiente para suportar as pressões laterais que podem ocorrer quando o chute fica obstruído ou a correia rola para trás. Como está localizado próximo à correia, qualquer movimento da calha-guia deve ser evitado para minimizar os riscos de danos.

Exceto em aplicações muito leves, a espessura mínima do aço carbono utilizado na construção da calha-guia deve ser de 6 milímetros (0,25 polegadas). Em correias que se movem acima de 3,7 metros por segundo (750 pés/min) ou com 1.300 milímetros (54 pol) ou mais de largura, a espessura mínima deve ser de 10 milímetros (3/8 pol). Para aplicações com correias com movimento superior a 5 metros por segundo (1.000 pés/min) ou 1.800 milímetros (72 polegadas) de largura, a espessura mínima deve ser de 12 milímetros (0,5 polegada).

As calhas-guia devem ser instaladas em suportes de aço estrutural sobre centros de aproximadamente 1,2 metros (48 pol) para que os suportes não interfiram com o espaçamento ou acesso aos leitos e roletes livres de suporte da correia. O projeto de apoio mais comum é uma estrutura angular de ferro em “A”, instalada em aproximadamente o mesmo espaçamento que os roletes livres de transporte. Essas estruturas em “A” devem ser rígidas e bem reforçadas, e devem ser instaladas longe o bastante acima da correia, para permitir o acesso fácil para ajuste ou substituição da vedação da calha-guia (**Figura 11.13**).

Pelo menos uma estrutura em “A” deve

Figura 11.12

A calha-guia deve ser instalada de modo que mantenha um fluxo constante em sua borda inferior para eliminar todos os pontos de aprisionamento de material.



estar posicionada no início da calha-guia e outra no final. Um espaçamento mais próximo deve ser considerado na zona de impacto do transportador na extensão da duplicação da estrutura de apoio.

Existem tamanhos mínimos de ferro em ângulo que precisam ser usados para construir essas estruturas em “A” (**Tabela 11.2**). Essas especificações são as mais adequadas para materiais de baixa densidade e fluxo livre. Para alimentadores de correia, ou para lidar com materiais de alta densidade, como minérios ou aço concentrado mais pesado, um espaçamento menor é necessário.

É importante que haja um afastamento adequado entre a parte inferior dos suportes da calha-guia e a correia, para haver espaço para a instalação e manutenção de um sistema de vedação e fixação da calha-guia. A distância mínima entre o suporte horizontal e a correia na parede da calha-guia deve ser 230 milímetros (9 polegadas).

Se houver vibração dinâmica no sistema, causada por um movimento da correia ou outras máquinas em funcionamento, tais como mandíbulas, trituradores ou telas, a calha-guia pode precisar ser isolada destas.

Essas recomendações são para instalações de transporte normais e classificações de resistência normal, onde a correia está aproximadamente na altura da cintura, e os roletes livres possuem largura padrão. Para outras aplicações, tais como calha-guia de “altura dupla” ou condições severas, pode ser necessária uma estrutura de suporte adicional. Um engenheiro estrutural ou de transportador deve ser consultado para aconselhamento sobre a espessura da calha-guia e as estruturas de suporte necessárias.

Calha-guia para Transportadores com Vários Pontos de Carga

Quando uma correia é carregada em mais de um ponto ao longo do comprimento da correia, devem ser tomados cuidados no posicionamento da calha-guia nos pontos de carga. A calha-guia nos pontos de carga posteriores deve ser projetada para permitir que o material previamente carregado passe livremente, sem ser “raspado” para fora da correia pelo aço da calha-guia ou chute dos pontos de carga seguintes.

Como é impossível confiar que o material será carregado de forma uniforme e centralizada sobre um transportador com vários pontos de carga, uma certa quantidade de aração e derramamento do material é provavelmente inevitável. Esse material fugitivo contribui para maiores custos de funcionamento e limpeza, bem como para falhas prematuras de equipamento. Portanto, é uma boa prática incorporar calhas-guia contínuas.

Quando os pontos de carregamento são relativamente próximos, geralmente é melhor colocar uma calha-guia contínua entre os dois pontos de carga e um ângulo mais profundo de concavidade do que seria normalmente utilizado, em vez usar calhas-guia individuais em cada ponto de carga (**Figura 11.14**).



Figura 11.13

A calha-guia deve ser devidamente apoiada, e a estrutura de suporte deve estar suficientemente acima da correia para permitir o acesso ao sistema de vedação.

Tamanhos recomendados de cantoneiras para suportes de calha-guia	
Especificações do transportador	Tamanho do ângulo de ferro de estrutura em “A”
Abaixo de 3,7 m/s (750 pés/min) ou largura de 1.400 mm (54 polegadas)	50 x 50 x 5 mm (2 x 2 x 3/16 in.)
3,7 m/s a 5 m/s (750 pés/min a 1.000 pés/min) ou 1.400 mm e 1800 mm (54 a 72 pol) de largura	75 x 75 x 6,4 mm (3 x 3 x 1/4 in.)
Mais de 5 m/s (1.000 pés/min) ou 1.800 mm (72 polegadas) de largura	75 x 75 x 9,5 mm (3 x 3 x 3/8 in.)

Tabela 11.2

Outra abordagem excelente para situações com múltiplas zonas de carga seria a instalação de um transportador suportado por ar. Transportadores suportados por ar são adequados para as zonas de carga múltipla, uma vez que requerem apenas uma carga centralizada, ao invés de vedações convencionais de calha-guia (**Figura 11.15**). (Veja o Capítulo 23: *Transportadores Suportados a Ar*).

11

Figura 11.14

Quando um transportador tem vários pontos de carga relativamente próximos, isso pode ser melhor para colocar uma calha-guia contínua, entre os pontos de carga.



Figura 11.15

Transportadores suportados por ar são adequados para zonas de carga múltiplas, uma vez que requerem apenas carregamento central, ao invés de calha-guia convencional ou calhas para selagem.



MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Como a calha-guia é basicamente uma parede de aço sem peças móveis, há pouca manutenção preventiva a ser realizada. Se a calha-guia também funciona como uma chapa de desgaste, o desgaste pode ser um problema. A calha-guia pode estar sujeita à corrosão e exige substituição periódica. Se o transportador está sujeito a travamentos frequentes, a calha-guia pode ficar deformada, aumentando a possibilidade de dano à correia. As coberturas da calha-guia devem ser fixadas no lugar, e as portas de acesso fechadas depois de inspeções e manutenção. Verificações periódicas devem ser realizadas para garantir que as calhas-guia sejam estruturalmente capazes de conter o material a granel e corretamente posicionados acima da correia.

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

As especificações a seguir são para transportadores que lidam com materiais de fluxo livre e relativamente uniformes a granel, tais como carvão e brita.

A. Ponto de transferência.

O ponto de transferência será equipado com calhas-guia de aço de cada lado da correia, como uma extensão do chute.

B. Assentamento da carga.

As calhas-guia serão longas o suficiente para permitir que a carga se assente no perfil para



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Mesmo quando corretamente instalada com alívio adequado e sem aspereza, a calha-guia ainda representa uma aresta implacável em estreita proximidade com a correia em movimento. Cuidados devem ser tomados quando se trabalha nas proximidades da calha-guia para evitar ficar presa ou travada entre componentes móveis e da estrutura de aço.

Mesmo quando construídas em aço, as coberturas da calha-guia não servem como passagens e não devem ser utilizadas como plataformas de trabalho. Elas devem possuir protetores e ser marcadas com avisos de “Proibido Pisar”.

Corte e solda são procedimentos de manutenção, comuns na zona de carga. Procedimentos estabelecidos de “trabalhos a quente” e observação de incêndio devem ser seguidos. Chutes e seções cobertas por calha-guia são muitas vezes considerados espaço confinado e exigem que os trabalhadores sigam precauções especiais. (Veja o Capítulo 2: *Segurança*.) Chutes e equipamentos de alimentação podem conter grandes quantidades de acúmulo ou aprisionamento de materiais a granel, que podem cair durante a manutenção. Devem ser seguidos procedimentos estabelecidos de desligar/bloquear/ sinalizar.

ser transportada.

C. Velocidade do ar reduzida.

Uma área transversal da calha-guia será suficiente para reduzir a velocidade do ar a 1,0 metro por segundo (200 pés/min) para permitir que a poeira se assente antes de a carga sair da zona de calha.

D. Coberturas.

O sistema de calha-guia será equipado com coberturas que funcionem como uma câmara que permita que o pó se assente.

E. Área de correia livre.

A calha-guia será projetada para permitir uma área suficientemente livre de cada lado da correia para permitir a efetiva vedação.

F. Espaço livre acima da correia.

A borda inferior da calha-guia deve ser instalada 6 milímetros (0,25 polegada) acima da correia na saída da zona de carga, abrindo ligeiramente de 9 para 12 milímetros (0,38 a 0,5 pol) na saída.

G. Sem elevação.

A correia deve ser impedida de se elevar para fora de sua estrutura de apoio, mesmo quando funcionando descarregada.

H. Construção.

O sistema de calha-guia será solidamente construído com suportes apropriados que

não interfiram na capacidade de instalar ou manter componentes do transportador, inclusive leitos de apoio da correia, roletes livres ou sistemas de vedação da calha-guia.

TÓPICOS AVANÇADOS

Exemplo de Problemas: Cálculo de Dimensões para a Calha-guia/Área de Fixação

Existem equações para determinar as dimensões mínimas adequadas para a calha-guia nos pontos de transferência nos quatro problemas abaixo (**Equação 11.1** Comprimento da calha-guia e **Equação 11.2** Altura da calha-guia). (Para obter o fluxo de ar total nos exemplos de problemas, consulte a Equação 7.1 ou meça o fluxo total.)

CONCLUSÃO SOBRE CALHAS-GUIA

$l_{sb} = \frac{V \cdot CF}{k}$		Unidades	
		Métricas	Inglesas
l_{sb}	Comprimento da calha-guia (da zona de carga ao final do chute)	metros	pés
v	Velocidade da correia	m/s	pés/min
CF	Fator de chute (Q_{tot} = Fluxo de ar total)	Se $Q_{tot} < 0,5 \text{ m}^3/\text{s} = 0,6$	Se $Q_{tot} < 1000 \text{ ft}^3/\text{min} = 2$
		Se $Q_{tot} > 0,5 \text{ m}^3/\text{s} = 0,9$	Se $Q_{tot} > 1000 \text{ ft}^3/\text{min} = 3$
k	Fator de conversão	0,5	100

Equação 11.1

Comprimento da calha-guia

$h_{sb} = \frac{Q_{tot}}{CW \cdot v}$		Unidades	
		Métricas	Inglesas
h_{sb}	Altura da calha-guia	metros	pés
Q_{tot}	Fluxo de ar total	m^3/s	pés ³ /min
CW	Largura do chute (calha-guia)	m	pés
v	Velocidade do ar almejada	m/s	pés/min

Equação 11.2

Altura da calha-guia

Figura 11.16
Exemplo de problema nº 1.

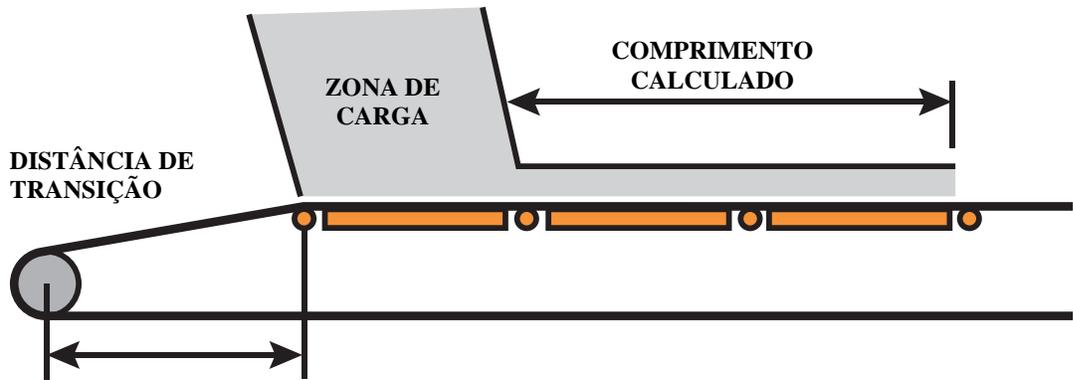


Tabela 11.3
(Figura 11.16)

Exemplo de problema de calha-guia nº 1			
Dados:	Material	Carvão sub-betuminoso	Determinar:
	Largura da correia	1 m (36 pol)	
	Velocidade da correia	3 m/s (600 pés/min)	
	Largura da calha-guia	0,6 m (2 pés)	
	Fluxo de ar medido	0,56 m³/s (1.200 pés³/min)	
			Comprimento mínimo da calha-guia (Equação 11.1.1)
			Altura mínima da calha-guia (Equação 11.2.1)

Equação 11.1.1
Exemplo de problema de comprimento da calha-guia nº 1.

$l_{sb} = \frac{V \cdot CF}{k}$			
Dados: Velocidade da correia de 3 metros por segundo (600 pés/min) e um fluxo de ar de 0,56 metros cúbicos por segundo (1.200 pés³/min). Determinar: Comprimento mínimo da calha-guia.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Inglesas
V	Velocidade da correia	3 m/s	600 pés/min
CF	Fator de chute	0,9	3
k	Fator de conversão	0,5	100
Métricas: $l_{sb} = \frac{3 \cdot 0,9}{0,5} = 5,4$		Imperial: $l_{sb} = \frac{600 \cdot 3}{100} = 18$	
l_{sb}	Comprimento mínimo da calha-guia (da zona de carga ao final do chute)	5,4 m	18 pés

Equação 11.2.1
Exemplo de problema de altura da calha-guia nº 1.

$h_{sb} = \frac{Q_{tot}}{CW \cdot v}$			
Dados: Um fluxo de ar de 0,56 metros cúbicos por segundo (1200 pés³/min), uma largura de chute (calha-guia) de 0,6 metros (2 pés), e uma velocidade de ar almejada de 1 metro por segundo (200 pés/min). Encontrar: Altura mínima da calha-guia.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Inglesas
Q_{tot}	Fluxo de ar total	0,56 m³/s	1200 pés³/m
CW	Largura do chute (calha-guia)	0,6 m	2 pés
v	Velocidade do ar almejada	1 m/s	200 pés/min
Métricas: $h_{sb} = \frac{0,56}{0,6 \cdot 1} = 0,93$		Imperial: $h_{sb} = \frac{1200}{2 \cdot 200} = 3,0$	
h_{sb}	Altura mínima da calha-guia	0,93 m	3 pés

Obs.: Em algumas aplicações reais, os resultados calculados podem ser impraticáveis, portanto, deve-se utilizar o discernimento da engenharia.

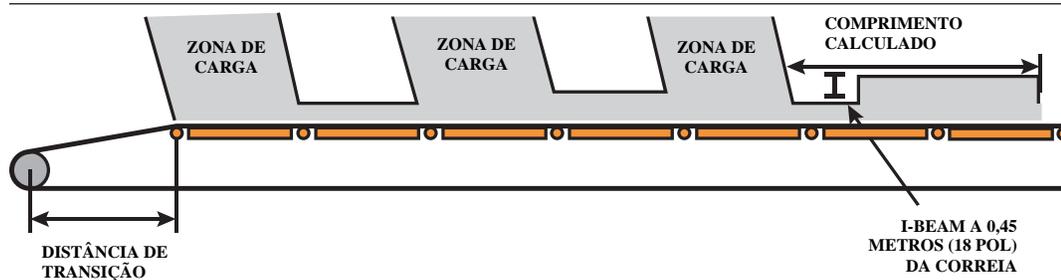


Figura 11.17

Exemplo de problema nº 2.

Exemplo de problema de calha-guia nº 2			
Dados:	Material	Cavacos de madeira	Determinar:
	Largura da correia	1,27 m (48 pol)	
	Velocidade da correia	3,5 m/s (700 pés/min)	
	Largura da calha-guia	1,0 m (3 pés)	
	Fluxo de ar medido	0,28 m³/s (600 pés³/min) de cada zona de carga; todas as zonas de carga operam ao mesmo tempo	
			Comprimento mínimo da calha-guia (Equação 11.1.2)
			Altura mínima da calha-guia (Equação 11.2.2)

Tabela 11.4
(Figura 11.17)

Equação 11.1.2			
$l_{sb} = \frac{V \cdot CF}{k}$			
Dados: Velocidade da correia de 3,5 metros por segundo (700 pés/min) e um fluxo de ar de 0,84 metros cúbicos por segundo (1.800 pés³/min). Encontrar: Comprimento mínimo da calha-guia.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Inglesas
v	Velocidade da correia	3,5 m/s	700 pés/min
CF	Fator de chute	0,9	3
k	Fator de conversão	0,5	100
Métricas: $l_{sb} = \frac{3,5 \cdot 0,9}{0,5} = 6,3$ Imperial: $l_{sb} = \frac{700 \cdot 3}{100} = 21$			
l_{sb}	Comprimento mínimo da calha-guia (da zona de carga ao final do chute)	6,3 m	21 pés

Equação 11.1.2
Exemplo de problema de comprimento da calha-guia nº 2.

Equação 11.2.2			
$h_{sb} = \frac{Q_{tot}}{CW \cdot v}$			
Dados: Um fluxo de ar de 0,84 metros cúbicos por segundo (1.800 pés³/min), uma largura de chute (calha-guia) de 1 metro (3 pés) e uma velocidade de ar almejada de 1 metro por segundo (200 pés/min). Encontrar: Altura mínima da calha-guia.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Inglesas
Q_{tot}	Fluxo de ar total	0,84 m³/s	1800 pés³/m
CW	Largura do chute (calha-guia)	1,0 m	3 pés
v	Velocidade do ar almejada	1 m/s	200 pés/min
Métricas: $h_{sb} = \frac{0,84}{1,0 \cdot 1} = 0,84$ Imperial: $h_{sb} = \frac{1800}{3 \cdot 200} = 3$			
h_{sb}	Altura mínima da calha-guia	0,84 m	3 pés

Equação 11.2.2
Exemplo de problema de altura da calha-guia nº 2.

Obs.: Esta calha-guia de altura estendida deve começar imediatamente a jusante da viga "I" acima da correia.

Obs.: Em algumas aplicações reais, os resultados calculados podem ser impraticáveis, portanto, deve-se utilizar o discernimento de engenharia.



Figura 11.18
Exemplo de Problema nº 3.

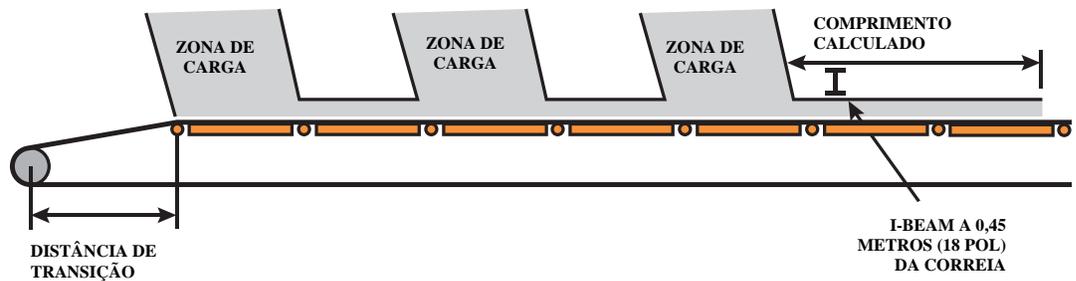


Tabela 11.5
(Figura 11.18)

Exemplo de problema de calha-guia nº 3			
Dados:	Material	Carvão antracito	Determinar:
	Largura da correia	1,27 m (48 pol)	
	Velocidade da correia	3,5 m/s (700 pés/min)	
	Largura da calha-guia	1,0 m (3 pés)	
	Fluxo de ar medido	0,28 m³/s (600 pés³/min) de cada zona de carga; cada zona de carga funciona por vez	
			Comprimento mínimo da calha-guia (Equação 11.1.3)
			Altura mínima da calha-guia (Equação 11.2.3)

Equação 11.1.3
Exemplo de problema de comprimento da calha-guia nº 3.

Equação 11.1.3			
$l_{sb} = \frac{V \cdot CF}{k}$			
Dados: Velocidade da correia de 3,5 metros por segundo (700 pés/min) e um fluxo de ar de 0,28 metros cúbicos por segundo (600 ft³/min). Determinar: Comprimento mínimo da calha-guia.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Inglesas
v	Velocidade da correia	3,5 m/s	700 pés/min
CF	Fator de chute	0,6	2
k	Fator de conversão	0,5	100
Métricas: $l_{sb} = \frac{3,5 \cdot 0,6}{0,5} = 4,2$ Imperial: $l_{sb} = \frac{700 \cdot 2}{100} = 14$			
l_{sb}	Comprimento mínimo da calha-guia (da zona de carga ao final do chute)	4,2 m	14 pés

Equação 11.2.3
Exemplo de problema de altura da calha-guia nº 3.

Equação 11.2.3			
$h_{sb} = \frac{Q_{tot}}{CW \cdot v}$			
Dados: Um fluxo de ar de 0,56 metros cúbicos por segundo (1.200 pés³/min), uma largura de chute (calha-guia) de 0,6 metros (2 pés) e uma velocidade de ar almejada de 1 metro por segundo (200 pés/min). Determinar: Altura mínima da calha-guia.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Inglesas
Q_{tot}	Fluxo de ar total	0,28 m³/s	600 pés³/m
CW	Largura do chute (calha-guia)	1,0 m	3 pés
v	Velocidade do ar almejada	1 m/s	200 pés/min
Métricas: $h_{sb} = \frac{0,28}{1,0 \cdot 1} = 0,28$ Imperial: $h_{sb} = \frac{600}{3 \cdot 200} = 1$			
h_{sb}	Altura mínima da calha-guia	0,28 m	1 pés

Obs.: A calha-guia pode caber abaixo da viga "I" acima da correia.

Obs.: Em algumas aplicações reais, os resultados calculados podem ser impraticáveis, portanto, deve-se utilizar o discernimento de engenharia.

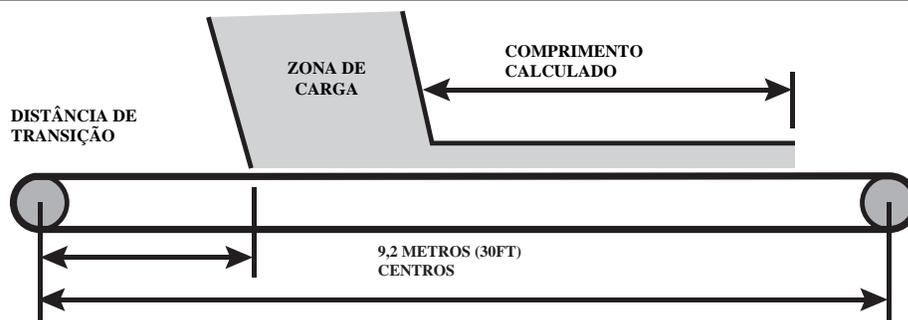


Figura 11.19

Exemplo de problema nº 4.

Exemplo de problema de calha-guia nº 4

Dados:	Material	Carvão antracito	Determinar:	Comprimento mínimo da calha-guia (Equação 11.1.4)
	Largura da correia	1,8 m (72 pol) (correia alimentadora)		Altura mínima da calha-guia (Equação 11.2.4)
	Velocidade da correia	0,5 m/s (100 pés/min)		
	Profundidade do material	0,3 m (1 pé)		
	Largura da calha-guia	1,5 m (5 pés)		
	Correia plana			
	Fluxo de ar medido	0,047 m³/s (100 pés³/min)		

Tabela 11.6
(Figura 11.19)

$$I_{sb} = \frac{V \cdot CF}{k}$$

Equação 11.1.4

Dados: Velocidade da correia de 0,5 metros por segundo (100 pés/min) e um fluxo de ar de 0,047 metros cúbicos por segundo (100 pés³/min). Determinar: Comprimento mínimo da calha-guia.

Exemplo de problema de comprimento da calha-guia nº 4.

Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Inglesas
v	Velocidade da correia	0,5 m/s	100 pés/min
CF	Fator de chute	0,6	2
k	Fator de conversão	0,5	100

Métricas: $I_{sb} = \frac{0,5 \cdot 0,6}{0,5} = 0,6$ Imperial: $I_{sb} = \frac{100 \cdot 2}{100} = 2$

I_{sb}	Comprimento mínimo da calha-guia (da zona de carga ao final do chute)	0,6 m	2 pés
----------	---	-------	-------

Obs.: A calha-guia deve se estender por todo o comprimento carregado da correia, pois também ajuda a manter o material sobre esta.

$$h_{sb} = \frac{Q_{tot}}{CW \cdot v}$$

Equação 11.2.4

Dados: Um fluxo de ar de 0,047 metros cúbicos por segundo (100 pés³/min), uma largura de chute (calha-guia) de 1,5 metros (5 pés) e uma velocidade de ar almejada de 1 metro por segundo (200 pés/min). Determinar: Altura mínima da calha-guia.

Exemplo de problema de altura da calha-guia nº 4.

Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Inglesas
Q_{tot}	Fluxo de ar total	0,047 m³/s	100 pés³/m
CW	Largura do chute (calha-guia)	1,5 m	5 pés
v	Velocidade do ar almejada	1 m/s	200 pés/min

Metric: $h_{sb} = \frac{0,047}{1,5 \cdot 1} = 0,03$ Imperial: $h_{sb} = \frac{100}{5 \cdot 200} = 0,1$

h_{sb}	Altura mínima da calha-guia	0,03 m	0,1 pés
----------	-----------------------------	--------	---------

Obs.: A altura deve ser de pelo menos 0,3 metro (1 pé), porque essa é a altura do material na correia.

Obs.: Em algumas aplicações reais, os resultados calculados podem ser impraticáveis, portanto, deve-se utilizar o discernimento da engenharia.

Para Concluir...

A calha-guia desempenha um papel fundamental no controle tanto de pó como de derrames. Pela centralização da carga, são devidamente concebidos sistemas de calha-guia reduzindo o derrame, formando um enclausuramento do material, ajudando a prevenir a fuga de pó. Ambos são passos essenciais na luta para melhorar a eficiência de transporte de material de controle total.

A Seguir...

Este capítulo sobre Calhas-guia, o sexto capítulo na seção Carregando a Correia, incidiu sobre a utilização de calhas-guia para reduzir derramento e pó. Dois capítulos faltam nesta seção: Capítulo 12: Chapas de Desgaste e Capítulo 13: Sistemas de Vedação Lateral.

REFERÊNCIAS

- 11.1 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*. Naples, Florida.
- 11.2 O site <http://www.conveyor-beltguide.com> é uma ferramenta valiosa e não comercial de recursos que abrange muitos aspectos sobre correias transportadoras.
- 11.3 Qualquer fabricante e a maioria dos distribuidores de produtos para transportadores de correia podem fornecer uma variedade de materiais para a construção e utilização de seus produtos específicos.



Figura 12.1
A chapa de desgaste é instalada no interior do ponto de transferência como uma superfície de sacrifício.

Capítulo 12 **CHAPAS DE DESGASTE**

Papel das Chapas de Desgaste	171
Tipos de Chapas de Desgaste	171
Aplicando as Chapas de Desgaste	175
Questão de Segurança	176
Especificações Mais Utilizadas.....	178
Selecionando uma Chapa de Desgaste para uma Aplicação Específica.....	178

Neste capítulo...

Este capítulo vai cobrir as razões para a instalação das chapas de desgaste, os três estilos de chapas de desgaste comumente usados e os vários materiais utilizados como chapas de desgaste. Discutimos também a seleção e as técnicas para a correta instalação das chapas de desgaste na seção da calha-guia de um ponto de transferência.

A chapa de desgaste é uma placa instalada no interior do ponto de transferência, como uma superfície de sacrifício para ser desgastada pelo contato com o leito móvel de material (**Figura 12.1**).

O PAPEL DAS CHAPAS DE DESGASTE

Nos planos para um ponto de transferência de baixo derrame, a chapa de desgaste serve a vários propósitos:

- A. Oferece uma superfície de sacrifício, facilmente substituível, capaz de proteger as paredes do chute e da calha-guia.
- B. Ajuda a centralizar a carga de material.
- C. Impede que a carga de material aplique altas forças laterais sobre as tiras de selagem, melhorando, assim, a vida útil da vedação.
- D. Alguns tipos de chapas de desgaste podem reduzir a fricção, o impacto, o ruído e a degradação do material a granel.

A força dos materiais que fluem através de um ponto de transferência e são despejados sobre uma correia, dentro de uma área de transferência, criam enormes pressões para fora. A chapa de desgaste é instalada para controlar essa pressão lateral e proteger os componentes do ponto de transferência. A chapa de desgaste é um componente fundamental na contenção do material transportado na área de contorno (**Figura 12.2**). Essa pressão lateral do material, se não controlada, vai empurrar partículas finas de material e pó para fora do centro da pilha de material e sob a calha-guia, resultando em derrames.

Chapas de desgaste são instaladas na parte interna da calha-guia para proteger o selo da calha-guia. Elas têm a missão de separar o trabalho de vedação da função de colocação de carga. Ao criar uma barreira entre a pilha de material e as tiras de vedação lateral, as

chapas de desgaste reduzem muito as forças da carga lateral que atingem as tiras de vedação. Com chapas de desgaste instaladas, as tiras de selagem não têm de agir como uma parede para conter a carga de material, mas sim agir apenas como uma vedação, uma finalidade para a qual elas são muito mais adequadas. Esse arranjo melhora a eficácia e a expectativa de vida do sistema de vedação, reduzindo o risco de danos causados por aprisionamento de material.

Existem apenas alguns exemplos onde a instalação de uma chapa de desgaste não vai aumentar em muito a selagem de um ponto de transferência e a expectativa de vida de seus componentes. Estes seriam correias muito levemente carregadas ou correias de tratamento de materiais não-abrasivos, de baixa densidade. Em todas as outras circunstâncias, chapas de desgaste corretamente instaladas e mantidas reduzirão forças de carga lateral de material para aumentar a eficiência e a vida útil da vedação.

TIPOS DE CHAPA DE DESGASTE

Configurações das Chapas de Desgaste

Quatro estilos de chapa de desgaste são comumente vistas hoje: retas, espaçadas, defletoras e cônicas (**Figura 12.3**).

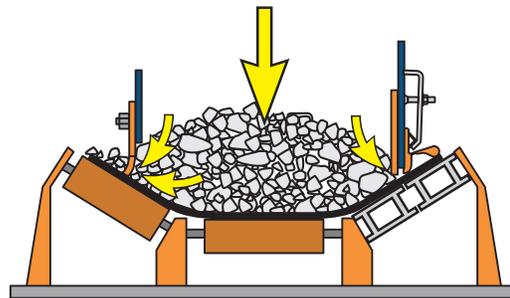


Figura 12.2

Sem a proteção oferecida por uma chapa de desgaste, o sistema de vedação com elastômero não é resistente o suficiente para conter as forças que empurram o material por cima da borda da correia.

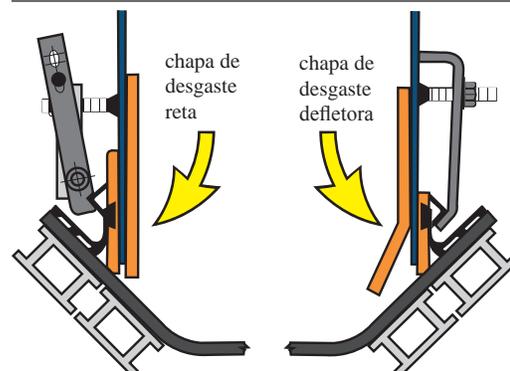


Figura 12.3

Esquerda: chapa de desgaste reta.
Direita: chapa de desgaste defletora.

Chapa de Desgaste Reta

A chapa de desgaste reta tem a capacidade de prevenção das forças de carga lateral sobre a vedação de contorno, sem abafar o chute e restringir o fluxo do material. Tem sido utilizada em todos os tamanhos de correias (**Figura 12.4**). O benefício real das chapas de desgaste reta é que ela proporciona maior vida útil e eficácia de vedação, sem fechar a área de carga efetiva. Em uma época em que se exige uma produção cada vez maior, com cada vez menos recursos, é importante maximizar a capacidade do sistema, utilizando toda a largura

do chute de carga e da correia transportadora. A chapa de desgaste reta é uma boa escolha para atender as necessidades presentes e futuras de fluxo da maioria dos materiais a granel.

Essa opção também é ideal para que correias com vários pontos de carga sejam instaladas em um único ponto de transferência comprido, ou através de várias zonas de carga.

Chapa de Desgaste Espaçada

Uma variação da técnica de instalação das chapas de desgaste reta é uma chapa de desgaste espaçada (**Figura 12.5**). Essa técnica híbrida pode ser utilizada em aplicações onde a coleção de pó mecânica está presente. Para auxiliar na vedação, as chapas não são instaladas diretamente sobre a parede da vedação lateral, mas ligeiramente separadas – de 25 a 50 milímetros (1 a 2 polegadas). O espaço entre a vedação lateral e a chapa de desgaste é usado como uma área de pressão negativa. Partículas finas e pó nessa área podem ser retirados desse espaço pelo sistema de coleção de pó do transportador.

Essa técnica é mais adequada para uso em sistemas de transporte novos, de modo que a exigência de “distância livre da borda da correia” pode ser projetada nas dimensões da zona de carga, desde o início, sem redução da capacidade de carga do transportador. Embora as dimensões desse espaço não sejam grandes, normalmente entre 25 e 50 milímetros (1 a 2 polegadas) de espaço livre em cada lado da correia, é importante que em uma instalação de chapa de desgaste espaçada a chapa seja posicionada de modo que sua borda superior esteja bem acima da altura da pilha de material na zona de carga.

Chapa de Desgaste Defletora

A chapa de desgaste defletora incorpora uma dobra para que a metade inferior da chapa seja dobrada para dentro, em direção ao centro da correia (**Figura 12.6**). Esse ângulo fornece um espaço “livre” entre a saia de borracha e a chapa de desgaste. Essa área é útil, pois partículas finas que tenham conseguido passar sob a borda inferior das chapas de desgaste ainda têm uma área na correia para serem transportadas; não são automaticamente ejetadas do sistema. Essas partículas são contidas pela tira de vedação e têm um caminho a percorrer pela correia até a área de saída do ponto de transferência. As

12

Figura 12.4

A chapa de desgaste reta melhora a vedação sem abafar a área de carga efetiva.



Figura 12.5

A chapa de desgaste espaçada incorpora uma área aberta atrás das chapas, onde pode ser aplicada a coleção de pó.

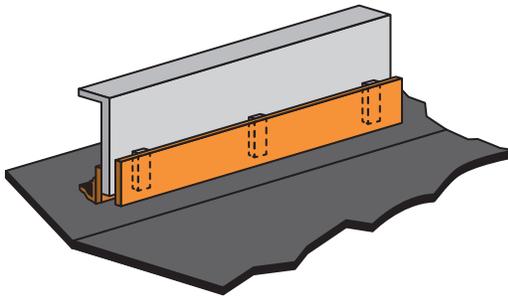


Figura 12.6

A chapa de desgaste defletora cria uma área livre entre a chapa e o sistema de vedação.



partículas que conseguirem sair para desafiar o selo de borracha são relativamente livres de forças aplicadas; são isoladas as forças para baixo e para fora da carga de material.

A desvantagem das chapas de desgaste defletoras é que reduzem a área transversal efetiva da área da calha-guia. O que, por sua vez, reduz o volume de material que pode passar pelo ponto de transferência e, conseqüentemente, pode exigir ajustes nas dimensões do chute ou na programação operacional de um sistema para manter a capacidade especificada. Essa consideração é particularmente importante em correias menores, inferiores a 750 milímetros (30 polegadas) de largura ou correias acionadas próximo à sua capacidade total. Ao reduzir a seção transversal da zona de carga, a chapa defletora pode também reduzir o tamanho máximo admissível dos fragmentos, levando a congestionamentos de material.

Além disso, a chapa de desgaste defletora não deve ser usada em zonas de carga onde houver impacto. Em tais aplicações, a chapa enfrenta maior desgaste, e há possibilidade de fragmentos de material rebaterem na correia e ficarem aprisionados na parte aberta inferior das chapas defletoras, criando risco de abrasão da correia. A chapa defletora também concentra o desgaste abrasivo de impacto do material sobre a área “dobrada” e a “borda” das chapas. Se o desgaste for concentrado em um ponto, isso pode criar uma abertura onde fragmentos de material podem se acumular, aumentando as chances de abrasão da correia (**Figura 12.7**).

Chapa de Desgaste Cônica

A chapa de desgaste cônica geralmente é fundida em aço molibdênio para uso em aplicações pesadas. A seção transversal da carcaça é trapezoidal para reduzir a lacuna no cruzamento da correia, chapa e vedação do contorno, enquanto apresenta espessura suficiente de desgaste, onde o material impacta ou desliza pela área do contorno. Para manter o peso razoável de peças individuais para manipulação, as chapas de desgaste cônicas são geralmente feitas com 300 a 400 milímetros (12 a 16 polegadas) de largura. Como chapas de desgaste fundidas são pesadas e oferecidas em comprimentos curtos, é difícil instalá-las de forma que a borda inferior fique em uma linha lisa e reta. Uma instalação malfeita pode criar

bolsões onde os materiais a granel podem ficar aprisionados e desgastar a correia.

Materiais da Placa de Desgaste

Chapas de desgaste retas e defletoras normalmente são fornecidas como folhas de material, com 1.200 milímetros (48 polegadas) de comprimento, 200 milímetros (8 polegadas) de altura e 12 milímetros (1/2 ou 0,5 polegada) de espessura. Chapas fundidas são normalmente comercializadas em peças com 300 a 400 milímetros (12 a 16 polegadas) de largura, 200 a 500 milímetros (8 a 20 polegadas) de altura e 25 a 75 milímetros (1 a 3 polegadas) de espessura. As chapas podem ser fornecidas com furos pré-perfurados para simplificar a instalação em campo.

Há uma série de materiais adequados para uso como chapas de desgaste (**Tabela 12.1**).

Chapa de Desgaste de Aço Doce

A chapa de desgaste de aço doce é comumente utilizada em materiais com abrasão muito baixa ou em correias com cargas leves ou com horário de funcionamento reduzido. Materiais como serragem, aparas de madeira e lixo seriam bons exemplos de material adequado para usar em placas de aço doce. Além disso, projetos com baixos custos iniciais, mas que exigem bons resultados de curto prazo também são candidatos para uma chapa de desgaste de aço doce.

Se o ambiente for úmido ou corrosivo, a maior taxa de corrosão do aço doce pode criar um atrito adicional ao corpo do material na zona de carga.

A chapa de desgaste de aço doce pode vir em qualquer padrão de linha reta ou defletora.



Figura 12.7

A chapa defletora também concentra o desgaste abrasivo de impacto do material sobre a área “dobrada” e a “borda” das chapas.

Chapa de Desgaste em Placa Resistente à Abrasão

Chapa de desgaste em placa resistente à abrasão (placa AR) proporciona uma vida muito mais longa que a placa de desgaste fabricada em aço doce. A Placa AR é uma opção muito boa, capaz de lidar com materiais mais abrasivos, como areia, minérios de rocha dura e carvão. A vida de desgaste pode se prolongar sete vezes mais do que o aço doce. A Placa AR está disponível em ambos os estilos, em linha reta ou defletora.

Chapa de Desgaste com Face de Cerâmica

A chapa de desgaste com face de cerâmica é uma boa chapa de desgaste de longo prazo, em correias de operação contínua que transportem material altamente abrasivo, onde o impacto é mínimo. Uma placa de suporte de aço leve com faces de blocos de cerâmica é uma boa opção nessas circunstâncias. Esses blocos cerâmicos são colados e/ou soldados com encaixes no suporte de aço doce, geralmente nos 100 milímetros (4 polegadas) inferiores da placa. Em cintos mais fortemente carregados, os blocos de cerâmica também podem ser aplicados mais acima da placa de suporte para reduzir o desgaste.

A placa de desgaste com revestimento cerâmico tem demonstrado funcionar bem com carvão e cavacos de madeira. A chapa de desgaste com revestimento de cerâmica pode ser fornecida nos estilos reto e defletor.

Sempre que as chapas são confrontadas com materiais fundíveis, sejam de cerâmica ou ligas de aço, como aço magnésio, deve-se tomar cuidado para alinhar os blocos durante a instalação sobre a chapa de aço. A extremidade inferior da instalação deve ser posicionada com cuidado para evitar pontos de agarre e “degraus” que possam aprisionar o material.

Chapa de Desgaste de Aço Inoxidável

A chapa de desgaste de aço inoxidável é uma escolha que cai entre o aço doce e a Placa AR na resistência à abrasão. A resistência química do aço inox é muitas vezes necessária para aplicações onde há a possibilidade de corrosão do aço doce ou da Placa AR. O coeficiente de atrito entre o material a granel e o aço inoxidável varia significativamente, e as exigências de energia devem ser revistas se estiver sendo feito um condicionamento com chapas de aço inoxidável. A chapa de desgaste de aço inoxidável pode ser fornecida tanto no estilo em linha reta como defletor.

Tabela 12.1

 Materiais das chapas de desgaste					
Material da chapa	Custo inicial	Resistência de abrasão deslizante	Resistência ao impacto	Resistência à temperatura	Qualidade de baixa fricção
Aço doce	Baixo	B	B	MB	NR
Placa resistente à abrasão	Médio	MB	B	MB	NR
Aço inoxidável	Alto	B	B	E	MB
Sobreposição de carboneto de cromo	Médio	E	B	MB	MB
Borracha	Alto	B	E	NR	NR
Poliuretano	Alto	E	E	NR	B
UHMW	Médio	B	NR	NR	E
Peça cerâmica					
Peças de arenito	Baixo	B	NR	B	B
Peças vitrificadas	Baixo	MB	NR	MB	MB
Peças de basalto	Médio	MB	B	MB	B
Peças de alumina	Alto	E	B	E	B

Obs.: Comparação do desempenho de possíveis materiais de chapa de desgaste. Classificação: E-Excelente; MB-Muito Bom; B-Bom; NR-Não Recomendado.

Sobreposição de Carboneto de Cromo

Sobreposição de carboneto de cromo é um material muito rígido adequado para transportadores que possuam níveis muito elevados de abrasão. Sozinho, o carboneto de cromo é muito quebradiço, portanto, é sobreposto em uma placa de suporte para a instalação. A placa de suporte pode ser de aço doce ou inoxidável, dependendo dos requisitos da aplicação. A face rígida terá uma escala de dureza Rockwell “C” entre 53 e 65; alguns materiais de revestimento são mais resistentes em contato com a carga, portanto, possuem uma pontuação de dureza 75 na escala Rockwell “C”. Esses materiais estão disponíveis em duas denominações: passe de solda simples ou solda dupla. Para aplicações de placas de desgaste, o grau de passe duplo de solda é normalmente usado. Esse material não é adequado para alto impacto e, como resultado, é usado apenas em chapas de desgaste do estilo linha reta.

Chapas de Desgaste de Plástico

Chapas de desgaste de plástico são um desenvolvimento mais atual. Recentemente, placas de desgaste de Peso Molecular Ultra-Alto (UHMW) de polietileno ou poliuretano têm sido instaladas. Em muitas dessas instalações, a placa assenta-se diretamente sobre a correia para controlar materiais extremamente finos e empoeirados. Furos longitudinais nos painéis do revestimento permitem um ajuste para manter a chapa de desgaste em contato com a correia.

Aplicações de UHMW como uma chapa de desgaste demonstraram sucesso com produtos finos, empoeirados, como areia, cinzas e pó de formilha de arco elétrico (EAF). Além disso, como o UHMW é aceito pela Food and Drug Administration dos EUA, é adequado para utilização com gêneros alimentícios em pó. Revestimentos de poliuretano já estão sendo utilizados com sucesso na exploração de ouro e minério por sua leveza e facilidade de substituição.

Os materiais plásticos têm sido aplicados apenas como placas de desgaste em linha reta; a abrasão que seria vista em aplicações como um projeto de defletor reduziria drasticamente sua vida útil. Cuidados devem ser tomados para não instalar placas de plástico em condições que excedam a temperatura de serviço do material

ou que possuam uma correia de alta velocidade; isso poderia elevar a temperatura das chapas até um ponto de amolecimento, encurtando a vida do material.

Chapas de Desgaste para Chutes Curvos

Muitos desses materiais também são adequados para o revestimento de chutes curvos para aplicações onde há a necessidade de resistência ao desgaste ou atrito reduzido. Exemplos disso são as peças de cerâmica ou Placa AR, utilizadas como revestimento em um chute curvo para manuseamento de carvão ou UHMW usado em um chute de lascas de madeira.

Custo x Benefício da Chapa de Desgaste

Embora o custo inicial de uma placa de desgaste deva ser levada em consideração, é mais importante que o material seja selecionado com base em seu desempenho e sua vida de serviço. Fatores que também devem ser considerados incluem:

- A. Coeficiente de fricção.
- B. Resistência à aderência do material.
- C. Resistência à abrasão por deslizamento.
- D. Resistência à abrasão por impacto.
- E. Resistência à corrosão.
- F. Método de fixação.
- G. Custo de instalação.
- H. Custo de manutenção.

Escolher o material correto para o uso em uma placa de desgaste pode aumentar o custo inicial do ponto de transferência. Entretanto, o uso de um material de revestimento especificamente adaptado para uma determinada aplicação deve zerar um melhor retorno sobre o investimento, quando se considerar o trabalho de substituição de chapas prematuramente desgastadas e o maior tempo para a limpeza do material derramado.

APLICANDO AS CHAPAS DE DESGASTE

Aplicação de Chapa de Desgaste

Com exceção das placas de desgaste de UHMW e de poliuretano, todos os sistemas de

chapa de desgaste devem ser instalados com um ângulo de alívio da abertura da área de entrada para a área de saída do ponto de transferência. A distância acima da correia vai variar com o tamanho do produto. Tal como acontece com o aço da calha-guia, deseja-se que a chapa crie uma maior abertura para a saída da zona de cargam a fim de evitar aprisionamento de material.

Como afirmado anteriormente, as placas de desgaste de UHMW e poliuretano são normalmente instaladas de modo que a borda inferior toque ou esteja colocada sobre a correia.

Na área de entrada, o espaço entre a correia e a borda inferior das chapas de desgaste está geralmente na faixa de 3 a 10 milímetros (1/8 a 3/8 de polegada), com a dimensão mais próxima especificada para materiais com partículas menores. Na extremidade da saída, a distância normalmente será entre 10 e 20 milímetros (3/8 a 3/4 de polegada). Novamente, a menor distância é de materiais de revestimento, enquanto a maior dimensão é para materiais que contenham fragmentos maiores. Um suporte adequado da correia para frouxidão e vibração é essencial para a preservação da correia em face desse espaçamento estreito.

Uma dica: ao unir seções de chapa de desgaste, é fundamental que as bordas inferiores se alinhem perfeitamente, sem criar padrões irregulares ou dentados (**Figura 12.8**). Se as bordas inferiores não estiverem precisamente alinhadas, serão criados pontos de aprisionamento. O material transportado, então, criará pontos de pressão excepcionalmente alta nessas áreas, que conduzirá ao derramamento de material ou, pior ainda, as cunhas de material se acumularão em “dentes” que serão abrasivos à correia. Para evitar esses acúmulos, a borda inferior da placa de desgaste deve ser reta, como se uma linha de corda fosse esticada a partir da entrada até a saída do ponto de transferência (**Figura 12.9**). Lembramos que o alívio do aprisionamento deve ser fornecido com um ligeiro aumento da distância entre a superfície da correia até a borda inferior, à medida que a correia se direciona até a saída do ponto de transferência.

Instalando a Chapa de Desgaste

A placa de desgaste pode ser aplicada por diferentes métodos, incluindo parafusos, soldagem ou uma combinação de ambos.

12

Figura 12.8

A placa com alinhamento deficiente cria pontos de aprisionamento de material.

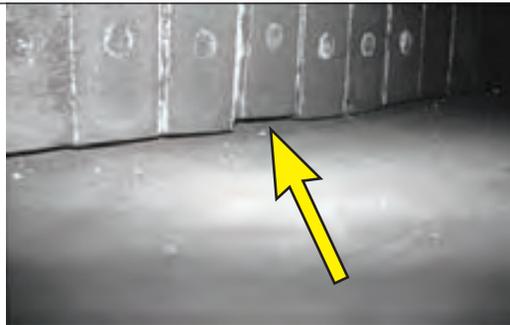


Figura 12.9

A placa de desgaste deve ser instalada em uma linha reta que se abre gradualmente em direção à saída do ponto de transferência.



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Quando da instalação das chapas de desgaste, é importante ter em mente que são grandes painéis, geralmente de aço, e podem ter bordas afiadas. Elas são pesadas e, normalmente, difíceis de manusear, especialmente quando se trata de manobrar e instalá-las de maneira estreita entre as calha-guias em correias estreitas. Uma boa técnica de içamento e

equipamentos para restringir as chapas deve ser usadas quando a instalação for feita.

Os regulamentos estabelecidos de desligar/ bloquear/ sinalizar, normas de espaço confinado e outras políticas de segurança adequadas devem ser seguidos.

Chapas de desgaste são comumente instaladas com parafusos de cabeça embutida, que fornecem superfícies lisas na face interior da calha-guia. Esses parafusos também permitem uma substituição simples das chapas. Elas podem ser soldadas em posição, com a desvantagem óbvia da dificuldade em substituir as chapas desgastadas. Caso a instalação exija que a chapa de desgaste seja soldada na posição, é preciso ter cuidado para utilizar os materiais de soldagem e técnicas corretas para atender as necessidades do material das chapas.

Outra técnica de instalação pede que a placa de desgaste seja soldada a bujão, a partir de fora do ponto de transferência (**Figura 12.10**). Com essa técnica, os furos são perfurados ou cortados através da parede de aço niquelado. Então, a parte de trás das chapas é soldada à parede do chute. Esse sistema prevê a instalação sem cabeças de parafuso ou furos que se projetam na zona de carga para atuar como alvos de abrasão do material. A chapa proporciona sua espessura plena para vida útil de desgaste. No final da vida da placa, a substituição pode ser feita por corte das soldas a bujão e instalação de novas placas usando os mesmos furos.

Quando soldar a chapa no lugar, é preciso ter cuidado para controlar o estresse introduzido no metal das chapas. Uma placa resistente à abrasão, quando aplicada como uma chapa, deve ser aplicada da mesma forma que uma pessoa aplicaria um papel de parede. Se uma folha de papel de parede é aplicada segurando primeiro as quatro pontas externas, bolhas de ar grandes ficam presas no centro da folha. Uma situação similar ocorre se a Placa AR for instalada da mesma forma, mas, ao invés de bolhas de ar, será criada tensão residual na chapa, que tentará escapar. Quando a estrutura começa a se flexionar em operação normal, essas tensões podem apresentar rachaduras na chapa de desgaste. Se isso não for detectado a tempo, uma grande parte das chapas pode se quebrar ou a parede ou o chute se curvará.

Para evitar esse estresse, é importante usar a técnica de soldagem adequada. A “melhor prática” aceita é chamada de passo inverso ou “soldagem de retrocesso”. Ela pede pontos de soldagem no topo da placa (**Figura 12.11**). Em cada solda, o filete é atraído de volta para a extremidade soldada. É fundamental a seleção correta de solda para garantir a resistência e a

durabilidade da junta de solda.

Atenção especial deve ser dada à resistência da estrutura do transportador, quando da instalação de chapas pela primeira vez. Se não for devidamente reforçada, a estrutura de suporte poderá ser demasiado fraca para suportar o peso adicional das chapas, provocando danos caros e tempo de inatividade.

Projeto de Chute para Finalidade de Manutenção

Com todo o recinto fechado, é importante projetar uma maneira simples para inspecionar o interior. Portas através da parede do chute ou calha devem ser incluídas como um mecanismo para inspecionar a condição das chapas.

Num projeto ideal, o chute deve ser grande o suficiente para permitir que o pessoal entre para realizar o trabalho de instalação e substituição. Se o tamanho do transportador não for suficiente para o pessoal trabalhar dentro do gabinete do ponto de transferência, o sistema de calha-guia e chapa deve ser projetado de modo que todo o conjunto possa ser aberto, virado ou retirado da estrutura. Isso permitiria a substituição das chapas e a reinstalação do conjunto de parede com o mínimo de tempo de inatividade, inconveniência e custo.

Seria útil instalar permanentemente âncoras e trabalhar em locais adequados acima da calha-guia para facilitar o içamento e colocação de folhas de chapa de desgaste.

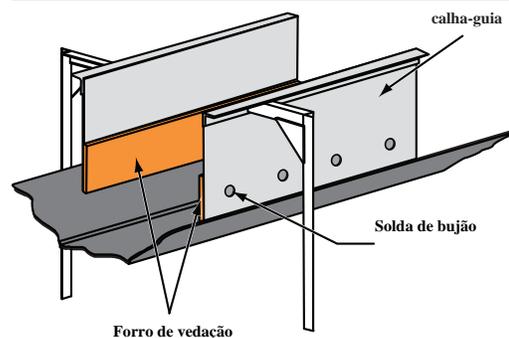


Figura 12.10

As chapas de desgaste podem ser instaladas a partir da parte externa da calha-guia, por meio de solda de bujão.

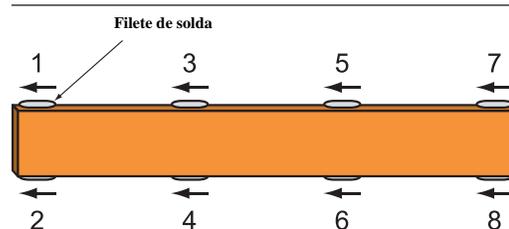


Figura 12.11

Soldagem de retrocesso é a “melhor prática” para a instalação de chapas de desgaste para evitar torção.

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

A. Chapa de desgaste.

A calha-guia será equipada com um revestimento de desgaste. Fixada no interior da calha-guia, essa chapa irá proteger o sistema de vedação de borda das forças de carga lateral do material.

B. Posição.

A chapa desgaste será posicionada a uma distância de 3 a 10 milímetros (1/8 a 3/8 de polegada) da correia, na área de entrada, e de 10 a 20 milímetros (3/8 a 3/4 de polegada) da correia na extremidade da saída da calha-guia do ponto de transferência.

C. Alinhamento.

A parte inferior das chapas deverá estar alinhada com precisão para eliminar quaisquer bordas irregulares ou dentadas que possam capturar o material.

D. Técnica de soldagem de bujão.

A chapa de desgaste será instalada utilizando uma técnica de soldagem de bujão para evitar a intrusão de furos de parafuso no material das chapas.

SELECIONANDO CHAPAS DE DESGASTE PARA UMA APLICAÇÃO ESPECÍFICA

Para Concluir...

A escolha do “melhor” material de chapa para uma determinada aplicação é geralmente específica para ela, orientada pelo material transportado e o sistema.

Às vezes, a escolha do material é direcionada pela administração da organização, quando um engenheiro corporativo tem alguma experiência positiva ou negativa com uma chapa especial e assim determina (ou proíbe) o uso de um material específico. Outras vezes, a escolha será feita para manter todos os materiais uniformes dentro de uma fábrica, para usar o material existente ou tornar encomendas futuras mais simples, mesmo em uma aplicação onde o material especificado é inferior ao ideal.

Há muitas referências, artigos e fornecedores

especializados de materiais de chapas de desgaste para ajudar na escolha de uma chapa para uma aplicação específica. O pessoal da fábrica geralmente sabe o que já foi tentado em uma aplicação e terá conhecimento do histórico. As pessoas saberão o que funcionou e, talvez mais importante, o que falhou, ou ainda, o que foi considerado muito curto em uma aplicação específica.

Esse histórico institucional é uma ferramenta valiosa na escolha das chapas, mas não deve ser usado exclusivamente. Esse conhecimento histórico deve ser comparado com registros precisos, indicando as datas de instalação e tonelagem transportada por um material de chapa específica em um determinado local. O registro é a chave para validar a escolha feita para o material das chapas de desgaste.

A Seguir...

Este capítulo sobre chapas de desgaste, o sétimo capítulo na seção Carregando a Correia, discuti a sua utilização em um ponto de transferência com baixo derramamento. O capítulo seguinte, Sistemas de Vedação Lateral, conclui esta seção.

REFERÊNCIAS

- 12.1 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*. Naples, Florida.
- 12.2 O site <http://www.conveyor-beltguide.com> é um recurso valioso e não-comercial que aborda muitos aspectos da correia.
- 12.3 Qualquer fabricante e a maioria dos distribuidores de produtos de transporte podem fornecer uma variedade de materiais sobre a construção e utilização de seus produtos específicos.



Figura 13.1

Uma vedação eficaz nas bordas da correia nas zonas de carga e suporte da correia é um requisito fundamental para o controle de material fugitivo em qualquer ponto de transferência.

Capítulo 13

SISTEMAS DE VEDAÇÃO LATERAL

Papel do Sistema de Vedação	181
Vedação Vertical, Interna ou Externa	182
Considerações para uma Vedação de Sucesso.....	187
Questão de Segurança	188
Instalação e Manutenção.....	189
Especificações Mais Utilizadas.....	189
Tópicos Avançados	190
A Etapa Final do Controle de Derramamento	192

Neste Capítulo...

Neste capítulo nós concluímos a discussão sobre a vedação da zona de carga de um ponto de transferência com foco em sistemas de vedação lateral. Três principais tipos de sistemas de vedação estão descritos, com as vantagens e desvantagens de cada um, juntamente com vários sistemas de engenharia. Orientações para a seleção, instalação, utilização e manutenção de sistemas de vedação lateral também são discutidas. O capítulo termina com as equações para calcular o consumo de energia adicional requerida.

Um requisito fundamental em qualquer ponto de transferência projetado para reduzir o derramamento e obter alta eficiência é um sistema de vedação eficaz nas extremidades da correia (**Figura 13.1**). A vedação deve começar na área de carga e continuar até o final da calha guia. Um sistema de vedação lateral, geralmente uma faixa de elastômero (borracha) flexível, é instalado no lado de fora da calha-guia (vedação lateral), em ambos os lados da correia, para preencher a lacuna entre as estruturas de aço e a correia em movimento.

Em vez de ser a primeira etapa na prevenção de derrames de transporte, a calha-guia é a última chance para controlar material fugitivo e evitar a sua liberação. Uma linha da correia estabilizada, com um suporte de correia instalado corretamente, e um controle da quantidade de fuga de material, com um sistema de barra de vedação instalado perto da correia, melhoram o desempenho do sistema de vedação lateral da correia. Um sistema flexível, de múltiplas camadas, incorporando um nível de autoajuste, proporciona uma contenção de material eficaz para um ponto de transferência e melhora o funcionamento da correia transportadora.

Um sistema de vedação de borda funcional requer o uso de suporte de correia, calha-guias, barra de vedação e uma vedação lateral (**Figura 13.2**). Sistemas de suporte de correia são discutidos no Capítulo 10, calha-guias no Capítulo 11 e chapas de desgaste no Capítulo 12. Este capítulo concentra-se principalmente na vedação lateral, como elemento final importante na vedação da zona de carga de um ponto de transferência, para a prevenção da fuga de partículas finas de material fugitivo.

PAPEL DO SISTEMA DE VEDAÇÃO

O que os Sistemas de Vedação Podem e Não Podem Fazer

Antigamente, um sistema típico de vedação lateral era uma faixa vertical de elastômero (borracha) presa à parte externa do chute ou ao aço da calha-guia. Uma faixa de borracha de vedação preenchia a lacuna do aço à correia, que era normalmente de 25 a 50 milímetros (1 a 2 polegadas) de espessura ou mais.

Esperava-se que essa faixa de vedação de elastômero desempenhasse uma função quase milagrosa. Com a correia não devidamente suportada e/ou nenhuma barra de vedação ou uma barra totalmente desgastada, a vedação lateral de elastômero era necessário para conter o peso total da carga de material durante a tentativa de ajustar para um caminho ondulante de correia. Pedir que faixas de vedação flexível sozinhas fizessem mais do que conter o material leve ou pó sobre a correia é querer algo inatingível. A carga de material rapidamente criaria abrasão na faixa de vedação ou a empurraria para longe da vedação lateral e permitiria a retomada do derrame (**Figura 13.3**).

Em uma tentativa de impedir a fuga de partículas, o pessoal da fábrica ajustaria continuamente as faixas de vedação até a correia, aumentando, assim, a pressão de vedação e levando a vários resultados indesejáveis. O aumento da pressão de selagem eleva a necessidade de energia do transportador,

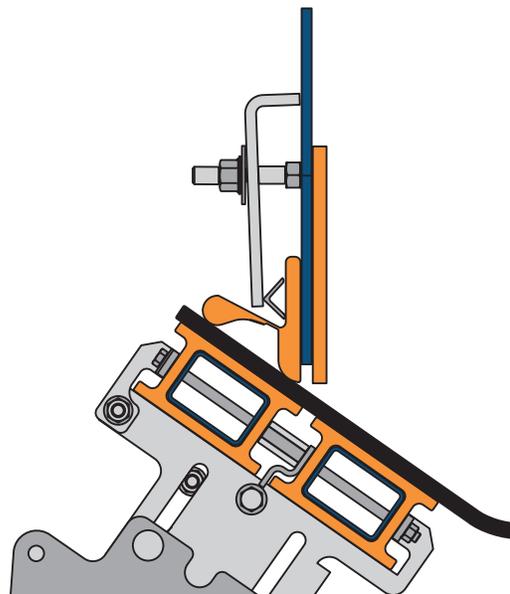


Figura 13.2

Uma vedação lateral eficaz da correia requer suporte de correia, barras de vedação, calha-guia, e selagem das bordas.

às vezes ao ponto de travar a correia. Um maior atrito provoca o acúmulo de calor que irá amolecer a faixa de vedação de elastômero, e encurtar a vida do elastômero, às vezes até o ponto em que a vedação praticamente derrete. Esse aumento do desgaste é mais evidente nos pontos onde existe maior pressão, normalmente diretamente acima dos roletes livres (**Figura 13.4**).

Em um correia que não é devidamente suportada na zona de carga, a correia cederá entre os roletes livres e deixará que o material fique aprisionado entre a barra de vedação ou a vedação lateral e a correia. O material aprisionado acelera muito o desgaste do sistema de correia e da vedação lateral e aumenta a necessidade de energia da unidade.

Objetivo de um Sistema de Vedação

O objetivo de qualquer sistema de vedação é conter as partículas finas de material transportado e do pó sobre a correia. Os atributos desejáveis incluem o mínimo de área de contato entre a vedação e a correia e o mínimo de pressão da vedação para baixo, bem como uma vida útil razoável. Minimizar esses itens reduz a resistência contra o transportador, minimiza o desgaste das correias e da vedação e a energia adicional necessária para acionar a correia.

O trabalho de vedar as bordas de uma zona de carga do transportador é um desafio. Mesmo nos melhores pontos de transferência, com o alinhamento da correia correto, em uma linha estável, o sistema de vedação enfrenta certa pressão lateral e vibração, devido a variações de carga e outras condições. O sistema de vedação deve ser concebido para satisfazer essas flutuações no curso da correia para formar uma vedação eficaz. A vedação deve ser suficientemente robusta para resistir à abrasão e ao impacto na emenda da correia, sem haver desgaste indevido e sem travar nesse ponto. O sistema de vedação deve oferecer um mecanismo de ajuste simples para compensar o desgaste.

Nenhum sistema de vedação pode resistir por muito tempo diante do abuso da carga de material. Se as vedações não forem protegidas dos fluxos de materiais, tanto a eficácia como a vida útil das vedações serão diminuídas. Com o impacto da carga de material sobre um sistema de vedação, o material força as faixas de vedação para baixo sobre a correia, acelerando o desgaste tanto da borracha como da correia. O ponto de transferência deve ser construído para evitar impactos tanto da carga sobre as vedações como do fluxo de material contra eles.

13

Figura 13.3

Sem um sistema eficaz de vedação, o material vai se derramar pelos lados do correia, encurtando a vida dos componentes e aumentando as tarefas de manutenção e limpeza.



Figura 13.4

Com a maior pressão, a vedação desgasta mais rapidamente e de forma desigual. O desgaste irregular, na forma de abas, será mais óbvio diretamente acima dos roletes, onde a pressão é maior.

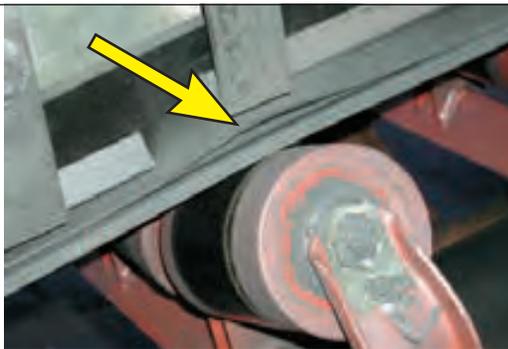


Figura 13.5

Os primeiros sistemas de vedação lateral foram fabricados internamente, a partir de materiais facilmente disponíveis, como os utilizados nas correias ou grandes cordas náuticas. Esses sistemas primitivos de vedação eram empurrados sobre as bordas da correia ou mantidos em posição pela força da gravidade.



VEDAÇÃO VERTICAL, INTERNA OU EXTERNA

Engenharia de Sistemas de Vedação

As vedações laterais primeiro eram fabricadas internamente a partir de materiais facilmente disponíveis, como os utilizados nas correias ou grandes cordas náuticas (**Figura 13.5**). Esses primitivos sistemas de vedação eram empurrados para baixo nas bordas

da correia ou mantidos em posição pela força da gravidade. Apesar de baratos esses sistemas não foram muito bem-sucedidos. Por vezes impregnavam com o material abrasivo e não tinham um método fácil de ajustar para o desgaste. Finalmente, os resultados decepcionantes dessas técnicas caseiras levaram ao desejo de se projetar e ter sistemas mais eficazes.

Agora, o “estado da arte” em engenharia para os componentes do ponto de transferência progrediu de faixas de vedação que mal continham fragmentos de material para os atuais sistemas, que impedem a fuga de partículas finas e até de pó. Uma série de projetos de sistemas de vedação está disponível comercialmente. Em geral, esses sistemas são constituídos por uma longa faixa de elastômero, fixada contra a borda inferior da calha-guia por um conjunto de grampos.

Para uma vedação efetiva, é fundamental que haja uma distância de correia livre adequada. A distância de correia livre, ou seja, a quantidade de correia de fora calha-guia em ambos os lados do transportador fornece o espaço disponível para o sistema de vedação (**Figura 13.6**). Na maioria das vezes, com o interesse de colocar a maior carga sobre a correia mais estreita, a distância de correia livre é reduzida. Isso invariavelmente vem à custa da eficácia do sistema de vedação. *(Para maiores informações sobre a distância de correia livre e a largura eficaz da correia, consulte o Capítulo 11: Calha-guias.)*

Há um número de diferentes opções para a vedação da calha-guia. Uma maneira simples de classificar esses sistemas é descrever onde cada um deles entra em contato com a correia: alguns descem diretamente para baixo da calha-guia, alguns se estendem de volta para dentro da calha-guia, e algumas fazem a vedação do lado de fora da calha-guia.

Vedação Vertical

Os sistemas de vedação vertical normalmente utilizam apenas uma única faixa de vedação de borracha (**Figura 13.7**). Muitas vezes, um fornecedor oferece um sistema de abraçadeiras, e outro fornece a faixa de borracha. Às vezes, uma faixa de elastômero especialmente moldada é instalada, outras vezes faixas de borracha ou, pior, correias usadas são aplicadas (**Figura 13.8**). O sistema de vedação

selecionado sempre deve ser menos resistente à abrasão que a parte superior da correia que está vedando.

Um cuidado específico deve ser tomado contra a utilização de qualquer tipo de correia. Correias utilizadas normalmente estão cheias de materiais abrasivos, como areia, cinzas ou partículas finas, ao longo de seus anos de serviço. Qualquer correia, nova ou usada, cabos de aço ou tecido de reforço serão abrasivos sobre a correia em movimento, desgastando a capa de proteção superior e levando à falha

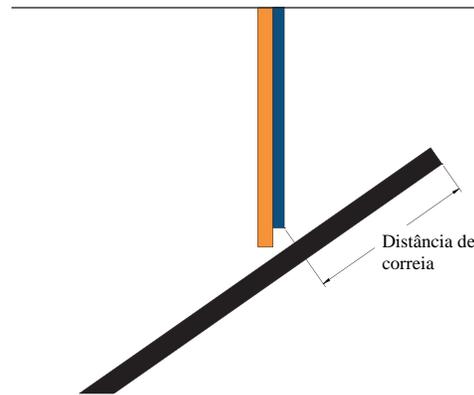


Figura 13.6

A distância de correia livre, ou seja, a quantidade de correia de fora da calha-guia em ambos os lados da correia, proporciona o espaço disponível para o sistema de vedação.

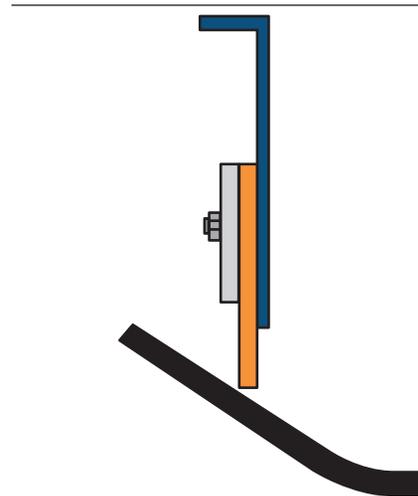


Figura 13.7

Os sistemas de vedação vertical normalmente usam uma faixa de borracha ou de elastômero que pode ter uma forma especial própria. Um sistema de grampos é usado para fixar a borracha de vedação lateral no lugar.



Figura 13.8

Faixas de borracha ou, pior, correias usadas são utilizadas às vezes. Independentemente do material usado, o sistema de vedação deve ser sempre menos resistente à abrasão que a cobertura superior da correia.

prematura e à substituição onerosa.

Outro tipo de sistema de vedação vertical utiliza um conjunto de blocos de vedação interligados, instalados fora da calha-guia, em uma placa especial de montagem. Os blocos interligados podem ser movidos para baixo (em direção à correia), mas resistem ao movimento ascendente (**Figura 13.9**). Esses blocos podem ser facilmente ajustados para baixo até a correia, usando apenas um martelo; porém, cada bloco deve ser ajustado individualmente, e um ajuste excessivo é um problema comum. Quando

ajustados excessivamente, esses blocos podem facilmente travar uma correia.

As principais vantagens das vedações laterais verticais, são:

- A. Baixo custo.
- B. Requisitos de faixa estreita de distância da borda (distância da correia livre).
- C. Pode ser autoajustável.

As principais desvantagens das vedações laterais perpendiculares são:

- A. Bem difíceis de ajustar com precisão.
- B. Facilmente ajustados excessivamente, causando desgaste prematuro.
- C. Propensos a aprisionar material, causando danos à correia.
- D. Suscetível à fuga de pó e partículas finas.

Um terceiro tipo de sistema vertical de vedação de borda, projetado para superar muitas das desvantagens associadas às vedações perpendiculares, é o sistema flutuante de vedação. Esse sistema utiliza borrachas montadas sobre a calha-guia em aço sobre braços articulados livremente, giratórios independentes (**Figura 13.10**). As articulações permitem que a borracha flutue sobre a correia, reagindo às mudanças na linha da correia, permanecendo em contato de vedação com a correia (**Figura 13.11**). Essa concepção permite que o sistema de vedação faça um auto-ajuste, usando seu próprio peso para compensar o desgaste. A função de auto-ajuste permite que esse tipo de sistema de vedação supere os obstáculos devidos a inconsistências na linha da correia por causa do suporte inadequado da correia ou variações na carga de material.

Vedação Interna

Alguns sistemas de impermeabilização são fixados na parte externa da calha guia, com a faixa de elastômero enrolada por baixo do aço. Com esses tipos de sistemas, a selagem é formada no interior da calha-guia. Como o selo se volta para dentro, a chapa de desgaste deve ser espaçada o suficiente acima da correia para permitir algum movimento vertical livre do selo (**Figura 13.12**). Esses sistemas voltados para dentro tiveram algum sucesso em transportadores com material leve, macio e fino, não abrasivo, como negro de carbono. Sistemas de vedação voltados para dentro também são úteis como uma solução

Figura 13.9

Uma classe de sistemas de vedação é facilmente ajustável, porque é feita em segmentos. Uma série de blocos de vedação modular está instalada fora da calha-guia, em uma placa de montagem especial, que os blocos interligados sejam movidos para baixo (em direção à correia), mas resistam ao movimento ascendente.



Figura 13.10

Um sistema de vedação lateral que poderia ser classificado como perpendicular é o sistema flutuante de vedação. Ele utiliza faixas de vedação montadas na calha-guia de aço em braços articulados giratórios independentes.



Figura 13.11

Esse sistema permite que o sistema de fecho se autoajuste, usando seu próprio peso para compensar o desgaste ou variações no percurso.



temporária, em correias com distância limitada de selagem da borda, onde a falta de espaço de correia fora da calha-guia de aço limita o espaço disponível para a aplicação de um sistema de vedação. Esses sistemas são às vezes úteis em áreas de alta pressão interna da calha guia, como, por exemplo, sob o despejo de um vagão ferroviário, onde, quando devidamente aplicado, o material carregado no selo tenderia a ajudar no esforço de vedação. Observe que o selo pode se desgastar rapidamente, e o material preso sob o selo tenderia a desgastar prematuramente a camada superior da correia.

A vedação interna é aplicada às vezes devido a uma correia com um grave problema de desalinhamento, porque a correia seria menos propensa a sair por baixo desse tipo de sistema. Nessa situação, seria melhor resolver os problemas de desalinhamento em vez de aplicar um selo para superar o problema. (Veja o Capítulo 16: *Alinhamento das Correias*.)

A proteção benéfica da instalação de um revestimento de desgaste pode ser neutralizada quando o sistema de vedação se volta por baixo da calha-guia, colocando a borracha no interior da chapa de desgaste (**Figura 13.13**). A faixa de vedação é esfolada pela carga do material, e o material pode ficar mais facilmente aprisionado contra a correia.

As principais vantagens dos sistemas de selagem de calha-guia voltados para dentro são:

- A. Autoajuste.
- B. Lidam com materiais leves, macios e finos, não-abrasivos.
- C. Exigem distância da borda limitada (distância de correia livre).
- D. Lidam com alta pressão interna da calha.
- E. Lidam com correias com severo desalinhamento.

As principais desvantagens de selagem de calha-guia voltados para dentro são:

- A. Vida do selo mais curta devido a estar no caminho do fluxo de material.
- B. Propensão ao aprisionamento de material sob a faixa de vedação, levando ao desgaste prematuro da correia.
- C. Área reduzida de transporte de carga na correia devido ao efeito “arco-íris” (**Figura 13.14**).

Um híbrido desses sistemas combina o sistema de vedação vertical flutuante, descrito em Vedação Vertical, com uma faixa de borracha em “L” (**Figura 13.15**). A base da borracha em “L” se estende para dentro, sob o aço da calha-guia e o forro de desgaste, em direção aos materiais a granel. Esse sistema de vedação inteiro serve tanto como selo de material (agregado) quanto como selo de pó. A base de borracha melhora a resistência do selo



Figura 13.12

Alguns sistemas de vedação são fixados na parte externa da calha-guia com a borracha enrolada por baixo do aço, para formar um selo no interior da parede da calha-guia. Como o selo está dentro, o revestimento de desgaste deve ser espaçado o suficiente acima da correia para permitir algum movimento vertical livre do selo.



Figura 13.13

O benefício de proteção da instalação da chapa de desgaste é um pouco neutralizado quando o sistema de vedação passa por baixo da parede da calha-guia para colocar a faixa de vedação no interior do compartimento de aço. Dentro da calha-guia, a borracha de vedação pode ser facilmente danificada pelas forças da carga de material.

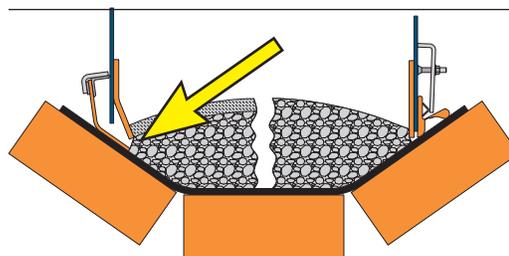


Figura 13.14

Sistemas de selagem voltados para dentro reduzem a área útil da correia por ocupar espaço em que a carga poderia ser transportada. Devido a um efeito “arco-íris” nas bordas da área de transporte, a capacidade é reduzida ao longo da correia.

à pressão lateral da carga da correia e aumenta a faixa de desalinhamento da correia que o sistema de vedação pode tolerar.

Esse tipo de sistema é particularmente útil para pontos de transferência, onde a chapa de desgaste é instalada a 25 milímetros (1 polegada) ou mais acima da correia. Esse espaço é usado para prevenir danos à correia por pressão contra a chapa de desgaste, sendo uma prática comum em algumas indústrias, onde os transportadores e as condições não são ideais, como na mineração de carvão e

produção de agregados.

Esse sistema híbrido permite que o selo flutue na correia, subindo e descendo com qualquer movimento da correia, incluindo passagem pela emenda. A baixa pressão aplicada reduz o desgaste tanto na correia como na faixa de vedação.

Vedação Externa

As variações finais dos sistemas de vedação lateral são sistemas que vedam pelo lado de fora da calha-guia (**Figura 13.16**). O projeto mais eficaz combina a eficácia do selo de múltiplas camadas com a simplicidade dos sistemas de faixa única.

Quando os trabalhadores de manutenção do transportador se preparam para as atividades no inverno, eles se vestem em camadas. Eles sabem que é melhor colocar várias camadas de roupa, camiseta, camisa, suéter e casaco do que usar uma só camada grossa. O mesmo conceito pode ser utilizado para a vedação dos pontos de transferência: é melhor trabalhar com várias camadas finas do que com uma só camada grossa. Na vedação, a primeira camada é fornecida pela chapa de desgaste instalado dentro do chute. Estendendo para baixo próximo à correia, a chapa de desgaste mantém as partículas grandes de material bem longe da borda da correia. (Veja o Capítulo 12: *Chapas de Desgaste*.) A camada seguinte é fornecida pelo sistema de vedação.

Projetos de vedação com múltiplas camadas possuem elastômeros de faixa única fabricados com uma aba moldada, que serve como um selo secundário (**Figura 13.17**). Essa estabilizadora, ou faixa secundária, normalmente forma um ou mais canais que capturam as partículas finas e gentilmente as levam ao longo da correia antes de depositá-las de volta no corpo principal do material.

O selo primário do sistema de vedação é fixado contra a parte externa da calha guia, estendendo-se verticalmente para baixo e tocando levemente a correia. É aplicado com uma leve pressão sobre a correia, e o grampo aplica uma força horizontal na direção da calha guia, em vez de para baixo sobre a correia. Como a força de grampeamento é horizontal, a faixa primária contém o material sem a aplicação de alta pressão sobre a correia, o que aumenta o desgaste e o consumo de energia do

13

Figura 13.15

Um híbrido desses sistemas combina o sistema vertical de vedação flutuante, descrito em “Vedação Vertical”, com uma faixa de borracha em “L”. A base da borracha em “L” se estende para dentro, sob a calha-guia de aço e o forro de desgaste, em direção aos materiais a granel.



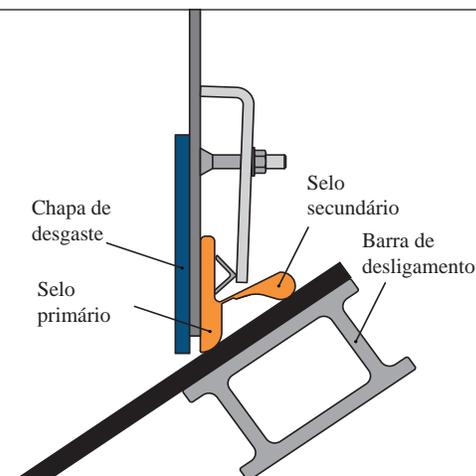
Figura 13.16

A variação final em sistemas de vedação são aqueles sistemas que vedam na parte de fora da calha-guia de aço.



Figura 13.17

Sistemas de vedação com múltiplas camadas incorporam duas camadas: uma faixa principal, que é delicadamente empurrada para baixo da correia, para conter a maioria das partículas, e uma faixa secundária, que se situa na borda externa da correia, para conter quaisquer partículas finas ou pó que passam por baixo a chapa de desgaste e da faixa primária.



transportador. Essa faixa primária irá conter a maior parte do material que fugiu após a chapa de desgaste.

Como um estabilizador, o selo secundário requer apenas a força de sua própria elasticidade para fornecer uma pressão de vedação e, conseqüentemente, vai se desgastar ao longo de muito tempo sem a necessidade de ajuste.

Instalar o selo inteiriço é um procedimento simples: desenrole o selo no comprimento adequado, corte-o e fixe-o à calha-guia, usando um sistema de fixação. Um selo inteiriço evita quaisquer juntas desnecessárias e a manipulação de várias peças. Os sistemas de vedação devem ser oferecidos em diferentes espessuras, para lidar com aplicações de serviços diferentes, e em diferentes materiais, para lidar com diferentes necessidades, tais como produtos alimentícios, alta temperatura e aplicações subterrâneas.

As vantagens dos sistemas de vedação externa são:

- A. Têm longa duração, porque são posicionados longe de fluxo de material e protegidos pela calha-guia e pela chapa de desgaste.
- B. Podem ser autoajustáveis.
- C. Apresentam baixa pressão de vedação necessária devido ao conceito de “labirinto” ou múltipla camada de vedação.
- D. Se adaptam aos sistemas de fixação existentes .

As desvantagens dos sistemas de vedação externa são:

- A. Exigem maior distância da borda da correia (ou distância de correia livre).
- B. São vulneráveis a danos se a correia se desalinhar debaixo do selo.

CONSIDERAÇÕES PARA UMA VEDAÇÃO DE SUCESSO

Requisitos de Distância da Borda

Deve-se tomar cuidados na seleção de um sistema de vedação lateral que se ajuste à área disponível entre a borda da correia e a calha guia de aço. As faixas de vedação não devem prolongar-se para a borda da correia, pois isso

aumenta o risco de danos ao selo ou à correia, em caso de desalinhamento da correia.

Em geral, recomendam-se 115 milímetros (4,5 polegadas) fora da calha-guia, em cada lado da zona de carga, como a distância mínima necessária para estabelecer uma vedação eficaz. *(Para obter informações adicionais sobre a distância da borda, consulte o Capítulo 11: Calhas-guia, especialmente a Tabela 11.1).*

Vedação Lateral e Flutuação da Correia

Todos os sistemas de vedação lateral estão vulneráveis a danos causados pelo desalinhamento da correia. Se a correia desalinhar para fora, debaixo de um lado da calha-guia, a faixa de vedação sem suporte fica abaixo da linha da correia (**Figura 13.18**). Quando a correia se move de volta a uma posição centrada, a vedação será esfolada em contato com a borda da correia em movimento ou dobrado para trás, em uma posição anômala, e rasgada ou desgastada. Quaisquer desses resultados podem causar um aumento significativo dos derrames. As solução para evitar danos à vedação lateral é guardar uma distância adequada da borda e controlar o alinhamento da correia. *(Veja o Capítulo 16: Alinhamento das Correias.)*

Desgaste do Sistema de Vedação e Cobertura da Correia

Um projeto de investigação, publicado no jornal *Bulk Solids Handling*, em 1995, examinou até que ponto os sistemas projetados de limpeza e vedação de correias aumentavam ou diminuam o desgaste da correia (*Referência 13.1*). Esse estudo testou a abrasão de diversos



Figura 13.18

Se o correia desalinhar para fora, debaixo de um lado da vedação lateral, a faixa de vedação sem suporte (verde) fica abaixo da linha da correia, levando a danos à vedação e a derrames.

sistemas de vedação lateral contra as correias transportadoras típicas. As conclusões do estudo relataram que o uso de sistemas de limpeza e vedação de correias com uma manutenção adequada pode prolongar a vida útil da correia transportadora. Ainda que seja introduzido um desgaste da correia por conta desses dispositivos, a quantidade de desgaste é cerca de metade da taxa esperada quando a correia atravessa acúmulos de material fugitivo resultante da falta ou insuficiência de sistemas de limpeza e vedação.

Evitando Sulcos na Correia

É um equívoco comum que o sistema de vedação deve ser “mais macio” do que a cobertura da correia para garantir que a vedação se desgaste antes da correia. É possível fazer os selos a partir de materiais com uma ampla gama de dureza e resistência ao desgaste que são apropriados para a vedação lateral. Para evitar que as faixas de vedação desgastem a correia, elas devem ser compostas de materiais

com uma menor resistência à abrasão do que a cobertura superior da correia, garantindo que o selo se desgaste antes da cobertura da correia. A resistência à abrasão não é medida pelo durômetro, uma escala de dureza, mas sim por um índice de abrasão, como classificações Pico, Deutches Institut für Normung (DIN) ou Taber.

Muitas correias sofrem desgaste ao longo da área a uma distância determinada, a partir de qualquer borda da correia (**Figura 13.19**). Muitas vezes, o sistema de vedação é responsabilizado por esse desgaste, no entanto, na maioria das vezes, o desgaste não é causado pela abrasão da faixa de vedação. Ao contrário, esses sulcos são iniciados pelo aprisionamento de partículas finas e pequenos acúmulos de material entre a vedação e a correia. Esse material aprisionado começa a arranhar a superfície da correia e, gradualmente, desgasta a cobertura superior. Esse material aprisionado é mais frequentemente visto em correias sem suporte adequado ou em transportadores onde a carga de material começa quando a correia está em fase de transição (*ver Capítulo 6: Antes da Zona de Carga*), pois as mudanças na forma da correia facilitam o aprisionamento de material sob a calha-guia. Sempre que determinar a causa de um sulco na correia, é importante inspecionar os transportadores e chutes, localizados acima do transportador afetado, quanto a vazamentos e derrames.

Figura 13.19

Muitas correias sofrem desgaste ao longo da área a uma determinada distância a partir de qualquer borda da correia.



QUESTÃO DE SEGURANÇA

É importante seguir procedimentos estabelecidos de desligar/ bloquear/ sinalizar antes que qualquer trabalho seja feito nas faixas de vedação lateral ou qualquer outro item sobre ou próximo da correia transportadora. Devem ser seguidas as orientações do fabricante quanto a intervalos de inspeção e procedimentos de manutenção.

As faixas de vedação nunca devem ser levantadas quando a correia estiver em movimento, porque isso colocará o

trabalhador em estreita proximidade com a correia em movimento. Essa ação pode também permitir que acúmulos de material, partículas finas ou pó sejam expulsos do ponto de transferência sobre o trabalhador.

Recomenda-se que a área do ponto de transferência seja protegida em ambos os lados da correia. As proteções devem impedir que o pessoal não qualificado ajuste as faixas de vedação ou se prendam aos inúmeros pontos de pinçamento da zona de transferência.

INSTALAÇÃO E MANUTENÇÃO

Orientações de Instalação

Um sistema de vedação deve formar uma faixa contínua ao longo dos lados da calha-guia. Como são mais simples, são usadas juntas de topo para emendar seções da faixa de vedação, mas o material eventualmente penetra entre as superfícies adjacentes e vaza. Uma junta entrelaçada ou sobreposta é melhor para evitar esse derramamento. Uma solução melhor é usar faixas de vedação disponíveis como uma faixa contínua, sem necessidade de uma emenda.

Em todos os sistemas de vedação lateral, é uma boa ideia arredondar a ponta do selo na parte traseira do transportador, onde o correia entra na parte de trás da zona de carga (**Figura 13.20**). Fornecer uma borda arredondada para a correia em movimento reduz a chance de um fecho mecânico da correia se prender à faixa de vedação e rasgá-la ou puxá-la para fora do chute.

Manutenção do Sistema de Vedação

Ao especificar um sistema de vedação lateral, é prudente considerar seu mecanismo quanto ao ajuste e à substituição da borracha de desgaste. À medida que a correia segue seu percurso, o calor gerado pelo atrito da correia contra o selo se combina à natureza abrasiva das partículas finas de material para corroer a faixa de vedação. Para contrabalançar esse desgaste, a faixa de vedação deve ser ajustada periodicamente para baixo contra a correia.

Aplicar pressão demasiada para baixo sobre o sistema de vedação conduz a requisitos adicionais de energia para mover a correia, o que também leva a desgaste extra em ambos, correia e vedação.

Se os procedimentos para o serviço de ajuste na borracha forem difíceis ou complicados, três consequências negativas são prováveis:

A. Nenhum ajuste.

O ajuste não ocorre, então as faixas de vedação lateral se desgastam, os vãos se abrem e o vazamento recomeça.

B. Ajustes eventuais.

Os ajustes são feitos muito raramente, então,

o derrame ocorre de forma intermitente.

C. Ajuste excessivo.

O técnico de manutenção ou operador de correia, para compensar por não fazer ajustes regulares, faz um ajuste excessivo da vedação. Aplicar força demais para baixo sobre a correia causa o risco de danificar a correia ou de esta se prender em uma emenda e arranca toda a seção da faixa de vedação.

Para evitar esses problemas, os procedimentos de manutenção da vedação da calha-guia devem ser tão livres de complicações, ferramentas e tempo de inatividade quanto possível.

Os sistemas de vedação que repousam suavemente sobre a correia, usando pouco mais do que a pressão de seu próprio peso ou a tensão incorporada no projeto, podem minimizar a necessidade de ajuste de manutenção.

Alguns sistemas de vedação de múltiplas camadas fornecem uma função de autoajuste, pois a memória dos elastômeros mantém a pressão de selagem. À medida que as seções da faixa secundária se desgastam, a resistência natural da faixa de elastômero a mantém sobre a correia, guardando a eficácia do selo.

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

A. Projeto de baixa manutenção.

Um sistema de vedação na calha-guia deve ser instalado no ponto de transferência

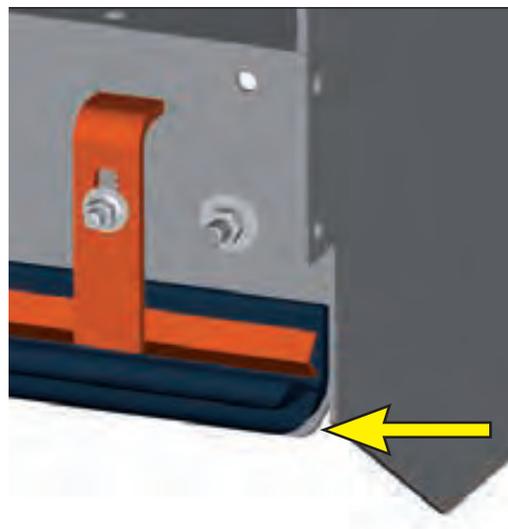


Figura 13.20

Como em todos os sistemas de vedação lateral, é uma boa ideia arredondar a borda frontal na extremidade traseira do transportador, onde o correia entra na parte de trás da zona de carga.

do transportador para eliminar o derrame de material e proporcionar uma vedação positiva de pó nas laterais da zona de carga. Esse sistema de vedação deve ser um projeto de baixa manutenção proporcionando uma vedação eficiente, sem aplicação de pressão para baixo sobre a correia.

B. Chapas de desgaste.

Recomenda-se que as chapas de desgaste apropriadas sejam instaladas no interior do chute e calha-guia para proteger o sistema de vedação contra as forças laterais de carga de

material.

C. Função de autoajuste.

Para reduzir a periodicidade da manutenção, o sistema de vedação deve ser concebido para se autoajustar, com o sistema se flexionando, para manter a eficácia da vedação em resposta ao desgaste ou mudanças na linha de percurso da correia.

D. Faixa única com comprimento estendido.

A faixa de vedação deve ser fornecida em uma única faixa com comprimento estendido (em cada lado da correia), para proporcionar selo contínuo sem emendas.

E. Severidade da aplicação.

Ao selecionar um sistema de vedação de calha-guia, é importante que corresponda à gravidade da aplicação. Fatores como velocidade da correia, carga de material e distância de correia livre devem ser revistos para garantir que a aplicação receba um sistema adequado (**Tabela 13.1**).

Figura 13.21

A distância de contato da vedação é a largura da borda da correia em contato com a vedação da borda.

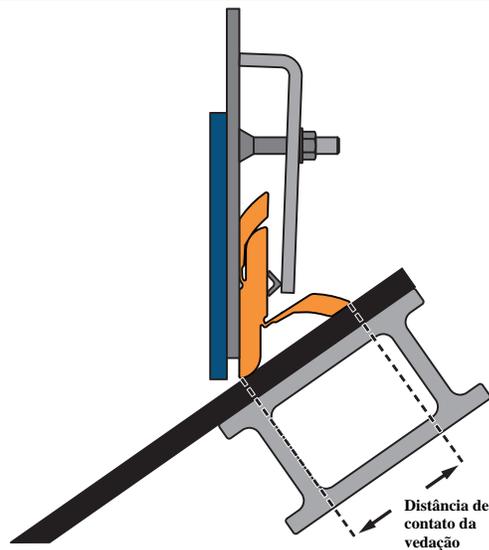


Tabela 13.1

Características básicas de sistemas de vedação	Guia de seleção comparativa típica para vedação de calha-guia		
	Tipo de sistema de vedação		
	Vedação interna	Vedação vertical	Vedação externa
Pode sacrificar a capacidade de carga	Sim	Não	Não
Distância de correia livre recomendada (fora da calha-guia)	≥ 115 mm (4,5 pol)	≥ 115 mm (4,5 pol)	≥ 115 mm (4,5 pol)
Distância de contato da vedação (Figura 13.21)	≥ 38 mm (1,5 pol)	≤ 51 mm (2 pol)	≈ 75 mm (3 pol)
Chapa de desgaste obrigatório	Sim	Sim	Sim
Distância da chapa de desgaste acima da correia	≥ 25 mm (1 pol)	≤ 25 mm (1 pol)	≤ 25 mm (1 pol)

TÓPICOS AVANÇADOS

Projetos Especiais de Sistemas de Vedação

Algumas circunstâncias especiais exigem uma combinação de sistemas híbridos de vedação. No caso de um alimentador de correia plana, onde há material muito fino sob alta pressão, uma variação da vedação para fora na forma vertical convencional é comumente usada.

Requisitos de Energia de Sistemas de Vedação

Para ser eficaz em manter o material na correia, os sistemas de vedação devem exercer alguma pressão contra ela. Essa pressão vai aumentar o arraste contra a correia e, por conseguinte, aumentar o consumo de energia do transportador. A exigência de energia adicional é diretamente dependente do comprimento, e da largura da vedação e da pressão aplicada ao selo para mantê-lo em contato com a correia. É independente da largura da correia.

A Conveyor Manufacturers Association (CEMA) (*Referência 13.2*) fornece uma fórmula para o cálculo da força entre a correia e as vedações laterais de borracha genéricas instaladas ao longo de ambos os lados de um ponto de transferência (**Equação 13.1**).

A tensão (**Equação 13.1**) está relacionada com a energia adicional necessária para conduzir a correia transportadora (**Equação 13.2**).

Obs.: essa resistência é adicional ao arraste da carga de material contra os calha-guias/chapas de desgaste.

Em instalações de teste e situações de campo, verificou-se que muitos sistemas de vedação de calha-guia podem ser ajustados para baixo sobre a correia, com níveis muito elevados de força. Nesses casos, a tensão real deve ser medida para evitar subestimar o arraste efetivo na correia. Foram medidas em campo aproximações razoáveis para requisitos de partida e as forças resultantes (**Tabela 13.2**) (**Equações 13.1 e 13.2**).

Os requisitos de energia operacional são tipicamente metade a dois terços dos requisitos de energia de partida. Se as condições reais forem conhecidas, os requisitos de energia ou tensão reais devem ser medidos ou calculados e usados nessas equações.

Força entre a correia e a faixa de vedação com vários sistemas de vedação

Força normal efetiva (F_{ss}) entre a correia e a vedação	F_{ss}	
	Unidades	
	Métricas	Imperial
Tipos de Calha-guia	N/m	lb _f /ft
Lâmina de borracha: Borracha SBR—60 a 70 Shore D	45	3
Segmento de Borracha-Bloco: MARTIN® TRAC-MOUNT™ Sistema de Vedação de Calha-guia ou similar	45	3
Borracha Plana de Autoajuste: MARTIN® BOCO™ Sistema de Calha-guia de Autoajuste ou similar	78	5,25
1 Peça Multibarreira: MARTIN® APRON SEAL™ Sistema de Calha-guia de 1 Peça ou similar	30	2
1 Peça Multibarreira para Serviço Pesado: MARTIN® APRON SEAL™ Sistema de Calha-guia para Serviço Pesado de 1 Peça ou similar	50	3,3

Tabela 13.2

A ETAPA FINAL DO CONTROLE DE DERRAMAMENTO

Para Encerrar...

Em vez de ser a primeira etapa na solução do derramamento de transporte, a vedação da calha-guia é a última chance de conter material fugitivo e evitar a sua liberação. Quanto melhor o trabalho feito nos sistemas de suporte da correia e nas chapas de desgaste para conter o material e mantê-lo longe da borda, melhor será o desempenho do sistema de vedação

lateral da correia. Um sistema flexível de múltipla camada, incorporando algum nível de autoajuste, proporcionará uma contenção eficaz de materiais para um ponto de transferência, e melhorará as operações do transportador de correia. Inspeção e manutenção periódicas irão prolongar a vida, reduzir os danos, melhorar o desempenho e aumentar a satisfação com relação ao sistema. Isto irá assegurar que uma operação receba o valor ideal para o seu investimento em um sistema de engenharia de vedação.

13

Equação 13.1

Cálculo de tensão agregada à correia devido à vedação lateral.

$\Delta T_{ss} = n \cdot \mu_{ss} \cdot F_{ss} \cdot L$			
Dado: Contorno de lâmina de borracha instalado em ambos os lados por mais de 6 metros (20 pés) de correia. Determinar: Tensão agregada à correia devido à vedação da calha-guia.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Inglesas
ΔT_{ss}	Tensão agregada à correia, devido à vedação da calha-guia	newtons	libras-força
n	Número de lado das vedações laterais	2	2
μ_{ss}	Coefficiente de atrito (conforme CEMA 575-2000)	0,5 – UHMW 1,0 – Poliuretano 1,0 – Borracha	0.5 – UHMW 1.0 – Poliuretano 1.0 – Borracha
F_{ss}	Força normal entre correia e selo por comprimento	45 N/m (Tabela 13.2)	3 lb _f /pé (Tabela 13.2)
L	Comprimento da seção contornada do transportador	6 m	20 pés
Métricas: $\Delta T_{ss} = 2 \cdot 1 \cdot 45 \cdot 6 = 540$			
Imperial: $\Delta T_{ss} = 2 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 20 = 120$			
ΔT_{ss}	Tensão agregada à correia devido à vedação da calha-guia	540 N	120 lb _f

Equação 13.2

Cálculo da energia adicional necessária para conduzir a correia.

$P = \Delta T_{ss} \cdot V \cdot k$			
Dado: Contorno de lâmina de borracha instalado em ambos os lados por mais de 6 metros (20 pés) de correia. A correia se move a 3 metros por segundo (600 pés/min). Determinar: A energia adicionada à tração, devido à vedação da calha-guia.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Inglesas
P	Energia agregada à tração da correia	kilowatts	cavalos vapor (CV)
ΔT_{ss}	Tensão agregada à correia, devido à vedação da calha-guia (calculada na Equação 13.1)	540 N	120 lb _f
V	Velocidade da correia	3 m/s	600 ft/min
k	Fator de conversão	1/1.000	1/33.000
Métricas: $P = \frac{540 \cdot 3}{1000} = 1,6$			
Imperial: $P = \frac{120 \cdot 600}{33000} = 2,2$			
P	Energia agregada à tração da correia	1,6 kW	2,2 hp

Olhando Adiante...

Este capítulo sobre Sistemas de Vedação Lateral conclui a seção Carregando a Correia e a discussão sobre a zona de carga de um ponto de transferência para evitar a fuga de partículas finas e material fugitivo. O capítulo seguinte inicia a seção relacionada ao retorno da correia, com uma discussão sobre a limpeza da correia. Os dois capítulos seguintes continuam aquela seção com informações sobre raspadores de proteção de polias e alinhamento da correia.

REFERÊNCIAS

- 13.1 Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (October–December 1995). “Belt Cleaners, Skirting and Belt Top Cover Wear,” *Bulk Solids Handling*. Clausthal-Zellerfeld, Germany: Trans Tech Publications.
- 13.2 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). “‘Universal Method’ for Belt Tension Calculation.” In *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*, pp. 104–129. Naples, Florida.

SEÇÃO 3

CICLO DE RETORNO DA CORREIA

- Capítulo 14 196
LIMPEZA DA CORREIA
- Capítulo 15 244
RASPADORES PARA PROTEÇÃO DAS POLIAS
- Capítulo 16 252
ALINHAMENTO DA CORREIA

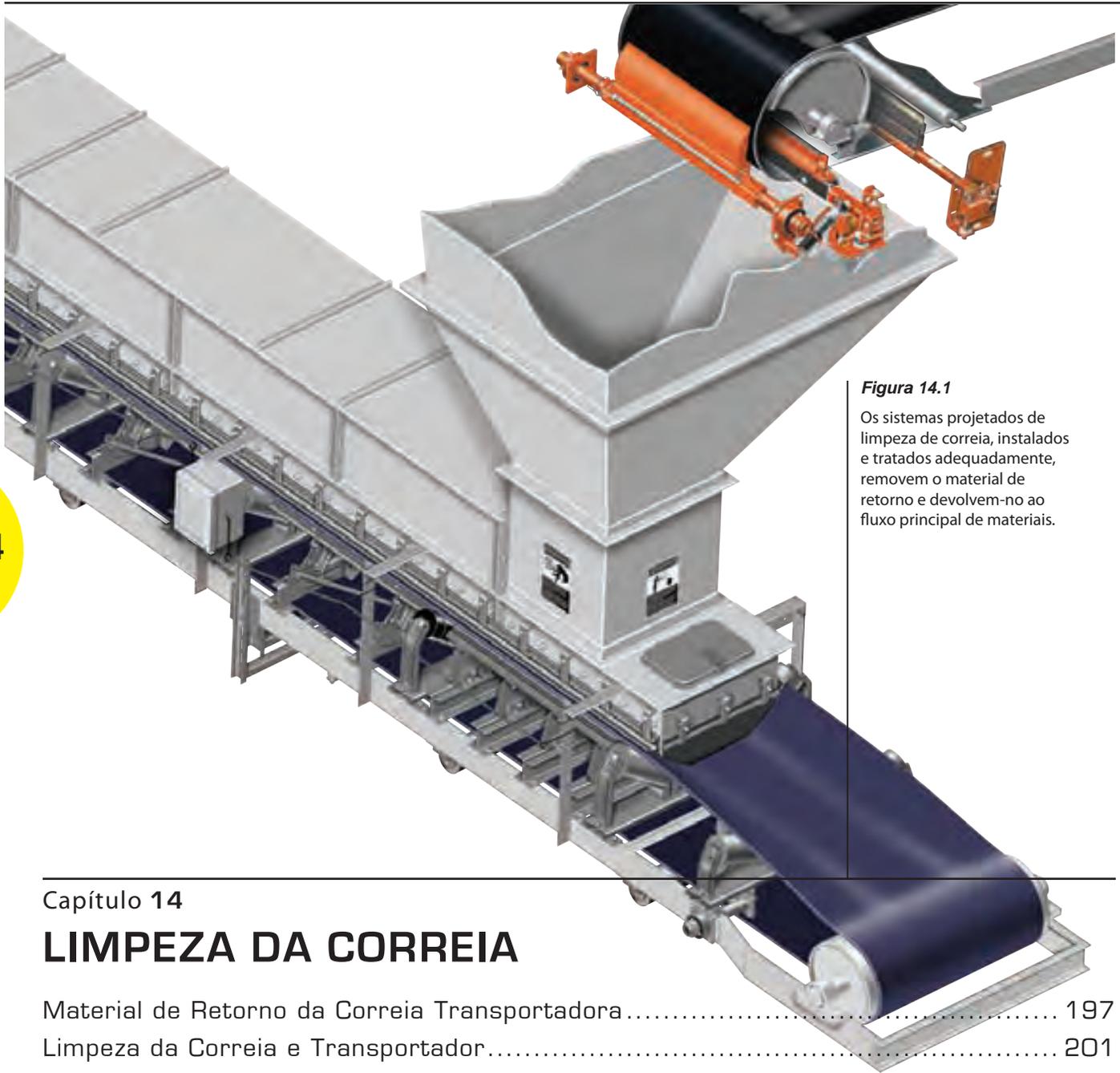


Figura 14.1

Os sistemas projetados de limpeza de correia, instalados e tratados adequadamente, removem o material de retorno e devolvem-no ao fluxo principal de materiais.

14

Capítulo 14

LIMPEZA DA CORREIA

Material de Retorno da Correia Transportadora	197
Limpeza da Correia e Transportador	201
Projeto do Sistema de Limpeza	204
Selecionando um Raspador de Correia	208
Abordagem de Sistemas para Limpeza de Correias	210
Pressão Lâmina-Correia	221
Instalação do Raspador	223
Manutenção do Sistema de Limpeza	228
Avaliando o Desempenho do Raspador	230
Especificações Mais Utilizadas	232
Tópicos Avançados	233
Benefícios do Controle de Material de Retorno	240
Questão de Segurança	241

Neste Capítulo...

Neste capítulo será dado foco aos diferentes tipos de raspadores de correia: seu projeto, suas aplicações, sua instalação e sua manutenção. Será discutida a natureza e o custo do material de retorno, o uso de raspadores de correia para a redução de material de retorno e métodos para avaliar seu desempenho no processo. Em Tópicos Avançados serão fornecidas equações para determinar a potência adicional necessária com o uso de raspadores.

O processo normal de transporte de materiais a granel em um transportador de correias resulta na separação da carga em uma camada de resíduos finos e úmidos que permanecem na correia, do material mais grosso e mais seco que se deposita acima dos resíduos e cascalhos maiores na superfície. Os cascalhos, a maior parte do material grosso e um pouco dos resíduos são descarregados na trajetória normal; uma parte do cascalho grosso e dos resíduos finos vai aderir à correia. Conhecido como material de retorno, esse material é retido na correia conforme ela retorna para a polia traseira. Como as partículas secam, elas perdem a força aderente e coesiva e, então, são deslocadas pelos roletes de retorno e pelas polias de curva. A maior parte do material eventualmente cai do transportador, acumulando-se em pilhas sob a correia, sobre as roldanas de retorno, polias, sobre a estrutura de transporte ou espalhando-se no ar como pó.

A limpeza do material fugitivo, como do material de retorno, é uma atividade ligada a muitos riscos graves. A remoção do material de retorno que se acumula no equipamento e no chão pode exigir trabalho intenso e equipamentos especiais, sendo necessária muitas vezes, uma equipe grande e máquinas caras ou serviços como caminhões de carga e a vácuo.

Os sistemas de limpeza projetados, instalados e mantidos adequadamente, podem ser economicamente justificados para atenuar esse problema por removerem o material de retorno e devolvê-lo ao fluxo principal de materiais. (Figura 14.1).

MATERIAL DE RETORNO DA CORREIA TRANSPORTADORA

Material de Retorno como Material Fugitivo

O material de retorno, material que adere à correia após o ponto de descarga da polia frontal, compõe grande parte do material fugitivo presente em qualquer sistema de transporte. Como vazamento no ponto de transferência, o material de retorno representa sérios problemas para os sistemas de transporte, gerando consequências na manutenção, ociosidade e eficiência da fábrica. Esses problemas apresentam-se como acúmulos de material fugitivo, causando desalinhamento da correia, vida útil reduzida, falhas prematuras de componentes e outros problemas que geram ociosidade do transportador e consertos custosos. Os acúmulos de material fugitivo no solo ou como nuvem de pó no ar apresentam riscos de incêndio e explosão, riscos de queda e deslizamento e riscos à saúde. Eles também podem atrair a atenção indesejada de vizinhos e agências reguladoras. Independentemente de onde se encontre, o material de retorno é a causa principal e um indicador de ineficiências do transportador.

Para controlar o dano e os gastos que o material de retorno gera, são instalados os sistemas de limpeza de correia. Normalmente, os sistemas de limpeza são constituídos por uma ou mais raspadores montados na polia de descarga (frontal) ou perto dela, para remover resíduos aderentes na correia, conforme ela passa pela polia motriz (Figura 14.2).

A Natureza do Material de Retorno

O material de retorno normalmente é a carga da correia em seu pior estado. As partículas de material de retorno costumam ser menores em tamanho, com um teor de umidade maior que o material transportado em geral. A vibração da correia, conforme ela se movimenta sobre



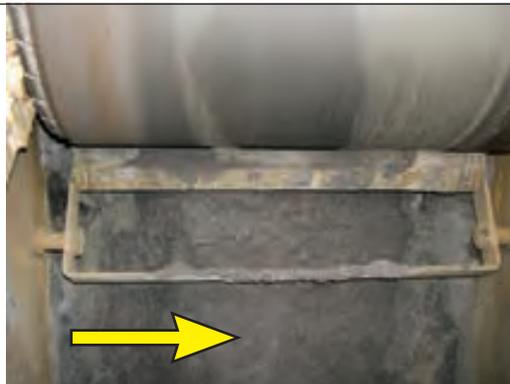
Figura 14.2

Sistemas de limpeza comuns apresentam um ou mais raspadores montados na polia de descarga (frontal) ou perto dela, para remoção de resíduos.

os roletes, gera uma ação de assentamento. As partículas menores, com excesso de umidade, espalham-se como fragmentos no fundo da pilha, onde elas podem criar uma mistura aderente que se fixa na correia. Quando removida da correia, essa mistura ficará presa a outras superfícies, inclusive aos raspadores e às paredes verticais do chute (**Figura 14.3**). Ao secar, esses acúmulos podem se tornar pedaços duros e reduzir a eficiência da limpeza, danificar a correia e outros equipamentos e causar problemas de entupimento no chute (**Figura 14.4**).

Figura 14.3

Quando removido da correia, o material de retorno se fixa a outras superfícies, inclusive aos raspadores e às paredes verticais do chute.

**Figura 14.4**

Ao secar, os acúmulos de material de retorno podem virar pedaços duros e reduzir a eficiência do raspador, danificar a correia e outros equipamentos e causar problemas de entupimento no chute.

**Figura 14.5**

O material de retorno liberado acumula-se nos roletes, gerando desalinhamento dos componentes e desregulagem da correia.



O Custo do Material de Retorno

O material de retorno normalmente é um problema mais complicado e caro do que um vazamento no ponto de transferência. Como ele pode cair em qualquer ponto durante o retorno do transportador, o material fugitivo exigirá equipes de limpeza para trabalhar por toda a extensão do transportador. Isso torna sua remoção ainda mais cara do que a limpeza mais localizada do vazamento.

O material de retorno liberado acumula-se sobre os roletes, gerando o desalinhamento de componentes que contribuem para a desregulagem da correia (**Figura 14.5**). Isso se espalha até os rolamentos, aumentando a fricção e causando falhas nos rolamentos. Uma grande indústria alemã de mineração de lignito calculou a substituição de 12% das roldanas de retorno na sua operação a cada ano. Aproximadamente 30% dessas substituições foram causadas por desgaste no anel de suporte ou na frente da roldana, originado pela liberação de material ao longo da linha da correia.

Como o material de retorno se acumula irregularmente sobre os componentes de rolagem do transportador, ele causa a desregulagem da correia, gerando vazamento de material e carregamento desalinhado do transportador. A desregulagem da correia transportadora reduz sua vida útil, gera custos excessivos de mão de obra para manutenção e limpeza, ociosidade não prevista e riscos de segurança.

Medindo a Quantidade de Material de Retorno

Para entender melhor o problema de material de retorno, a quantidade de material que adere à correia e é carregada de volta deve ser quantificada. Quando o problema pode ser quantificado, é mais fácil determinar a eficácia dos sistemas de limpeza instalados e quais medidas, em relação aos sistemas de limpeza adicionais e programas aprimorados de manutenção de raspadores, são necessárias. O material de retorno é medido como o peso seco de material em gramas por metro quadrado (oz/ft^2) da parte da superfície da correia que transporta o material. Uma indústria de tratamento de materiais a granel na Austrália foi pioneira na elaboração e no uso de sistemas para avaliar precisamente a quantidade de

material morto em uma determinada correia. Esses sistemas foram usados para avaliar o sucesso do equipamento de limpeza, para auxiliar no projeto de novos equipamentos e para controlar as contrações de desempenho do raspador.

Há diversas formas de se determinar a quantidade de material de retorno. Pode ser coletada uma pequena amostragem de uma seção da correia, usando uma espátula para raspar o material de retorno da correia travada. Ao raspar a área medida, coletar o material em uma vasilha ou lona plástica e depois pesar o material, pode ser calculado um valor de material de retorno por área de unidade. Uma desvantagem desse método é que, no processo de interrupção da correia, a quantidade e a característica do material de retorno será alterada.

Um método desenvolvido pelo pioneiro em limpeza de correia, Dick Stahura, usou um recipiente de coleta de material de retorno fixado às laminas raspadoras (**Figura 14.6**). Esse recipiente foi projetado para ser fixado no lado contrário da correia em movimento para remover os resíduos e coletá-los no recipiente. Devido a questões de segurança, esse método foi automatizado, resultando em uma barra de material de retorno como a desenvolvida pela Associação de Pesquisa da Universidade de Newcastle Ltda., Austrália (também conhecida como Grupo TUNRA) para o grupo International Conveyor Technology (ICT). A Barra de Material de Retorno do ICT tem a capacidade de amostrar a largura inteira da correia, usando um amostrador em movimento que percorre a correia a uma frequência constante por um período de tempo predeterminado (**Figura 14.7**).

Esses métodos de teste fornecem uma amostra dos níveis de material de retorno e do desempenho de limpeza para um determinado intervalo de tempo. Alterações nas especificações do material, na produtividade ou nas condições climáticas podem mudar drasticamente a quantidade de material restante na correia. Portanto, deve ser implantado um programa para medir periodicamente o material de retorno.

Cálculos de Material de Retorno

Ao considerar essa amostra coletada como uma quantidade média de material de retorno

ou tomar várias amostras e medi-las para resultados mais precisos, é possível determinar a quantidade média de material de retorno presente na correia e a variância prevista como desvio padrão (**Figura 14.8**).

Uma amostra aparentemente modesta de um grama (0,035 oz) de material de retorno extraído de uma seção da correia indica que haveria uma quantidade substancial de material de retorno restante nessa correia, material que poderia ser liberado pela correia e depois



Figura 14.6

O pioneiro em limpeza de correia, Dick Stahura, desenvolveu um recipiente de coleta de material de retorno fixado às lâminas raspadoras.



Figura 14.7

A Barra de Material de Retorno do ICT usa um amostrador em movimento que percorre a correia a uma frequência constante por um período de tempo predeterminado.



Figura 14.8

Ao considerar essa amostra coletada como quantidade média de material de retorno ou tomar várias amostras e medi-las para resultados mais precisos, é possível determinar a quantidade média de material de retorno presente na correia e a variância prevista como desvio padrão.

acumulado sob esse único transportador (**Figura 14.9**).

Esse um grama de material coletado do transportador seria a mesma quantidade de material encontrada em sachês de adoçante distribuídos nas mesas de restaurantes. No entanto, com a largura, o comprimento e a velocidade da correia vistos nos transportadores modernos, essa pequena quantidade de material de retorno torna-se toneladas de material deixado na correia por ano. Isso cairá da correia à medida que o transportador volte, prejudicando equipamentos e criando uma confusão que leva tempo, esforço e dinheiro para consertar.

O grama de material usado no exemplo representa uma pequena quantidade de material de retorno e indicaria para alguns que essa correia já está limpa. Mais comumente, a medida atual de material nas correias transportadoras mostra o material de retorno em uma faixa de 7 a 250 gramas por metro

quadrados (0,2 a 7,3 oz/1,2 yd²). Esse material se transforma em pó no ar e/ou se acumula em pilhas sob o transportador ou em montes sobre e em torno dos componentes de rolagem.

Uma medida mais “científica” seria amostrar a correia logo após o ponto de descarga e depois amostrar a correia novamente pouco antes de ela entrar na zona de carregamento no transportador. Além de mostrar como o material se fixa à correia após a descarga, isso geraria uma medida de quanto material de retorno é desprendido da correia durante o ciclo de retorno. Esse material é não apenas perdido no processo, mas também se acumula nas polias e roletes de retorno e gera problemas futuros de manutenção.

Analisando o Material

Testar o material a granel é útil para determinar como ele se comporta na correia. Esse comportamento depende de uma série de parâmetros: densidade aparente, fricção da interface, coesão da interface, aderência da interface e a própria condição da correia. Os testes mostraram que, para a maioria (se não todos eles) dos materiais, a coesão (acúmulo no próprio material) e a aderência (acúmulo na correia) aumentam conforme o aumento da umidade. Esse comportamento ocorre em um ponto crucial, conforme mostrado em uma curva de sino, até ser aplicada umidade suficiente para começar a fluidizar o material e a reduzir a coesão (**Figura 14.10**). A variação exata na aderência e na coesão com o teor de umidade variará de material para material e de local para local.

Os testes para determinar a aderência de um material à correia podem ser omitidos, uma vez que eles podem ser obtidos matematicamente a partir de valores de fricção e coesão. A pressão de limpeza ideal pode ser determinada usando esses resultados e as especificidades do raspador (ângulo de limpeza, perfil da lâmina e composição da lâmina). São usadas técnicas modelares avançadas para prever o número de raspadores a uma determinada pressão lâmina-correia necessária para remover a camada de material de retorno da correia transportadora. (*Consulte Capítulo 25: Ciências de Materiais, para mais informações sobre testes de materiais a granel.*)

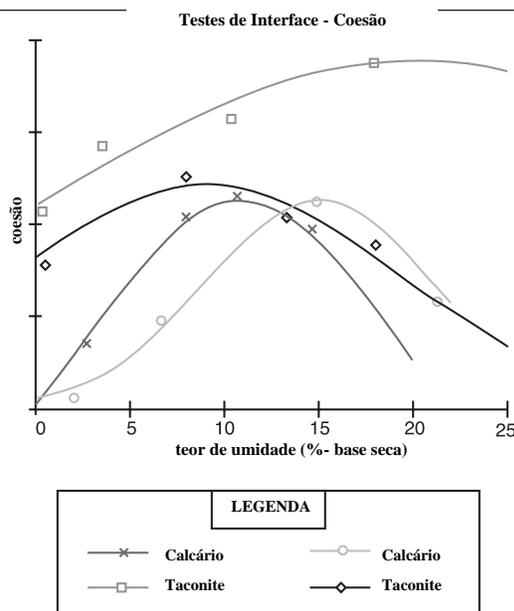
Figura 14.9

Mesmo uma pequena quantidade de material de retorno deixada na correia pode acumular pilhas consideráveis sob o transportador.



Figura 14.10

Os testes mostraram que a coesão e a aderência aumentam conforme o aumento da umidade, até ser aplicada umidade suficiente para começar a fluidizar o material e reduzir a coesão. A variação exata na aderência e na coesão com o teor de umidade vai variar de material para material e de local para local. Obs.: o teor de umidade é a porcentagem de perda de peso entre o material líquido e o material após secagem.



Um aspecto importante a ser lembrado é que, eventualmente, o transportador experimentará o “pior material” durante a vida útil da correia.

LIMPEZA DA CORREIA E TRANSPORTADOR

O Crescimento de Sistemas Projetados de Limpeza de Correia

Por muitos anos, os raspadores foram produzidos internamente, muitas vezes uma barra de borracha, uma peça suspensa de correia usada ou um pedaço descartado de madeira fixado na estrutura ou preso contra a correia por um contrapeso (**Figura 14.11**). Esses sistemas mostravam ser pouco aceitos, além de, problemáticos e ineficazes. As exigências de operação da fábrica requeriam o uso de transportadores mais largos, mais rápidos, com calhas mais profundas e para cargas mais pesadas. Essas exigências proporcionaram o desenvolvimento de sistemas projetados de limpeza da correia para proteger o investimento da fábrica pela extensão da vida útil de correias caras e de outros componentes do transportador. Esses sistemas normalmente consistem em um suporte de estrutura (mainframe), um elemento de limpeza (lâmina) e o tensionador.

Os sistemas projetados de limpeza são elaborados para reduzir as exigências espaciais, possibilitando a instalação do raspador no chute de descarga. Simplificando a substituição de lâminas, as exigências de mão de obra e o tempo de manutenção são minimizados. Incorporando materiais avançados, como carboneto de tungstênio, plástico e cerâmica, a vida útil da lâmina é estendida, reduzindo necessidades de manutenção. Projetando o limite da lâmina e melhorando os aparelhos de tensionamento que fixam a lâmina de limpeza à correia, o desempenho de limpeza é aprimorado. Por meio do uso de sistemas projetados de limpeza, a massa aderente de resíduos e umidade que transita no lado de retorno da correia pode ser completamente removida.

Controlando o Desempenho do Raspador

A capacidade de medir o material de retorno considera o desenvolvimento de uma especificação de desempenho de limpeza para um determinado equipamento de tratamento

de material e para material a granel. A especificação completa detalhará o desempenho necessário em termos de material de retorno médio para o equipamento. O fornecedor deve ser consultado para projetar, suprir, instalar, comissionar e reparar o sistema de limpeza de correia, garantindo que os níveis médios de material de retorno não sejam excedidos.

Após a instalação do sistema de limpeza, devem ser conduzidos testes de material de retorno para avaliar o desempenho do sistema de limpeza. Um programa de registro e teste em desenvolvimento gerará informações sobre as exigências de manutenção periódica e fornecerá dados de lucro para oportunidades de melhoria e manutenção do sistema de limpeza.

Controlando o desempenho de limpeza através de testes de material de retorno, os recursos podem avaliar os saldos de possíveis melhorias para desenvolver sistemas de limpeza mais eficientes.

A análise de desempenho e os programas de manutenção, implantados por departamentos internos, poucas vezes são vistos como prioridade, devido aos desafios emergentes, apresentados em contrapartida aos recursos. O método mais fácil de conseguir resultados a partir de um investimento em equipamentos de limpeza é prezando um contrato de serviço com um especialista em suprimento, instalação, manutenção e análise de sistemas de limpeza.

Projetando Transportadores para uma Limpeza Eficaz

Ao considerar a construção de novos transportadores, é desejável incluir nos requerimentos do projeto uma especificação para desempenho dos raspadores. Essa especificação deve incluir uma consideração da



Figura 14.11

Por muitos anos, os sistemas de limpeza foram produzidos internamente.

quantidade de material de retorno, medido em gramas por metro quadrado (oz/ft²) que passa pelo sistema de limpeza. Os proprietários da fábrica devem determinar e os projetistas devem desenhar sistemas de transporte com sistemas de raspadores adequados para garantir que o material de retorno seja mantido abaixo do nível especificado no contrato. Esse procedimento encorajaria o projetista do sistema de transporte a incluir espaço adequado para instalação e manutenção do sistema de limpeza e a incluir componentes no transportador que sejam compatíveis com a meta de uma limpeza eficaz.

Um problema comum no emprego de aparelhos de limpeza ocorre quando é fornecido um espaço insuficiente no projeto da estrutura frontal e interna para um sistema de limpeza múltiplo adequado. Isso ocorre comumente porque os projetistas do transportador não levam em conta a verdadeira natureza do material transportado, particularmente quando ele está em seu pior estado. Os projetistas de transportadores devem projetar com espaço e acesso, de acordo com as recomendações da Associação de Fabricantes de Equipamentos de Transporte (Conveyor Equipment Manufacturers Association - CEMA), e o projeto deve permitir ao fabricante de raspadores a montagem e adaptação de um sistema apropriado, inclusive eliminando as fendas no chute após o levantamento e a instalação da correia.

A resposta para uma limpeza da correia eficaz é cruzar a lâmina com a correia. É evidente que, quanto melhor a lâmina atender o perfil da correia, melhor será a limpeza. Qualquer elemento que dificulte o contato entre a lâmina e a correia, conforme ela passa pelo raspador, deve ser evitado no projeto de um sistema de transporte. Esses fatores indesejáveis incluem polias aletadas, polias desalinhadas

e revestimentos mal instalados ou mal selecionados. Qualquer pulsação ou vibração da superfície da correia diminui a eficiência da limpeza e afeta negativamente a vida útil da correia.

Emendas vulcanizadas são o método mais adequado de emendar a correia, a fim de fornecer um desempenho ideal do sistema de limpeza. Suportes mecânicos instalados imprópriamente podem prender os raspadores e fazê-los vibrar ou tremer. As emendas mecânicas devem ser sempre posicionadas de acordo com as recomendações do fabricante, a fim de evitar danos desnecessários ao raspador e à emenda.

Após instalar o raspador, são necessários ajustes, manutenção e inspeções periódicas para manter o desempenho eficaz. Justamente pelos raspadores serem projetados para durabilidade e manutenção simples, os próprios transportadores devem ser projetados possibilitando reparo fácil, inclusive com os espaços necessários para acesso.

Inversão da Correia

Para eliminar problemas causados por uma correia suja em contato com os roletes, o transportador pode ser girado 180° após passar pelo ponto de descarga. Essa inversão coloca o lado de transporte de carga da correia para cima e coloca a superfície limpa em contato com os roletes (**Figura 14.12**). Teoricamente, o material morto deve permanecer sobre a correia conforme ela se movimenta no ciclo de retorno. A correia deve ser virada em 180° ao entrar na seção traseira, a fim de posicionar corretamente a superfície da correia conforme ela entra na zona de carga. A distância necessária para concluir a inversão de 180° da correia é de 12 a 20 vezes a largura da correia nas duas pontas do transportador.

As inversões requerem uma estrutura especial e roletes que ocupem um espaço vertical adicional sob o transportador. Consequentemente, as inversões normalmente são justificáveis apenas em transportadores longos de uso terrestre.

Outra preocupação é que o material de retorno secará e poderá espalhar no ar durante o ciclo de retorno.

14

Figura 14.12

Para eliminar problemas causados por uma correia suja em contato com os roletes de retorno, a inversão do transportador limpa a superfície da correia em contato com os roletes de retorno.



O ato de revirar a correia coloca o lado sujo dela em contato com os roletes da inversão. Como isso ocorre em um ponto onde o alinhamento dos roletes e a limpeza são cruciais, o material fugitivo é particularmente problemático aqui. Para minimizar o material de retorno liberado quando a correia é revirada, deve ser instalado um sistema de limpeza eficaz na descarga do transportador. Muitas vezes é mais rentável instalar um sistema avançado de limpeza, como uma caixa de lavagem, do que instalar um sistema de inversão.

Sistema de Correias e Raspadores

A condição da correia terá uma influência drástica sobre o desempenho do sistema de limpeza. É difícil limpar uma correia que tenha sido danificada, quebrada, partida ou riscada devido à exposição a elementos prejudiciais, dano químico ou desalinhamento da correia. A limpeza pode se tornar difícil com marcas na superfície da correia, como as vistas em correias de cloreto de polivinila (PVC). Nos dois casos, o único método eficaz para remoção de resíduos é a lavagem da correia.

Alguns fabricantes de correia continuam as demarcações desaconselháveis de números de identificação e logos da empresa na superfície das correias (**Figura 14.13**). É fácil reconhecer o valor de marketing dessa prática. No entanto, também é fácil reconhecer as dificuldades que esses emblemas na superfície das correias podem gerar na limpeza eficaz e na vedação dos sistemas de transporte. A melhor prática é colocar a logomarca das correias no lado inferior à superfície.

As correias de cabo de aço muitas vezes mostram em sua superfície a marca dos cabos ocultos dentro da borracha. Isso dá o efeito de listras leves e intensas. Para remover essas “listras”, a pressão de limpeza é aumentada além do necessário, desgastando a cobertura da correia e acelerando as lâminas de limpeza.

Todos os métodos de limpeza e todos os materiais laminados desgastarão a cobertura da superfície da correia em alguma intensidade. Ao menos um fabricante de correias incorpora um fator para esse desgaste no desenho da cobertura. Geralmente é aceito que é melhor desgastar lentamente a correia instalando sistemas de limpeza do que a desgastar

rapidamente, causando atrito da correia com pó e com roletes danificados ou sem rotação que levantam quando a correia não está limpa. Na verdade, um sistema de limpeza bem projetado tem efeitos muito menos negativos sobre a vida útil da cobertura da correia do que a carga de material sobre a correia. A escolha da cobertura deve ser priorizada pelas considerações do carregamento de material de carga, em vez de se priorizar preocupações sobre a limpeza da correia.

Algumas vezes, uma correia transportadora em “boas condições” sofrerá um dano no trilho longitudinal que proporciona métodos convencionais de limpeza menos eficazes. Esse dano longitudinal pode aumentar por diversas fontes, inclusive um pedaço de material ou uma tira de ferro fixada na correia. Para melhorar a eficiência de limpeza, o trilho poderia ser revestido pela aplicação de uma emenda de poliuretano para preenchê-lo. Pode ser necessária a reaplicação desse composto da emenda diversas vezes durante a vida útil da correia. A limpeza localizada com uma lâmina de ar, uma escova de limpeza ou um aparelho alternativo também pode ser uma solução para manter a correia utilizável por mais tempo.

O Impacto da Limpeza na Vida Útil da Correia

A questão de redução do tempo útil da correia com o uso de um sistema projetado de limpeza requer um pouco de atenção. Os mecanismos de desgaste dependem consideravelmente da quantidade de calor gerado na lâmina e na cobertura. Observações de campo indicam, particularmente para materiais de lâmina elastomérica, que a maior taxa de desgaste para a lâmina e a correia ocorre quando não há material na correia.



Figura 14.13

Alguns fabricantes de correias demarcam o logo da empresa na cobertura da correia, gerando problemas na limpeza e na vedação dos sistemas de transporte.

“Raspadores e Desgaste na Cobertura da Correia”, uma pesquisa de R. Todd Swinderman e Douglas Lindstrom, examinou a questão de prejuízo dos raspadores sobre a vida útil da correia (*Referência 14.1*). Os resultados desse estudo mostraram que um raspador pode induzir desgaste à correia, mas a taxa de desgaste foi menor do que permitir que a correia transporte material de retorno abrasivo sem o benefício de raspadores.

Foram relatados resultados semelhantes em um estudo que comparou a vida útil da correia e suas falhas em equipamentos, usando sistemas projetados de limpeza e vedação, com equipamentos que não usavam esses sistemas. Realizada na Índia, essa pesquisa acompanhou mais de 300.000 horas de operação em 213 correias em operações, usando lignito, calcário e ferro. Esse estudo mostrou que as operações usando raspadores e vedação apresentaram correias que duraram uma média de 150% mais tempo (e exigiram apenas 50% de mão de obra de limpeza) do que as correias nas operações não equipadas com sistemas projetados de limpeza e vedação. Essa pesquisa de operação de equipamentos confirmou-se na pesquisa laboratorial, indicando que, enquanto os sistemas de limpeza efetivamente desencadeiam algum desgaste à cobertura da correia, o resultado final é: “quanto mais limpa a correia, mais tempo ela durará”.

PROJETO DO SISTEMA DE LIMPEZA

Procedimentos Básicos de Sistemas de Limpeza Eficazes

Os procedimentos básicos para instalação de um sistema de limpeza eficaz incluem os seguintes critérios: limpeza frontal, fora do fluxo de materiais e com risco mínimo à correia.

Figura 14.14

Para minimizar a liberação de material de retorno na fábrica, a limpeza da correia deve acontecer na parte mais avançada possível no ciclo de retorno do transportador.



Limpeza Frontal

Para minimizar a liberação de material de retorno na fábrica, a limpeza da correia deve acontecer o mais à frente possível no ciclo de retorno do transportador (**Figura 14.14**). Normalmente, ao menos um raspador é instalado em um ponto onde a correia ainda esteja em contato com a polia motriz. Geralmente, esse raspador é instalado na frente da polia motriz, logo abaixo do ponto onde o material sai da correia. Essa posição, chamada de posição primária, fornece uma vantagem significativa, em que o material de retorno é imediatamente devolvido ao fluxo principal de materiais. Isso reduz o potencial de liberação sobre os componentes de rolamento e no ambiente da fábrica. Com os raspadores tensionados contra a correia e a correia ainda contra as polias frontais, o controle da pressão lâmina-correia é mais preciso. A polia motriz fornece uma superfície firme contra a qual se fixa o raspador.

Utilizar o espaço disponível e fixar o primeiro raspador na posição considerada primária gera mais espaço disponível para a instalação de um ou mais raspadores nas posições secundárias e terciárias. Com o raspador primário, quanto mais à frente cada raspador adicionado for instalado, menor a chance de o material de retorno escapar e menor a necessidade de aparelhos como chutes de desvio ou transportadores scavenger devolverem o material recuperado ao fluxo.

Fora do Fluxo de Materiais

É importante que os raspadores sejam instalados fora do fluxo de materiais e que o material raspado da correia não se fixe e acumule nas lâminas ou na estrutura (**Figura 14.15**).

Um raspador instalado na trajetória do material pode apresentar dano prematuro no frame de suporte e na parte posterior das lâminas, sendo necessário alterar as lâminas antes que o limite de limpeza seja danificado. O posicionamento preferencial de um raspador na posição primária envolve a instalação de um raspador, para que a ponta da lâmina esteja abaixo da linha horizontal da polia.

Um raspador instalado fora da trajetória do material ainda pode adquirir um acúmulo de material que se fixe às suas superfícies

exteriores. Os raspadores devem ser projetados para minimizar a chance de aderência de material. Isso é realizado evitando superfícies planas e orifícios que possam reter material e usando materiais não finos para a construção de raspadores. No ambiente apropriado, espalhar água na superfície da correia – ou nos raspadores – ajuda a amolecer o material e a minimizar o acúmulo deste. (*Consultar Capítulo 24: Sistemas de Lavagem de Correia.*)

Com Risco Mínimo à Correia

Uma consideração essencial na seleção de um raspador é minimizar qualquer risco que o raspador possa oferecer à correia ou à emenda, já que esses sistemas são instalados para proteger a correia. Os sistemas de limpeza devem ser projetados para que a lâmina seja capaz de mover-se pela correia quando uma emenda, seção danificada da correia ou outra obstrução ultrapassar o raspador com a correia. Os sistemas de tensionamento do raspador, particularmente do raspador primário, onde o ângulo de ataque é mais acentuado, devem incluir um mecanismo para fornecer proteção contra o choque do impacto da emenda.

Um raspador primário agressivo com muita pressão de limpeza terá uma tendência a danificar mais rápido a superfície da correia. Esses raspadores fornecem inerentemente um risco aumentado de reterem-se em uma saliência da emenda ou da correia.

Deve-se tomar cuidado na escolha do material apropriado para colocar em contato com a correia. Materiais como fatias de correias usadas nunca devem ser usados como material de limpeza ou vedação, pois eles podem incluir cabos de aço ou resíduos prejudiciais. Esses materiais fixados causam desgaste excessivo à cobertura da correia.

Princípios de Projeto de Raspadores

Embora outros sistemas de limpeza – mais notavelmente sistemas pneumáticos e de fricção – estejam disponíveis, a maioria dos raspadores são laminados. Eles usam uma lâmina para remover o material da superfície da correia. Esses aparelhos requerem uma fonte de energia – como uma mola, um reservatório de ar comprimido ou um elemento espiral elastomérico – para forçar a ponta do raspador contra a correia. A lâmina que toca diretamente a correia está sujeita a dano ou

desgaste; ela deve ser periodicamente reajustada e eventualmente substituída para manter o desempenho da limpeza.

Cobertura da Correia

Geralmente, as lâminas de um raspador não cobrem a largura inteira da correia, pois esta normalmente não é usada para transportar materiais. A CEMA especifica a cobertura mínima da lâmina com base na largura da correia (**veja Tabela 14.1**).

Vários fabricantes de raspadores possuem sua própria cobertura de lâmina típica ou padrão. Muitos fabricantes consideram mais de uma cobertura mínima, mas raramente a largura da lâmina precisa ser igual ou maior que a largura de correia.

Para uma limpeza melhor, deve ser observada ou calculada a largura de transporte do material sobre a correia e comparada pela largura do raspador.

Em alguns casos, fornecer uma largura de lâmina maior que a carga do material sobre a correia pode levar a padrões de desgaste indesejáveis. A seção central da lâmina será danificada mais rápido que a porção da lâmina na seção exterior da correia, pois há mais material nocivo no centro. A porção exterior da lâmina de limpeza afastará então a seção central da lâmina da correia. O material de retorno poderá passar entre a correia e a lâmina, acelerando o desgaste na seção central da lâmina (**Figura 14.16**).

O material na correia também fornece um efeito de refrigeração e lubrificação para a lâmina; portanto, deve-se tomar cuidado para impedir a cobertura excessiva da correia. Sem esse efeito de lubrificação, o acúmulo de calor na ponta exterior pode causar falha na lâmina e/ou dano na correia.



Figura 14.15

Os raspadores de correia devem ser instalados fora do fluxo do material.

Tabela 14.1

Cobertura Mínima da Lâmina de Limpeza			
Tamanhos Métricos Padrão de Correia* (mm)		Tamanhos Imperiais Padrão de Correia (inches)	
Largura da Correia	Cobertura Mínima do Raspador	Largura da Correia	Cobertura Mínima do Raspador
300	200	18	12
500	330	24	16
650	430	30	20
800	530	36	24
1.000	670	42	28
1.200	800	48	32
1.400	930	54	36
1.600	1.070	60	40
1.800	1.200	72	48
2.000	1.330	84	56
2.200	1.470	96	64
2.400	1.600	108	72
2.600	1.730	120	80
2.800	1.870		
3.000	2.000		
3.200	2.130		

Modelado segundo CEMA; *As medidas métricas são baseadas nos tamanhos métricos padrão de correia, não são conversões das medidas do padrão inglês.

Figura 14.16

Ao lado: em uma situação onde a lâmina é maior que o fluxo de materiais, o centro da lâmina pode danificar-se mais rápido que as pontas exteriores.

Abaixo: como o centro das lâminas é danificado, ele permite que o material passe pela ponta; as pontas exteriores estarão afastadas do material e não vão danificar.



Reduzir a cobertura da lâmina na correia pode ajudar a aliviar o problema de aquecimento. No entanto, deve-se tomar cuidado ao reduzir a cobertura da lâmina, especialmente na correia salientada. Se a correia enroscar sobre a cobertura de uma lâmina do raspador, ela fica exposta ao corte da lâmina. Alguns raspadores usam uma lâmina não metálica mais flexível nas pontas exteriores para evitar esse problema. Outra solução é manter a correia plana com o uso de rolamentos de retenção (Figura 14.17).

Em algumas aplicações, a lâmina deve ser tão ou mais larga que a correia. Um raspador usado como rodo para secar a correia pode precisar ter a largura completa da correia para atingir todas as áreas molhadas. Alguns materiais, como cinzas no ar, tendem a se espalhar sobre a correia ou seguir horizontalmente pelo raspador da correia. Nesse caso, se a lâmina não alcançar a largura completa, o material pode se acumular entre a correia e o espaço do suporte do raspador, onde pode prender/travar e danificar a correia.

Segmentos de Lâmina Simples ou Múltiplos

Um projeto de lâmina múltipla com mola individual ou suporte de elastômero em cada lâmina de limpeza manterá cada lâmina em uma tensão de limpeza adequada, permitindo mais a cada lâmina ceder a uma pressão baixa do que a força total aplicada do dispositivo de tensionamento. Em outras palavras, lâminas estreitas podem servir melhor para a correia, acompanhar mudanças no contorno da superfície, saltar da correia para a passagem da emenda e retornar à posição de limpeza mais facilmente que uma lâmina simples monolítica. Isso significa que um projeto de lâmina múltipla pode ser mais eficaz e seguro para o raspador e para a correia.

Novos desenvolvimentos em poliuretano têm melhorado a capacidade de raspadores primários de lâmina simples para manter contato com a correia.

Há um número de materiais usados para lâminas de raspadores, variando de borracha e poliuretano a aços leves e inoxidáveis. As lâminas estão disponíveis com enxertos de carboneto de tungstênio ou enchimentos, como ligas/contas/pedaços de vidro para melhorar a resistência a desgaste e o desempenho da limpeza.

Os fabricantes de raspadores têm estendido a faixa de materiais de poliuretano disponíveis para fornecer um desempenho aprimorado para condições específicas, inclusive resistência aprimorada a desgaste, aquecimento, produtos químicos ou umidade. Em alguns casos, a combinação ideal de características em uma aplicação específica requer um programa de teste comparativo para determinar o melhor material para essa aplicação.

Ângulo de Ataque

O ângulo de ataque para as lâminas de limpeza contra a correia é um aspecto de importância. Em termos gerais, há duas alternativas: lâminas de ângulo positivo (para descascar) e lâminas de ângulo negativo (para raspar) (Figura 14.18). Com um ângulo positivo, as lâminas são opostas à direção de trajeto da correia (Figura 14.19); com um ângulo de limpeza negativo, as lâminas são inclinadas na direção do trajeto, normalmente a um ângulo de 3 a 15° do eixo vertical, dependendo do tipo de emenda (Figura 14.20). Lâminas instaladas em uma posição vertical ou perpendicular à correia, no ponto de instalação são consideradas com ângulo zero.

Lâminas metálicas em uma posição de ângulo positivo são afiadas como navalhas pela correia em movimento e podem causar danos caros se entrarem em choque no alinhamento. Lâminas de ângulo positivo estão ocasionalmente sujeitas à vibração de alta frequência, que faz as lâminas “tremem”, golpeando repetidamente suas pontas afiadas na cobertura da correia.

Lâminas de ângulo negativo permitem que o material se acumule na ponta inclinada de limpeza, a qual pode forçar a lâmina no contato de limpeza eficaz. No entanto, todos os raspadores de correia, independentemente do ângulo de ataque, estão sujeitos a um serviço de limpeza regular sem acúmulo (Figura 14.21). Com uma lâmina de ângulo negativo, as pontas em sentido superior da lâmina não vão prender



Figura 14.17

Uma solução para uma correia que prende na ponta do raspador é deixar a correia plana com o uso de rolamentos de retenção.

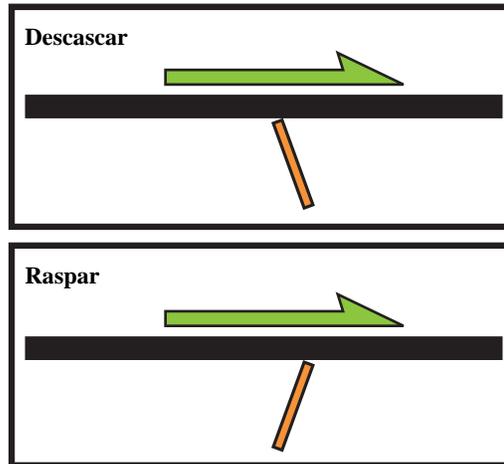


Figura 14.18

O ângulo de ataque das lâminas de limpeza contra a correia é um aspecto importante. Em termos gerais, há dois ângulos de ataque para limpeza: lâmina de ângulo positivo (para descascar) e lâmina de ângulo negativo (para raspar).



Figura 14.19

Lâminas com um ângulo positivo são opostas à direção do trajeto da correia.

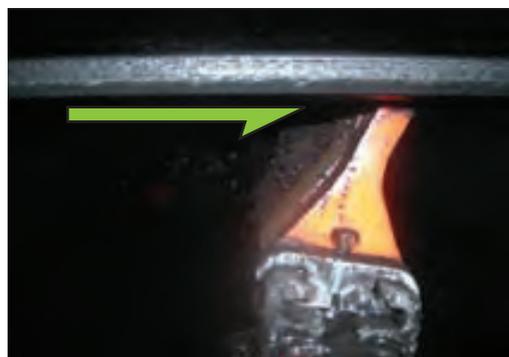


Figura 14.20

Lâminas com um ângulo negativo são inclinadas na direção do trajeto.

na superfície da correia, mesmo se fixada contra a correia com pressão excessiva.

O consenso geral é de que o ângulo positivo é aceitável para raspadores primários, que são aplicados a pressões muito baixas contra a correia. No entanto, é aconselhável usar lâminas de ângulo negativo em posições secundárias e terciárias, onde pressões de limpeza lâmina-correia mais altas e o uso de lâminas de metal apresentam mais riscos à correia, à emenda e ao próprio raspador.

SELECIONANDO UM RASPADOR DE CORREIA

Selecionar um raspador para uma determinada aplicação requer a avaliação de uma série de fatores. A seguir estão as informações básicas de que um fornecedor precisaria a fim de recomendar um sistema de limpeza adequado:

- A. Velocidade e largura da correia.
- B. Largura da carga sobre a correia.
- C. Diâmetro da polia.
- D. Características do material (inclusive tamanho da partícula, teor de umidade, temperatura, abrasividade e corrosividade).
- E. Comprimento do transportador.

O comprimento do transportador é uma variável significativa, uma vez que a ação ondulatória da correia, conforme ela se move sobre as roldanas, causa a fixação das partículas pelo material e sua compactação na correia. Em transportadores longos de uso terrestre, esse efeito pode ser significativo. Por esse motivo, os transportadores mais longos são quase sempre

mais difíceis de limpar do que as correias mais curtas.

Correias curtas e correias vazias deixadas em operação por longos períodos podem sofrer problemas com aquecimento gerado pelo raspador da correia. Uma lâmina em contato com a correia gerará aquecimento devido à fricção da correia contra a lâmina. As correias deixadas em operação por muito tempo sem carga podem causar aquecimento acumulado na lâmina e em seu mecanismo de retenção, reduzindo sua vida útil ou danificando o suporte. Se a correia é curta, sua cobertura pode não dissipar o calor e degradar. Um raspador fornecido com alta tensão contra a correia agravará esse problema a ponto de a lâmina ficar presa à correia, quando a correia parar.

As variáveis adicionais que podem afetar o desempenho ideal do sistema selecionado e, logo, devem ser revistas na seleção de um sistema de limpeza incluem:

- A. Espaço disponível para instalação e serviço.
- B. A possibilidade de alterações nas características do material (p.ex., de molhado e aderente a seco e fragmentado).
- C. Extremos/limites graves de temperatura.
- D. Cortes, fendas, riscos ou rachaduras na superfície da correia, por desgaste ou mau uso.
- E. Emendas mecânicas danificadas, sólidas ou numerosas.
- F. Vibração da correia, a partir de acúmulo de material nas polias frontais e em outros componentes de rolamento, dificultando a permanência do raspador em contato com a correia.
- G. Material que aderirá ou se envolverá no aparelho de limpeza.
- H. Acúmulo de material no chute de desvio.

Outras considerações no desenvolvimento de uma proposta de fornecedor e na avaliação dessa proposta incluem:

- A. Nível desejado/requerido de desempenho em limpeza .
- B. Nível requerido/disponível de manutenção.
- C. Nível requerido/disponível de habilidade/experiência em instalação.

Figura 14.21

As lâminas de ângulo negativo permitem que o material se acumule na ponta inclinada de limpeza, a qual pode forçar a lâmina no contato de limpeza eficaz. No entanto, todos os raspadores de correia, independentemente do ângulo de incidência, estão sujeitos a um serviço de limpeza regular sem acúmulo.



- D. Preço inicial *versus* custo de propriedade.
- E. Registros do fabricante (inclusive habilidades de serviço e garantias de desempenho).

Há uma série de “atalhos” disponíveis para ajudar a combinar um sistema de limpeza e uma aplicação, inclusive sistemas de seleção *on-line* que analisam características de materiais e especificações de transportadores para fornecer uma recomendação de raspadores de correia.

Informações Necessárias para se Especificar um Sistema de Limpeza

Em um trabalho apresentado na Reunião Anual da Sociedade de Mineração, Exploração e Metalurgia (Society for Mining, Metallurgy, and Exploration) de 2004, R. Todd Swinderman listou as informações básicas a serem supridas/analizadas por um cliente final que solicita uma proposta de um sistema de limpeza de correia, e as informações que devem ser fornecidas por um fabricante de sistemas de limpeza em uma proposta ao cliente final.

As solicitações do usuário para a proposta devem incluir:

- Horas de operação do sistema de transporte.
 - Toneladas por hora estimadas do sistema.
 - Porcentagem de tempo do transportador de correia para transporte de materiais enquanto em operação.
 - Marca e descrição da correia: largura da correia, tempo de uso, condições de uso e acompanhamento/manutenção.
 - Velocidade da correia e indicações de ciclo de direção (uma direção ou reversa); se reversa, a porcentagem de uso em cada direção.
 - Temperatura, umidade e outras condições ambientais e operacionais que possam afetar a operação ou vida útil do equipamento de limpeza de correia.
 - Especificações do material de acordo com a Classificação de Padrões de Sólidos a Granel CEMA STANDARD 550 (CEMA STANDARD 550 *Classification of Bulk Solids Standard*)
 - Nível de Limpeza da Correia a ser obtido em gramas por metro quadrado (oz/ft²)
 - Diâmetro da polia e condições, tipo e espessura do revestimento da polia.
- A proposta do fornecedor do equipamento

deve incluir:

- Recomendação do sistema apropriado para atender o nível exigido pelo usuário de desempenho de limpeza.
- Declaração da vida útil média esperada e custo das partes danificadas/avariadas.
- Consideração sobre alterações no desempenho de limpeza em função do tempo, como condições de alteração da correia ou do material a granel.
- Método de teste, equipamento de teste e local de referência usado para medir desempenho; equipamento de teste elaborado para produzir resultados repetidos que representem a largura total de transporte e o comprimento da correia; método de teste e equipamento de teste documentados a fim de que os testes sejam repetidos.
- Instruções de instalação.
- Intervalos e procedimentos de manutenção necessários.
- Garantia de desempenho.
- Termos e condições de pagamento.

Um Raspador Adequado para Todos os Transportadores?

Uma revisão do mercado mostra que há muitos modelos disponíveis para sistemas de limpeza. Isso levanta uma questão: por que a indústria não determinou um modelo que pudesse fornecer resultados aceitáveis em todas as aplicações?

Um engenheiro de uma grande companhia de mineração escreveu em um resumo os diversos raspadores de correias instalados em suas operações:

“Devido à diversidade de materiais com suas propriedades físicas consideravelmente diferentes, bem como às variadas condições ambientais em mineração a céu aberto, não há atualmente um raspador de correia universalmente aplicável que preencha todas as exigências de todas as situações sem problemas.”

Esse autor estava discutindo apenas sobre mineração de lignito a céu aberto de uma companhia na Alemanha. Certamente essa é uma situação desafiadora, mas é apenas um ambiente de uma centena/diversidade de

ambientes que os raspadores de correias estão previstos a enfrentar. O universo de aplicações de raspadores de correia é tão maior – inclusive a grande variedade de materiais, condições e sistemas de transporte – que requer uma série de diferentes escolhas.

O problema é fornecer um sistema de limpeza que seja ajustável à maioria dessas situações. De fato, um dos problemas no desenvolvimento de um sistema de limpeza universal é que cada fabricante de equipamento, cada engenheiro de transportadores e as várias equipes de manutenção de fábrica possuem suas próprias ideias sobre como limpar uma correia de transporte adequadamente. Com tantas variáveis diferentes em aplicação, cada um desses modelos tem um certo nível de sucesso.

Os engenheiros de fábrica ou os operários de manutenção que elaboram e instalam um raspador de correia do seu próprio modelo teriam interrupções todo dia para verificar se está operando corretamente. Prestando muita atenção ao raspador, ajustando periodicamente a tensão lâmina-correia e eliminando qualquer acúmulo de material, o elaborador garantiria que seu desempenho ao menos se equiparasse ao de muitos sistemas de limpeza comerciais atualmente disponíveis. O elemento-chave que permite a esse sistema alcançar um desempenho de limpeza aceitável seria provavelmente o nível elevado de serviço. Independentemente do modelo do raspador de correia, todos os sistemas de limpeza da correia funcionarão de acordo com a manutenção regular prestada.

Sistemas de Limpeza para “Materiais-Problema”

Os sistemas de limpeza de transportadores não deveriam ser elaborados para atender apenas desafios limitados de condições “normais” de operações. Pelo contrário, eles devem ser elaborados para enfrentar as piores aplicações possíveis que possam ser encontradas. Se em 99% do tempo o material transportado está seco, certamente chegará o dia em que o material ficará úmido e pegajoso, e o sistema de limpeza pode não ser adequado para a situação. Esse único evento poderia custar muitas vezes mais do que o que foi “economizado” no projeto para condições “normais” de operação. Com um sistema de

limpeza projetado para “condições-problema”, o sistema superprojetado provavelmente fornecerá o benefício de uso-avaria aprimorado e exigências de serviço reduzidas, quando operado em condições normais. Para “condições-problema”, o sistema de limpeza poderá enfrentar o desafio.

Analisar materiais em sua pior condição de estado requer trabalho, mas qualquer fabricante de sistemas de limpeza da correia sofisticados realizará os testes para entender o comportamento do material e fornecerá o melhor produto para tratar as diferentes condições de operação.

ABORDAGEM DE SISTEMAS PARA LIMPEZA DE CORREIAS

A Necessidade de um Sistema

As inovações em tecnologias de limpeza de correias recomendam que devem ser feitos mais de um teste a fim de remover com segurança e eficácia o material morto. Em um sistema de limpeza, é mais seguro e eficaz aplicar uma série de impactos intermitentes e graves, do que um único golpe com maior pressão e em ângulo agressivo.

Normalmente é mais eficaz instalar um sistema de raspadores múltiplos, composto por um raspador primário e ao menos um raspador secundário (**Figura 14.22**). O raspador primário é instalado na polia motriz usando pressão lâmina-correia baixa para remover a camada superior e a maioria do material morto. Isso permite que o raspador secundário, tensionado a uma pressão de limpeza da correia ideal, realize uma remoção final precisa de resíduos aderentes sem ser sobrecarregado com uma massa de material morto. Aos dois estilos de raspadores atribuem-se diferentes responsabilidades na tarefa de limpar a correia e, portanto, são elaborados e construídos de forma diferente. Muitos transportadores podem ser tratados com o sistema de limpeza dupla (**Figura 14.23**). No entanto, há aplicações que precisarão de raspadores adicionais para alcançar uma remoção máxima de material morto sob todas as condições (**Figura 14.24**).

A frase “sistemas múltiplos de limpeza” pode referir-se a qualquer combinação, abrangendo desde o sistema comumente visto de raspadores primários e raspadores secundários até os

sistemas mais sofisticados, que incluem um ou mais pré-raspadores e um ou mais raspadores secundários e/ou terciários. Um sistema de transporte com uma polia motriz grande permite a instalação de mais de um pré-raspador na posição de raspador primário. Onde for necessário obter uma correia muito limpa, os raspadores primários e secundários podem ser complementados por um sistema de lavagem de correia que incorpore *sprays/jatos* de água e raspadores de correia que “sequem” a correia, como a lâmina de carbetto. (*Consulte o Capítulo 24: Sistemas de Lavagem de Correia.*)

Além de fornecer uma limpeza melhor, um sistema de múltiplos raspadores aumenta o tempo entre as seções necessárias de serviço. Dois raspadores, cada um aplicado a uma determinada pressão lâmina-correia, deve estender mais a vida útil da lâmina do raspador do que um raspador aplicado à alta pressão para fornecer apenas o benefício de limpeza.

Um sistema múltiplo de limpeza bem-sucedido é aquele que serve para a estrutura do transportador, atinge o nível desejado de limpeza e minimiza a necessidade de manutenção.

Raspadores Primários

O raspador primário, algumas vezes chamado de pré-raspador ou lâmina mestra, é instalado na superfície da polia dianteira logo abaixo da trajetória onde o material é descarregado da correia (**Figura 14.25**). Essa posição permite que o material removido da correia caia com a carga principal, conforme ele sai da correia, minimizando qualquer sobrecarga do chute de desvio ou outro comprometimento do sistema.

Os pré-raspadores, com baixa pressão de lâmina, mas ângulo agressivo de incidência, são instalados para raspar pedaços duros na camada de material morto (**Figura 14.26**). Isso limpa a maior parte de material morto e possibilita ao raspador secundário remover o material restante subjacente.

A lâmina do raspador primário deve ser instalada em uma posição de ângulo positivo, inclinada contra o movimento da correia e da polia, geralmente em um ângulo entre 30 e 45° em uma linha tangencial à superfície da correia no ponto de contato.

Mais que bloquear o caminho do material, o raspador primário desvia o material da correia

para que ele possa retornar ao fluxo principal de material, ou abaixar o verso do raspador para a descarga (**Figura 14.27**). Usar esse baixo ângulo de incidência, em combinação com lâminas de pré-raspadores de elastômero aplicadas à pressão leve contra a correia, resulta em baixas taxas de avaria para a lâmina e para a superfície da correia. Se o ângulo de incidência for maior (ou seja, um ângulo zero ou posição negativa), seria necessário mais pressão para manter a lâmina na posição contra o fluxo enorme de material. Ao aumentar a pressão, aumenta-se o risco de dano à correia.



Figura 14.22

Um sistema de raspadores múltiplos, composto por um raspador primário e ao menos um raspador secundário, normalmente é o sistema mais eficaz.



Figura 14.23

Muitos transportadores podem ser satisfatoriamente limpos com um sistema de limpeza dupla.



Figura 14.24

Algumas aplicações precisarão de raspadores de correia adicionais para atingir uma remoção máxima de material de retorno.

Para minimizar o risco à correia, à emenda e ao raspador a partir de uma lâmina levemente tensionada mantida em uma posição de ângulo positivo, os pré-raspadores normalmente usam lâminas de elastômero resiliente, como poliuretano ou borracha, em vez de metal. Uma pressão lâmina-correia de aproximadamente 14 kPa (2 lbf / in.²) combina desempenho de limpeza com segurança à correia. Essa baixa pressão lâmina-correia significa que o sistema será capaz de aliviar – ou seja, afastar a lâmina da correia – quando uma obstrução como uma emenda mecânica passar pela ponta de limpeza, reduzindo, portanto,

o risco de dano. Aplicada adequadamente, a pressão de limpeza melhora a vida útil da lâmina e reduz a avaria da correia. Uma pressão muito pequena permite que o material deslize entre a lâmina e a correia, onde ele pode ser preso e causar avarias a ambos. Uma pressão muito grande acelera a avaria e aumenta a energia necessária para mover a correia.

A fim de alcançar um nível aceitável de limpeza com apenas um único pré-raspador (não auxiliado por qualquer raspador secundário ou adicional), geralmente seria necessário tensionar a lâmina contra a correia com pressão lâmina-correia maior do que seria recomendado para a preservação da vida útil da correia.

As características do raspador primário incluem área de avaria, limpeza em ângulo constante e limpeza em área constante.

Área de Avaria

Uma propriedade que deve ser definida em qualquer pré-raspador é a quantidade de material da lâmina que pode ser avariada pela correia. Isso é chamado de área de avaria. Essa área pode ser encontrada desenhando a lâmina e a polia motriz em um *software* de *layout*/esboço. A distância de acúmulo, o centro da rotação da lâmina e o diâmetro da polia motriz devem ser baseados nas especificações do fabricante. A lâmina é girada na polia motriz para uma vida útil de 100% e na área de interferência calculada (**Figura 14.28**). Essa área de avaria considera a comparação dos modelos de lâminas, pois a vida útil da lâmina não depende da cobertura da correia nem das larguras de cada lâmina.

Limpeza de Ângulo Constante

Para superar o problema da variação do ângulo da lâmina de acordo com sua avaria, um raspador de correia radialmente ajustado pode incorporar uma lâmina especificamente projetada curva. Esse desenho/ ângulo foi denominado “CARP” (Constant Angle Radial Pressure, ou Pressão Radial de Ângulo Constante). Com um desenho de lâmina tipo “CARP”, o ângulo de limpeza permanece igual por toda a vida útil da lâmina. Esse desenho de “ângulo constante” possui a vantagem evidente de manter a eficiência do raspador durante toda a vida útil da lâmina.

Figura 14.25

O raspador primário, algumas vezes chamado de pré-raspador ou lâmina mestra, é instalado na frente da polia motriz, logo abaixo da trajetória do material sendo descarregado da correia.

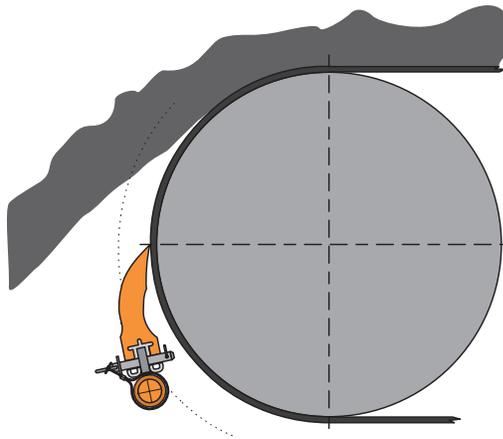


Figura 14.26

Pré-raspadores, com um ângulo agressivo de incidência, mas baixa pressão de lâmina, raspam a superfície da camada de material morto.



Figura 14.27

Em vez de bloquear o caminho do material, um pré-raspador desvia o material da correia para retornar ao fluxo do material.



Limpeza de Área Constante

Muitas lâminas de raspadores novos são desenhadas com uma ponta que tem uma pequena área de contato com a correia. Essa ponta permite que a lâmina se desgaste rapidamente, para alcançar um bom encaixe/contato com a correia, independentemente do diâmetro da polia motriz.

Conforme as lâminas do raspador se desgastam, a área superficial de toque entre a lâmina e a correia aumenta. Isso causa uma redução na pressão lâmina-correia e uma queda correspondente na eficiência do raspador. Portanto, o tensionamento do sistema requer ajustes (retensionamento) para fornecer a pressão adicional para um desempenho de limpeza compatível. Seria melhor elaborar raspadores que não sofressem esse aumento gradual da área lâmina-correia (**Figura 14.29**). Quando combinado com o desenho da roldana, o princípio CARP descrito se mostra capaz de minimizar a alteração na área durante toda a vida útil da lâmina.

Raspadores Secundários

Os raspadores secundários são definidos como qualquer raspador localizado na posição secundária no ciclo de retorno da correia (**Figura 14.30**). A posição secundária é a área imediatamente anterior ao ponto onde a correia toca a polia traseira. Esse local ainda está dentro da descarga ou do chute de desvio, permitindo que o material de retorno removido volte ao fluxo principal de material pela gravidade.

Como o pré-raspador realiza a limpeza dura inicial, o raspador secundário é designado a realizar uma limpeza fina do material que passa pelo raspador primário. Podem ser necessários mais que um raspador secundário para atingir o nível desejado de limpeza.

O posicionamento do(s) raspador(es) adicional(is) é importante. Quanto mais próximo do ponto de descarga do transportador a remoção do material de retorno é feita, menor é o problema de acúmulo de pedaços no chute de desvio. Em uma correia com emenda vulcanizada, o melhor local para um raspador adicional é colocá-lo em contato com a correia, enquanto ela ainda está contra a polia motriz (**Figura 14.31**). Isso permite que o raspador secundário raspe em uma superfície firme para uma remoção de material mais eficaz.

Se os membros estruturais do transportador, as limitações de espaço ou emendas mecânicas fracas impedem a instalação de um raspador na posição preferencial, os raspadores secundários devem ser colocados onde o material retornará para o fluxo de material, ou seja, onde o material retirado cairá do chute. Mas, se o raspador secundário for instalado em uma posição em que sua pressão contra a correia mude a linha de trajeto da correia, o desempenho de limpeza será menos eficaz (**Figura 14.32**). Nesse caso, aumentar a pressão aplicada serve apenas para desregular mais a linha da correia, sem melhorar o desempenho da limpeza. Rolamentos de retenção ou outros componentes devem ser instalados para manter a linha da correia estável.

O ângulo de incidência da lâmina do raspador secundário com a correia é uma consideração importante. Lâminas com pontas de metal ou cerâmica em uma posição de ângulo positivo são finamente afiadas em

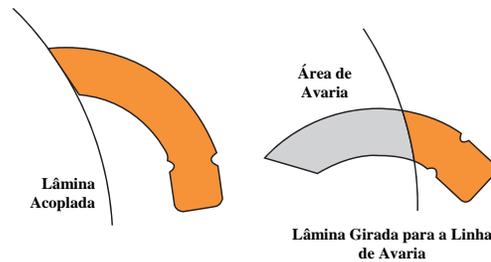


Figura 14.28

A área de avaria de uma lâmina de elastômero do pré-raspador é um indicador da vida útil da lâmina.

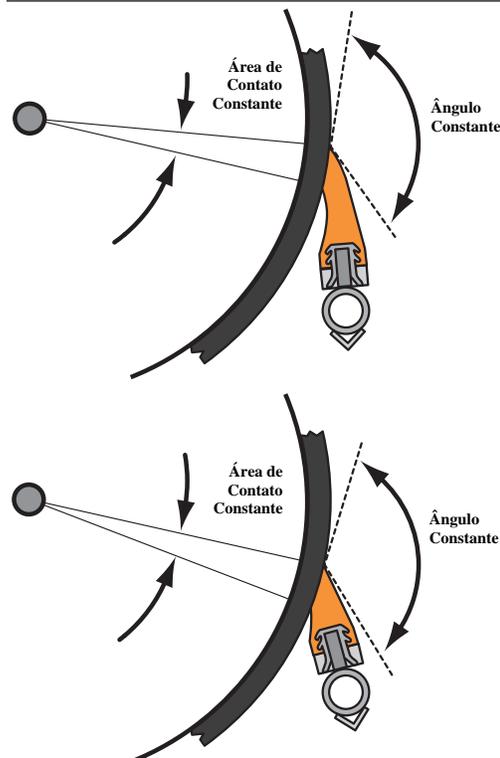


Figura 14.29

A lâmina da Pressão Radial de Ângulo Constante (CARP) é projetada para poupar o ângulo de limpeza durante todos os estágios de sua vida útil. Como as lâminas dos raspadores se desgastam, a área superficial de toque entre a lâmina e a correia deve permanecer constante.

pouco tempo pelo movimento da correia. Essas lâminas afiadas aumentam o risco de que um ajuste feito por um operador despreparado possa resultar em muita pressão ou em um ângulo incorreto aplicado ao raspador, para retirar rapidamente obstruções da correia, como emendas mecânicas. O resultado pode danificar a correia, a emenda ou o próprio raspador. Conseqüentemente, quando surgem obstruções ou emendas mecânicas, é recomendado que as lâminas secundárias sejam inclinadas na direção do trajeto da correia - um ângulo negativo -, em vez de colocá-las contra a correia em uma posição de ângulo positivo. Testes indicaram

que um ângulo de 7 a 15° na direção do trajeto da correia mantém a eficiência de limpeza e permite uma passagem mais fácil de obstruções (**Figura 14.33**).

Uma correia em movimento não apresenta uma superfície uniforme e consistente. Lâminas estreitas independentes que estejam suspensas apresentam o melhor potencial para permanecer em contato preciso, conforme a superfície em alteração da correia passa pela margem de limpeza. Também é produtivo se essas lâminas puderem fixar ou balançar de lado a lado para ajustar imediatamente aos contornos em alteração da superfície da correia. Pesquisas indicam que um raspador formado a partir de uma linha de lâminas individuais e independentes a cada 75 a 200 milímetros de distância (3 a 8 in.) é bem adequado para uma limpeza secundária eficaz.

O estudo da Agência de Mineração (Bureau of Mines), *Basic Parameters of Conveyor Belt Cleaning*, aponta que a avaria inicial da lâmina ocorre nos limites onde as lâminas individuais se encontram (*Referência 14.2*). Os testes mostraram que o material passaria pelos espaços entre as lâminas adjacentes e alargaria lentamente esses espaços. Essa abertura, por sua vez, acelerou o desgaste da lâmina e permitiu a passagem de mais material. Para minimizar esse dano erosivo, pode ser usado um padrão de lâmina de cobertura completa, gerado por um padrão alternante de braço curto e braço longo (**Figura 14.34**). Isso impede “tiras” de material de retorno embaixo da correia, criadas por espaços entre as lâminas. Alternadamente, podem ser instalados dois raspadores com lâminas, alinhados com os espaços compensados.

As próprias lâminas de raspadores secundários podem ser de um material duro - carbeto de tungstênio ou cerâmica, por exemplo - que resista ao acúmulo de calor retido/estancado pela fricção contra a superfície da correia. Algumas operações preferem evitar a aplicação de uma lâmina de metal contra a correia; logo, foi desenvolvida uma variedade de fórmulas de poliuretano para raspadores secundários.

Um modelo de raspador secundário aplica a resiliência natural ou a mola da borracha usada, do elastômero usado nas lâminas para reduzir a necessidade de ajustes do raspador. Essas

Figura 14.30

Raspadores secundários são definidos como qualquer raspador localizado na área anterior ao ponto em que a correia deixa o contato com a polia motriz até a área anterior ao contato da correia com a polia traseira.

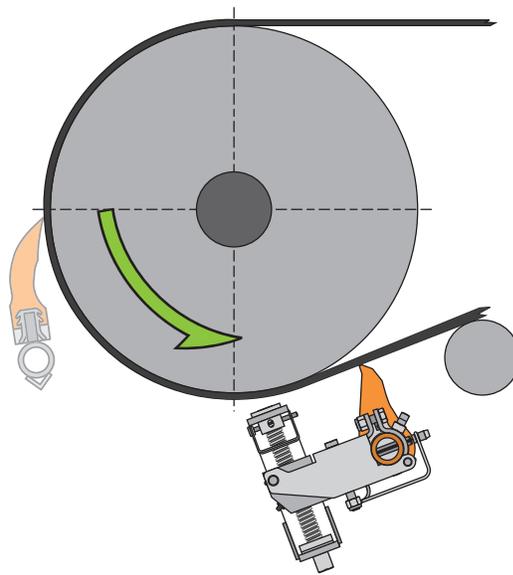


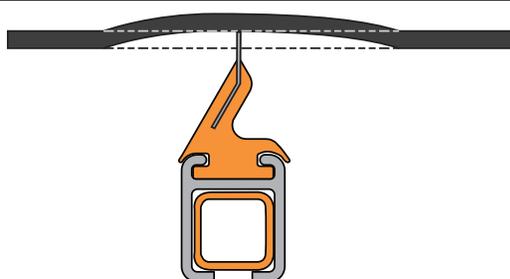
Figura 14.31

A melhor localização para um raspador secundário é colocá-lo em contato com a correia enquanto ela ainda está contra a polia motriz, permitindo que ele raspe uma superfície firme.



Figura 14.32

O desempenho de limpeza será menos eficaz se um raspador secundário estiver instalado em uma posição em que sua pressão altere o trajeto da linha da correia.



lâminas de poliuretano são forçadas contra a correia, para que elas “se curvem” na direção do trajeto da correia (**Figura 14.35**). Durante o tempo, a resiliência da lâmina continua empurrando a ponta da lâmina contra a correia, mesmo que a lâmina esteja sendo desgastada pelo movimento da correia e dos materiais. Isso faz as lâminas se ajustarem e, logo, reduzem a necessidade de serviço de manutenção para ajustes (**Figura 14.36**).

Raspadores Terciários

Os raspadores terciários às vezes são aplicados para limpeza final. A localização terciária para raspadores normalmente é considerada como a área após a polia traseira e fora do chute de descarga (**Figura 14.37**). Essa localização é externa à área que permite um retorno fácil do material ao fluxo principal de material, que requer o uso de um chute auxiliar ou um transportador tipo scavenger. Pode haver múltiplos raspadores aplicados a esse local para que se atinjam os resultados necessários pela operação (**Figura 14.38**).

O raspador terciário normalmente é usado para limpar a água e pequenas partículas que passam em torno ou entre as lâminas dos raspadores secundários. Raspadores especiais e caixas de lavagem ou raspadores secundários adicionais normalmente são localizados na posição terciária (**Figura 14.39**). Essas lâminas são utilizadas para tirar umidade – a partir do material ou aplicadas durante a limpeza da correia – são geralmente instaladas na posição terciária (**Figura 14.40**).

Um problema que pode ser identificado com um raspador terciário é o acúmulo de calor. Se a correia está limpa ou seca antes de alcançar o raspador terciário, a(s) lâmina(s) no raspador terciário pode(m) acumular calor, permitindo que o material na lâmina ou no retensor quebre ou danifique a superfície da correia. O sistema de limpeza múltipla deve ser verificado cuidadosamente para eliminar essa possibilidade. O uso de um jato de água fino para lubrificar a correia e reduzir a força do material de retorno é muito eficaz no aumento da eficácia dos raspadores terciários e nos intervalos de manutenção. (*Consultar Capítulo 24: Sistemas de Lavagem de Correia.*)



Figura 14.33

Um ângulo de 7 a 15° na direção do trajeto da correia mantém a eficácia da limpeza, enquanto permite a passagem mais fácil de obstruções.



Figura 14.34

Para evitar “listras” de material de retorno geradas por espaços entre as lâminas, pode ser usado um padrão de lâmina de cobertura total, criado por um padrão alternante de braço curto e braço longo.



Figura 14.35

Esse raspador incorpora lâminas de poliuretano que são forçadas contra a correia, para que elas “se curvem” na direção do trajeto da correia.

Figura 14.36

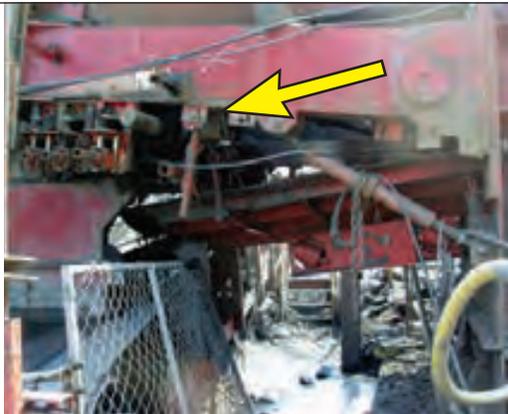
Ao longo do tempo, a resiliência da lâmina de poliuretano continua empurrando a ponta da lâmina contra a correia, mesmo que a lâmina esteja sendo avariada pelo movimento da correia, ocasionando um autoajuste na lâmina.

**Figura 14.37**

A localização dos raspadores terciários deve ser na área após a polia traseira e fora do chute de descarga.

**Figura 14.38**

Pode haver raspadores múltiplos instalados fora da área que permite o fácil retorno do material ao fluxo principal de material, o que requer o uso de um chute auxiliar ou um transportador tipo "scavenger".

**Figura 14.39**

Os raspadores especiais e os sistemas de lavagem de correia são localizados normalmente na posição terciária.



Combinando o Raspador e a Aplicação

A modernização crescente dos modelos de raspadores de correias tem permitido o desenvolvimento de sistemas de limpeza que atendam às necessidades de aplicações especial ou específica. Esses modelos alternativos incluem materiais especializados para construção de raspadores, como uretanos, elaborados para condições de alta temperatura, alta umidade ou alta abrasividade. Além disso, há uma variedade de sistemas de limpeza projetados para atender tarefas especiais, variando desde transportadores de produtos alimentícios de demanda simples até aplicações em minas de demanda árdua.

Raspadores de Correias para Mineração

Os grandes volumes de materiais, velocidade rápida, correias largas e polias de diâmetro largo vistos em várias operações de mineração levantam questões especiais para sistemas de limpeza. A remoção de capeamento estéril em algumas minas de lignito da Alemanha conta com correias transportadoras de até 3.200 milímetros (126 in.) de largura, operando a velocidades de 10,5 metros por segundo (2.067 ft/min). Para lidar com essas condições abusivas, têm-se desenvolvido sistemas de limpeza de correias para mineração de demanda extra pesada (**Figura 14.41**). Esses sistemas são marcados por estruturas centrais massivas que lidam com peças grandes e alto volume de material; lâminas massivas que fornecem vida útil estendida e sistemas de tensionamento duráveis que reduzem a necessidade de manutenção do sistema, (**Figura 14.42**).

A alta velocidade desses transportadores dificulta o uso eficaz de raspadores secundários. As velocidades altas de operação e a alta vibração resultante dessas correias, somadas à alta pressão lâmina-correia típica de um raspador secundário, produzem desgaste elevado e risco adicional à correia e ao raspador. Como resultado, essas aplicações podem apresentar dois pré-raspadores na polia motriz; as polias normalmente são grandes o bastante para permitir essa prática (**Figura 14.43**).

Quebrador de Crosta

Em aplicações como o tratamento de minérios de cobre quebrados e outras minas de rochas robustas ou no transporte de capeamento estéril na mineração de lignito, partículas úmidas de materiais podem se desprender no fundo da carga transportada e prender na correia com tal força de aderência que esse material não sairá do transportador na descarga. Pelo contrário, esse material pastoso aderirá à correia conforme passar pela polia, em uma camada de 75 a 100 milímetros (3 a 4 in.) ou mais grossa. Essa crosta de material pode subjugar/devastar rapidamente um sistema de limpeza convencional, ocasionando um desempenho de limpeza fraco e diminuindo a vida útil do raspador e os riscos de produtividade de todo o sistema de tratamento de material.

Para superar esse problema, algumas operações instalam um “quebrador de crosta”. Esse recurso de limpeza é instalado na polia motriz logo abaixo da trajetória do material. Ele serve como uma lâmina dosadora para limitar a quantidade de material que passa pelo pré-raspador convencional instalado logo abaixo (Figura 14.44). Fabricado a partir de placas de metal cobertas com cerâmica, o recurso de limpeza do demolidor de crosta é instalado a fim de que fique próximo, mas não toque a correia. Dessa forma, ele reduz a quantidade de material que alcança o pré-raspador e que pode passar pelo raspador primário e danificar (ou sobrecarregar) o raspador secundário. Com o “quebrador de crosta” instalado antes do pré-raspador do transportador, os raspadores convencionais podem fornecer uma limpeza melhor e uma vida útil mais longa.

Raspadores para Correias Reversíveis

Alguns transportadores operam em duas direções ou possuem uma rolagem contrária substancial; assim, é crítico que os raspadores instalados nesses sistemas operem bem nas direções de operações ou ao menos não sejam danificados pelo ciclo de retorno da correia. Têm-se desenvolvido raspadores especializados para correias reversíveis (Figura 14.45). Esses raspadores normalmente são instalados perpendicularmente à correia e depois são tensionados verticalmente na superfície da correia. Geralmente, os raspadores são elaborados com uma lâmina que é capaz



Figura 14.40

Lâminas menos duras, geralmente utilizadas na posição terciária, removem a umidade da correia.



Figura 14.41

Para lidar com as condições abusivas, têm-se desenvolvido sistemas para mineração de demanda extrapesada.



Figura 14.42

Os raspadores de correias para mineração são marcados por estruturas centrais pesadas e lâminas massivas para fornecer vida útil estendida e sistemas de tensionamento duráveis.

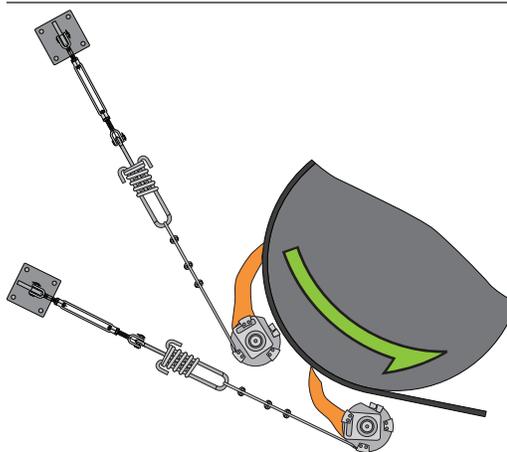


Figura 14.43

Para evitar o uso de raspadores secundários em correias de alta velocidade/alta vibração, algumas operações podem usar dois pré-raspadores nas polias frontais maiores.

Figura 14.44

Um quebrador de crosta serve como lâmina dosadora para limitar a quantidade de material que passa pelo pré-raspador convencional instalado logo abaixo.

**Figura 14.45**

Têm-se desenvolvido raspadores especializados em correias reversíveis para transportadores que operem em duas direções ou tenham uma rolagem contrária substancial.

**Figura 14.46**

Normalmente, raspadores de correias reversíveis são projetados com uma lâmina que é instalada perpendicularmente à correia, capaz de mudar ligeiramente de direção - 7 a 15° - nas duas direções de movimento da correia.

**Figura 14.47**

Seu tensionamento e sua instalação vertical permitem que os raspadores reversíveis sejam instalados na correia em espaços estreitos, onde não cabem raspadores secundários com um desenho de braço estático.



de mudar ligeiramente a direção - 7 a 15° - nas duas direções de movimento da correia (**Figura 14.46**).

Evidentemente, os raspadores reversíveis poderiam ser instalados em correias de uma direção. A vantagem dos raspadores de correia reversíveis que incentivam seu uso em correias não reversíveis é seu tensionamento e sua instalação vertical. Essa característica permite que o raspador reversível seja instalado em espaços estreitos onde não cabem raspadores secundários com um desenho de braço estático (**Figura 14.47**).

Sistemas de Limpeza para Produtos Alimentícios

Alguns sistemas de limpeza são projetados especialmente para as polias menores e velocidades de correia mais lentas, comuns para fábricas de processamento de alimento. Construídos para materiais de indústria alimentícia e capazes de lidar com o ciclo de lavagem frequente da operação e com produtos químicos de limpeza, esses sistemas são ideais para aplicações em processamento de alimento (**Figura 14.48**).

Raspadores para Correias com Ondulações

Correias com ondulações, obstáculos ou calços são usadas para transportar materiais que escorregariam com o movimento da carga em uma inclinação. Esses elementos aumentados levantam problemas quando tentam remover material morto. São necessários raspadores de correia que usam lâminas com “dedos”, feitos para percorrer as obstruções, para limpeza das correias tipo chevron (**Figura 14.49**). Esse modelo pode limpar com eficácia obstruções, ondulações e calços de até 20 milímetros de altura (0,75 in.). (**Figura 14.50**).

Raspadores para Correias Portáteis

Correias com obstruções muito profundas e/ou materiais aderentes para tratamento de laterais são difíceis de limpar. A forma mais comum de raspar essas correias é causar impacto com um vibrador linear ou girar com um raspador tipo bateador, onde a correia é elevada e é horizontal no ciclo de retorno. Esses sistemas requerem manutenção frequente e não são completamente eficazes.

Raspadores de Polias

É possível que o material fugitivo caia no lado limpo da correia durante o ciclo de retorno e, então, acumule-se nas polias frontais ou traseiras do transportador. Para manter o funcionamento da correia em ordem, é necessário, então, instalar componentes de limpeza de polias. Para limpar o material aderente de uma polia, um raspador com lâmina de elastômero é colocado ligeiramente abaixo da linha horizontal da polia, no lado da polia contrário ao lado da correia (**Figura 14.51**). Isso permitirá que o material removido caia em uma área acessível para remoção.

Escovas Rotativas

Sistemas de limpeza compostos por uma escova rotativa aplicada contra a correia podem ser usados com eficácia em materiais secos (**Figura 14.52**). Esses sistemas podem ter rotação livre (com direção alterada pelo movimento da correia), mas eles são mais eficazes quando conduzidos por um motor elétrico. As escovas rotativas muitas vezes encontram problemas com materiais úmidos e aderentes que acumulam nas farpas da escova (**Figura 13.53**). Um pente ou uma barra de contato podem ser instalados para auxiliar na limpeza do acúmulo nas farpas.

Raspadores Pneumáticos (Lâminas de Ar)

Um sistema de Limpeza da Correia com lâminas de ar direciona um conjunto de ar pressurizado produzido por ventilação ou comprimido para eliminar o material morto (**Figura 14.54**). Raspadores com lâminas de ar podem ser colocados em posição primária, secundária ou terciária. Esses raspadores são interessantes porque eles não entram em contato com a correia.

Um sistema de lâminas de ar pode ser eficaz para remover materiais secos e às vezes é usado sobre materiais muito molhados, com pouca aderência em aplicações como unidades de limpeza de carvão. Quando usados sobre materiais secos, como alumínio, esses sistemas são parte de uma estação de absorção de pó, com a varredura do pó pelas lâminas de ar para dentro de um coletor de pó. Sistemas de lâminas de ar podem ser usados para secar correias que tenham sido molhadas pela unidade de materiais ou pela água adicionada



Figura 14.48

Elaborados para tamanhos de polias e velocidades de correia típicos de indústria alimentícia, os raspadores de correias para produtos alimentícios são ideais para aplicações em processamento de alimento.



Figura 14.49

São necessários raspadores de correia que usam lâminas com "dedos", feitos para percorrer as obstruções, para limpeza das correias tipo chevron.

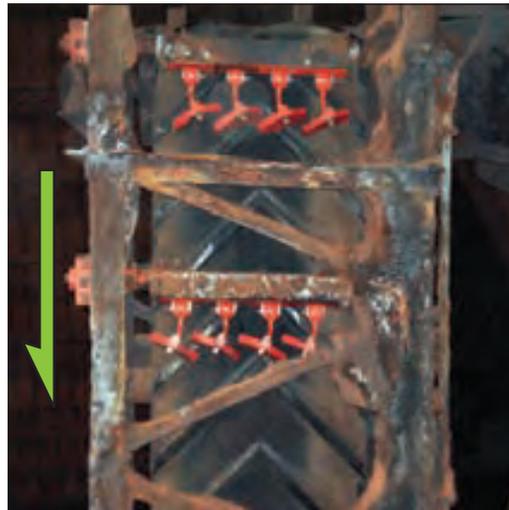


Figura 14.50

Os "dedos" permitem que as lâminas do raspador limpem com eficácia obstruções, ondulações e calços. Obs.: foto tirada debaixo do transportador.



Figura 14.51

Para limpar o material morto de uma polia, um raspador com lâmina de elastômero é colocado ligeiramente abaixo da linha horizontal da polia, no lado da polia contrário ao lado da correia.

para melhorar a eficácia da limpeza, como em um sistema de caixas de lavagem. (Consulte o Capítulo 24: *Sistemas de Lavagem de Correia, para uma discussão mais detalhada sobre sistemas de caixas de lavagem.*)

As desvantagens dos sistemas de lâminas de ar incluem o gasto contínuo de fornecimento de ar para a lâmina e problemas com a ligação da(s) saída(s) de ar. Em materiais secos, eles

Figura 14.52

Sistemas de limpeza compostos por uma escova rotativa aplicada contra a correia podem ser usados com eficácia em materiais secos.



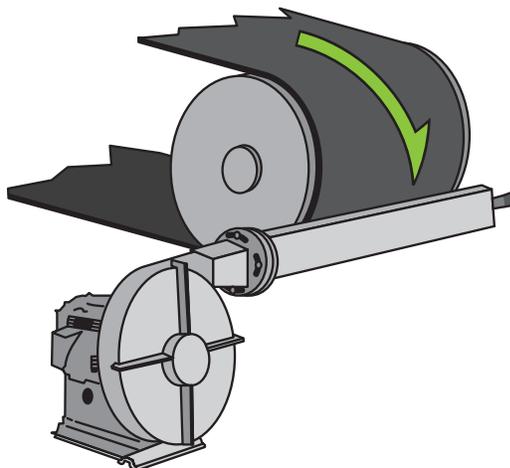
Figura 14.53

As escovas rotativas muitas vezes encontram problemas com materiais úmidos e aderentes acumulados nas farpas da escova.



Figura 14.54

Um sistema de limpeza da correia com lâminas de ar direciona um conjunto de ar pressurizado, produzido por ventilação ou comprimido para eliminar o material de retorno.



podem gerar pó adicional no ar. Com materiais molhados, o líquido espalhado pode se acumular nas laterais do chute.

O Uso de Água na Limpeza da Correia

Em muitas aplicações, o aumento no nível de umidade do material de retorno está diretamente relacionado ao maior grau de aderência à correia, o que aumenta a dificuldade de tratar e remover o material. Esse efeito é visto com aumento no teor de umidade até um nível específico – característico para cada material –, até haver perda de aderência. Portanto, o uso de água é uma grande vantagem na limpeza de correias transportadoras que comportam quase todo o tipo de material.

O uso de uma simples barra de jato logo atrás do raspador primário ou na frente do raspador secundário melhorará em muito o processo de limpeza (**Figura 14.55**). Uma pequena quantidade de água espalhada contra a correia, imediatamente após o pré-raspador mirar o lado contrário da lâmina, funcionará como agente de liberação, umedecendo a correia e o material, e reduzindo a adesão na maioria das superfícies. Ela também serve como refrigerador para as lâminas do raspador secundário, para impedir o acúmulo do material. Como vantagem, a vida útil das lâminas de limpeza pode ser estendida pela ação lubrificante da água.

Em correias que podem operar vazias por longos períodos de tempo, as lâminas dos raspadores de correia gerarão calor devido à fricção entre a superfície da correia e a ponta da lâmina. Quanto mais rápida a velocidade da correia, mais rápido o calor é gerado. O uso de jatos de água para lubrificar a correia eliminará esse problema, reduzindo a fricção e refrigerando a lâmina.

Essas barras de jatos não precisam aplicar muito mais que uma névoa úmida sobre a superfície da correia. Qualquer excesso de água deixado sobre a correia, depois dos raspadores secundários, será removido pelo uso de uma lâmina de poliuretano leve para remoção da água, como um sistema de limpeza terciário (**Figura 14.56**).

Os resultados obtidos pela aplicação correta de água nos sistemas de limpeza da correia mais que justificam suas considerações na maioria

das operações de tratamento de materiais. Em um trabalho apresentado na Conferência Internacional de Engenharia de Carvão, em 1990 na Austrália, J.H. Planner relatou que adicionar um jato de água a vários sistemas de limpeza convencionais aumenta a eficácia da limpeza em uma faixa de 85 a 95%. (*Referência 14.3*) (*Consultar o Capítulo 24: Sistemas de Lavagem de Correia.*)

PRESSÃO LÂMINA-CORREIA

Pressão de Limpeza Ideal

Um fator-chave no desempenho de qualquer sistema de limpeza é a capacidade de sustentar a força necessária para manter a lâmina de limpeza contra a correia. A pressão lâmina-correia deve ser controlada para atingir uma limpeza ideal com uma taxa mínima de avaria da lâmina.

Há uma má interpretação popular de que, quanto mais forte o raspador for tensionado contra a correia, melhor será a limpeza. Pesquisas têm demonstrado que isso não é verdadeiro. Um estudo de 1989, do Centro de Pesquisa Twin Cities da Agência de Mineração Americana, examinou a questão de otimizar a pressão lâmina-correia para proporcionar um nível maior de limpeza sem aumentar a avaria da lâmina, a danificação da correia e/ou os requisitos de potência do transportador. Essa pesquisa está publicada na *Basic Parameters of Conveyor Belt Cleaning* (*Referência 14.2*). O estudo avaliou a eficácia de limpeza e as características de avaria de várias lâminas de aço, mantendo-as perpendiculares contra a correia em operação, com quantidades controladas de pressão, para remover uma mistura úmida de areia/limo. O estudo descobriu que tanto a quantidade de material morto quanto a avaria da lâmina diminuem conforme a pressão da lâmina é aumentada, até uma pressão de lâmina ideal. O estudo determinou essa pressão lâmina-correia secundária ideal em 76 a 97 kPa (11-14 lbf/in.²) de pressão lâmina-correia (**Figura 14.57**). Aumentar a pressão da lâmina além dessa faixa aumenta a fricção lâmina-correia, reduzindo, portanto, a vida útil da lâmina, aumentando a avaria da correia e aumentando o consumo de potência, sem melhorar o desempenho de limpeza. Uma lâmina superpressionada apresenta, normalmente, desgaste acelerado, mas nivelado, descoloração ou marcas de “queimado” e partículas da superfície da correia

no material de retorno queimado na lâmina.

Operar um raspador de correia abaixo dessa pressão ideal proporciona uma limpeza menos eficaz e também pode causar desgaste rápido da lâmina. Um raspador que toca a correia ligeiramente pode aparentar estar em operação de uma certa distância; na realidade, o material está sendo forçado entre a lâmina e a correia em alta velocidade. Essa passagem de material entre a correia e a lâmina cria canais de desgaste desnivelados sobre a parte frontal da lâmina. Conforme o material continua passando entre a correia e a lâmina, esses canais aumentam de tamanho, danificando rapidamente a lâmina. Uma lâmina que foi pouco tensionada normalmente apresentará uma ponta danificada com pontos de desgaste sobre a superfície de contato da lâmina.

O estudo da Agência de Mineração também relatou que a eficácia de limpeza diminuiu em função do tempo, devido ao desgaste desnivelado da lâmina. Fendas marcadas na frente da lâmina permitem a passagem de material de retorno que não pode ser eliminado pelo aumento da pressão de contato lâmina-correia. O relato observa: “Uma vez que a superfície da lâmina do raspador é danificada, nenhum nível imaginável de pressão lâmina-correia permitirá que a lâmina se readeque à superfície da correia para uma limpeza apropriada”.



Figura 14.55

O uso de uma simples barra de jato logo atrás do raspador primário ou na frente do raspador secundário melhorará o processo de limpeza.



Figura 14.56

Qualquer excesso de água deixado sobre a correia depois dos raspadores secundários pode ser removido pelo uso de uma lâmina de poliuretano leve para remoção da água, como um sistema de limpeza terciário.

Componentes/Sistemas de Tensionamento

A pressão de limpeza lâmina-correia é mantida por um componente de tensionamento. Essas roldanas abrangem, em termos de sofisticação, desde contrapesos de bloco de concreto e colares de fixação até acopladores de armazenamento por torque e sistemas projetados de espirais de ar chumbados no suprimento de ar comprimido da fábrica (**Figura 14.58**). O motivo de escolher uma roldana específica depende da especificação do transportador, bem como das preferências da fábrica.

Todos os sistemas de tensionamento devem ser elaborados para permitir que as lâminas de limpeza se afastem da correia, a fim de

permitir a passagem de emendas mecânicas e outras obstruções. Os tensionadores devem ser autocontrolados para minimizar o risco de ferimento à equipe ou dano ao equipamento caso as lâminas sejam “projetadas” pelas obstruções ou pelos buracos na correia (**Figura 14.59**).

Um componente de tensionamento deve ser elaborado para ser compatível com o raspador, a fim de fornecer uma pressão lâmina-correia adequada durante toda a vida útil da lâmina. Quando for necessário o ajuste do raspador e seu retensionamento, o tensionador deve permitir a realização dessa manutenção de forma simples, sem necessidade de ferramentas ou mais que um operador para o serviço.

Alguns raspadores usam a resiliência de uma lâmina de poliuretano, quando comprimida e travada na posição, para suprir a pressão de limpeza (**Figura 14.60**). Quando instaladas, essas lâminas mudam de direção pela força contra a correia. Como a lâmina é avariada, ela fica “mais alta” ao manter a pressão de limpeza. Como a própria lâmina proporciona a pressão de limpeza e a capacidade de absorção de choque, o raspador não precisa de um tensionador convencional. Em vez disso, o encaixe da lâmina é forçado contra a correia, e o trilho central é travado na posição, apertando levemente as lâminas para estabelecer a pressão inicial lâmina-correia.

Ajuste Linear ou Radial

Existem teorias concorrentes para ajuste de raspadores de correia. Há raspadores de ajuste linear que são empurrados/alinhados contra a correia e raspadores de ajuste radial que são instalados com um estrutura central, como um eixo e girados para a posição (**Figura 14.61**).

Raspadores de ajuste radial possuem várias vantagens práticas sobre o modelo linear. Eles são mais fáceis para instalar, podem ser ajustados de um só lado da correia e podem girar mais rapidamente em torno da correia para absorver o choque inerente na movimentação da correia e na passagem de emendas.

Raspadores de ajuste linear geralmente requerem acesso de ambos os lados, para proporcionar um ajuste nivelado (**Figura 14.62**). Por isso, os tensionadores para esses raspadores muitas vezes têm uma forma de

14

Figura 14.57

O estudo descobriu que tanto a quantidade de material de retorno quanto a avaria da lâmina diminuem conforme a pressão da lâmina é aumentada, até uma pressão de contato lâmina-correia ideal de 76 a 97 kPa (11-14 lbf / in.²).

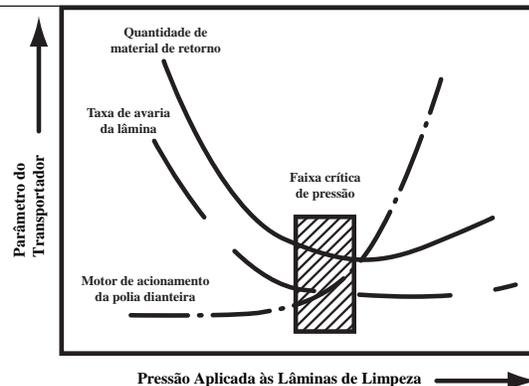


Figura 14.58

Os sistemas mais sofisticados de tensionamento incluem sistemas de tensionamento a ar chumbados na estação de ar comprimido da fábrica.



Figura 14.59

Os sistemas de tensionamento devem permitir que as lâminas de limpeza se afastem da correia, a fim de permitir a passagem de emendas mecânicas e outras obstruções.



ajuste de potência, como uma bolsa de ar, que pode ser controlada remotamente/a distância. Os tensionadores lineares mantêm um ângulo de limpeza constante, conforme a lâmina se desgasta, e podem ser projetadas para considerar uma retirada/extração fácil do raspador para manutenção, sem remover a roldana.

Além disso, alguns sistemas híbridos incorporam o tensionamento vertical com um mecanismo de atenuação radial (**Figura 14.63**).

Manter o ângulo das lâminas contra a correia é importante para garantir uma limpeza eficaz. Se o ângulo de contato é alterado pelo desgaste da lâmina, o desempenho do raspador é “reduzido” da mesma forma. Um raspador de correia bem projetado deve controlar o ângulo de limpeza acerca da sua vida útil.

INSTALAÇÃO DO RASPADOR

Um aspecto crítico no desempenho do sistema de limpeza da correia é sua instalação. A instalação inadequada apresentará um efeito adverso sobre o desempenho do raspador; ela reduzirá a vida útil da lâmina e a eficácia do raspador. As instruções de instalação do fabricante devem ser rigorosamente seguidas.

As considerações que afetam a posição de instalação de um raspador de correia incluem:

- A. Modelo de limpador.
- B. Tensionadores e requisitos de montagem.
- C. Soldagem ou fixação do raspador em seu lugar.
- D. Instalação em parede de chute ou suspensão para molas.
- E. Posição dos condutores, rolamentos e vigas do transportador.

Independentemente da marca do raspador de correia, o fator crucial na instalação do raspador é que a estrutura de suporte do raspador seja instalada a uma distância correta da superfície da correia. Colocar o raspador a uma distância adequada da correia ajuda a evitar problemas de “recuperação”, quando a correia puxa o limpador por todo o trajeto em uma posição



Figura 14.60

Alguns raspadores usam a resiliência de uma lâmina de poliuretano para suprir a pressão de limpeza.

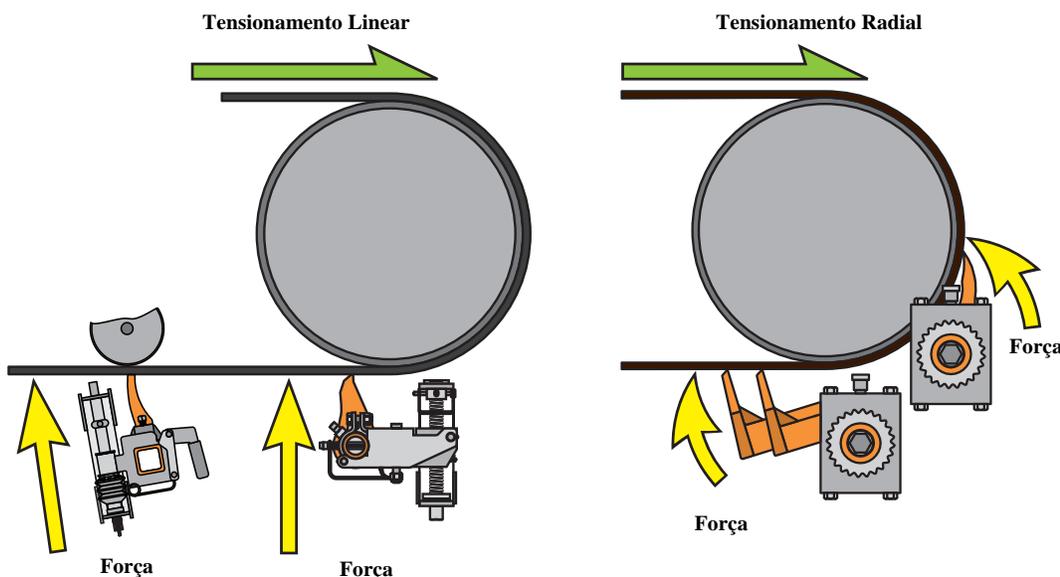


Figura 14.61

Raspadores de ajuste linear são empurrados/ alinhados contra a correia; raspadores de ajuste radial são girados para a posição com uma estrutura central como eixo.

invertida, que resulta geralmente em uma estrutura curvada (**Figura 14.64**). Manter a dimensão adequada mantém a lâmina no ângulo correto de incidência contra a correia, para uma melhor limpeza, desgaste aceitável da lâmina e longa duração. A distância correta vai diferir de raspador para raspador.

É altamente recomendado que o fabricante instale e faça a manutenção dos raspadores em aplicações novas e reutilizadas, pois a maioria dos problemas de desempenho com sistemas

Figura 14.62

Raspadores de ajuste linear geralmente requerem acesso de ambos os lados para proporcionarem um ajuste nivelado.



Figura 14.63

Alguns sistemas híbridos incorporam o tensionamento vertical com um mecanismo de atenuação radial.



Figura 14.64

Colocar o raspador a uma distância adequada da correia ajuda a evitar "recuperação", na qual a correia puxa o raspador pelo trajeto todo em uma posição invertida, o que normalmente resulta em uma estrutura curvada.



novos de raspadores de correias é devido primeiro à instalação imprópria e depois à falta de manutenção. Usar o fabricante (ou serviços autorizados pelo fabricante) para a instalação garante a instalação adequada e um desempenho eficaz contínuo.

Soluções para Instalação de Raspadores

Se um sistema de limpeza tem um desempenho ruim, mas as lâminas não apresentam excesso de desgaste e os tensionadores estão postos corretamente, pode haver outros problemas que podem ser:

- A estrutura de suporte não está paralela à polia.
- O raspador não está instalado à uma distância adequada da superfície da correia.
- A pressão aplicada ao raspador está alterando o alinhamento da correia.
- As lâminas não estão centralizadas sobre a correia.

Qualquer um desses fatores vai comprometer a capacidade do raspador de remover material de retorno. O manual de instalação ou os operadores do raspador devem ser consultados para determinar as ações corretivas apropriadas.

Válvula da Correia e Lavagem

A válvula da correia pode criar problemas na limpeza. Ela é uma oscilação da correia e é mais vista no lado de baixa tensão (ciclo de retorno) do transportador. Essa oscilação tem sido medida com amplitudes de 25 milímetros (1 in.). O movimento pode ser tão forte que pode destruir raspadores de correia e diminuir a vida útil dos roletes de retorno. A amplitude da vibração pode dificultar a manutenção das lâminas em contato com a correia, reduzindo, portanto, os efeitos de limpeza. Para controlar a válvula da correia, o espaçamento dos roletes de retorno pode ser variado ou pode ser usado um rolamento de retenção para tentar conter a correia.

"Base" dos Raspadores

Os pré-raspadores são elaborados para ter a ponta da lâmina em contato com a correia primeiro. Como a ponta se desgasta, o raspador primário normalmente gira na correia para

manter contato entre a lâmina e a correia. No entanto, podem surgir problemas quando a lâmina de elastômero de um pré-raspador é colocada muito próximo à correia. Um raspador primário instalado dessa forma, independentemente do modelo da lâmina, terá a base da lâmina em contato com a correia primeiro. Essa base cria um espaço entre a correia e a ponta da lâmina (**Figura 14.65**). O material transportador se reúne nesse espaço, e o acúmulo força a lâmina para fora da correia. Uma vez que a lâmina fica afastada da correia, quantidades grandes de material passam entre a correia e a lâmina, aumentando consideravelmente o dano na correia e na lâmina e reduzindo a eficácia da limpeza. A solução é manter a distância de instalação apropriada para que o lado principal da lâmina toque primeiro a correia.

O Problema com Tensionamento Excessivo

A eficácia ideal de limpeza resulta da combinação do ângulo de limpeza correto e da tensão adequada contra a correia. Conforme observado no trabalho da Agência de Mineração, *Basic Parameters of Conveyor Belt Cleaning*, aumentar a pressão lâmina-correia de um raspador não melhora necessariamente o desempenho de limpeza (*Referência 14.2*). Aumentar a pressão pode reduzir a eficácia de limpeza e diminuir a vida útil. Mesmo quando instalada adequadamente, se uma lâmina de elastômero do raspador primário é supertensionada, a força é direcionada da área total de contato para a base da lâmina. Isso resulta em uma situação leve de uso das costas da lâmina e frequentemente pode causar desgaste à lâmina, deixando uma tira fina na ponta que pode reduzir a eficácia de limpeza (**Figura 14.66**).

Se o raspador secundário é tensionado em excesso, seu ângulo de limpeza pode ser alterado para o ponto em que o material de retorno é preso na região de emperro entre a lâmina e a correia (**Figura 14.67**). Isso gerará um acúmulo de material que erguerá a correia e reduzirá a pressão eficaz de limpeza. O material passará entre a lâmina e a correia, resultando novamente em uma eficácia de limpeza fraca e no aumento de desgaste da lâmina e da correia.

Manuseando o Material Limpo da Correia

O fato de o material de retorno prender na correia depois do ponto de descarga indica que ele possui características diferentes do resto da carga do transportador. As partículas são mais finas e possuem um teor de umidade maior, apresentando, portanto, diferentes qualidades de fluxo das qualidades típicas do corpo principal do material. Não é incomum para o material de retorno aderir à superfície de um lineador vertical de baixa fricção (**Figura 14.68**). Mesmo após sua remoção da correia, o material de retorno apresenta problemas de captura, tratamento e eliminação.

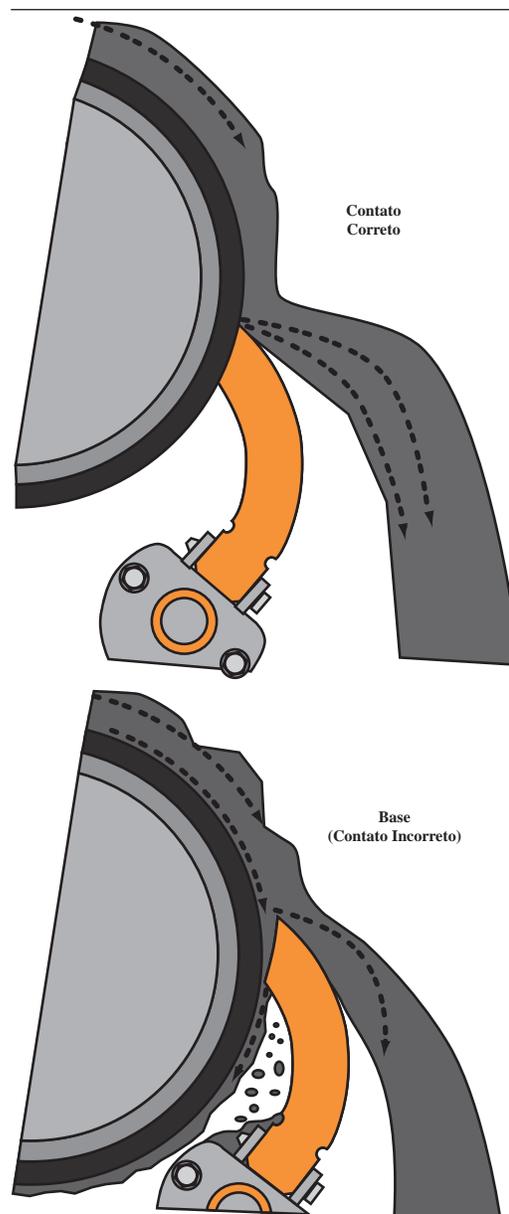
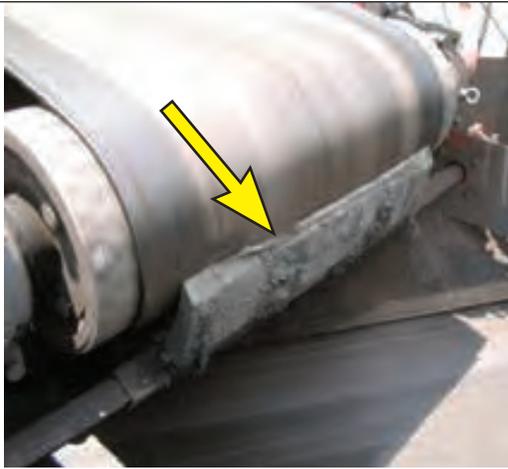


Figura 14.65

Quando a base da lâmina do pré-raspador toca a correia primeiro – cria um espaço entre a correia e a ponta da lâmina –, o material se reúne nesse espaço e força a lâmina para fora da correia.

Figura 14.66

Quando uma lâmina de elastômero do raspador primário é supertensionada, a força é direcionada da área total de contato na face posterior da lâmina. Isso pode causar desgaste à lâmina, deixando uma tira fina na ponta, reduzindo a eficácia de limpeza.

**Figura 14.67**

Se o raspador secundário é sobretensionado, seu ângulo de limpeza pode ser alterado para o ponto em que o material morto é preso entre a lâmina e a correia, erguendo a correia e reduzindo a pressão eficaz de limpeza.

**Figura 14.68**

É comum para o material de retorno aderir à superfície de um raspador linear vertical de baixa fricção.

**Figura 14.69**

Um raspador fechado/encapsulado com acúmulo seco ou aderente de material não pode operar corretamente.



Devido às características do material de retorno, geralmente é melhor posicionar os raspadores de correia o mais próximo possível do ponto de descarga. Devolver a maior quantidade possível de material de retorno ao fluxo principal de material reduz a necessidade de tratar esse material fora do processo. O material fugitivo aderente que é espalhado ao longo da correia pode acumular-se dentro do chute ou precisar ser tratado nos chutes de desvio ou nos transportadores tipo “scavenger”, aumentando, portanto, o custo e a complexidade do sistema de tratamento de material. Para garantir um desempenho eficaz de limpeza, deve-se evitar o acúmulo de material no raspador ou no chute de desvio. Um raspador que fica encapsulado com acúmulo seco ou aderente de material não pode operar corretamente (**Figura 14.69**).

Coletar e devolver o material de retorno ao fluxo principal de material pode apresentar uma complicação grave no desenho dos chutes de descarga. O ideal é que o chute principal de descarga do transportador seja largo o suficiente para que o material extraído da correia possa cair no mesmo chute, onde ele é reunido com o fluxo principal de materiais. Mas, em muitos casos, sistemas ou chutes adicionais precisam ser adicionados.

Dribble Chutes

Em transportadores onde os sistemas de limpeza são posicionados de forma que o material removido da correia não retorne livremente para o fluxo principal de material, geralmente é necessário um chute de desvio ou chutes finos. Essa é uma parte separada do chute de descarga que direciona o material de retorno extraído para o fluxo principal de material. Esse chute auxiliar deve ser largo o bastante e projetado com um ângulo lateral suficientemente inclinado para garantir que o material caia do sistema de limpeza e impeça o encapsulamento do raspador nesses materiais aderentes. É aconselhável instalar um chute de desvio com um ângulo o mais inclinado/vertical possível, e alinhá-lo com material de baixa fricção, como o polietileno de ultra-alto peso molecular (UHMW). Pode ser útil incorporar auxiliares de fluxo para ajudar a movimentar o material de retorno para fora dos raspadores.

Uma forma de solucionar o problema de acúmulo no chute de desvio é criar um suporte

dinâmico dentro do chute. Ele pode ser útil colocando-se uma folha de plástico leve, não abrasivo e de baixa fricção como o polietileno UHMW paralela ao andar do chute com um fim aberto, para que a folha de plástico se mova livremente. É colocado um vibrador na folha, proporcionando uma ação dinâmica para impedir o acúmulo de material (**Figura 14.70**). Como essa folha vibratória é isolada do chute de aço por uma almofada de borracha, a força aplicada à estrutura é muito pequena para causar desgaste do metal (**Figura 14.71**).

Um sistema alternativo poderia incluir uma cortina flexível de borracha usada como alinhador/nivelador do chute, que periodicamente é “expulso” com a descarga de um canhão de ar. Isso flexibiliza o nivelador, causando a eliminação de qualquer material aderido (*Consultar o Capítulo 9: Auxílios de Fluxo*).

Deve ser proporcionado um acesso à área interna do chute de desvio para permitir à equipe remover os acúmulos, e realizar uma lavagem periódica para impedir bloqueios.

Transportadores Tipo “Scavenger”

Quando um chute de desvio não é prático, pode ser benéfico providenciar um transportador tipo “scavenger” (**Figura 14.72**). Ele é um transportador auxiliar menor, instalado abaixo do sistema principal, que devolve o material limpo ao fluxo principal de material. Transportadores helicoidais pequenos, transportadores de corrente, raspadores hidráulicos ou elétricos, e transportadores vibratórios são comumente usados como sistemas “scavenger” (**Figura 14.73**).

Uma vantagem dos transportadores tipo

“scavenger” é que eles permitem a colocação de vários raspadores de correia terciários em um local mais conveniente para operação. O material da correia pode ser transportado, inclusive em inclinação/subida, de volta para o chute principal. A principal desvantagem desses sistemas é que eles representam a adição de

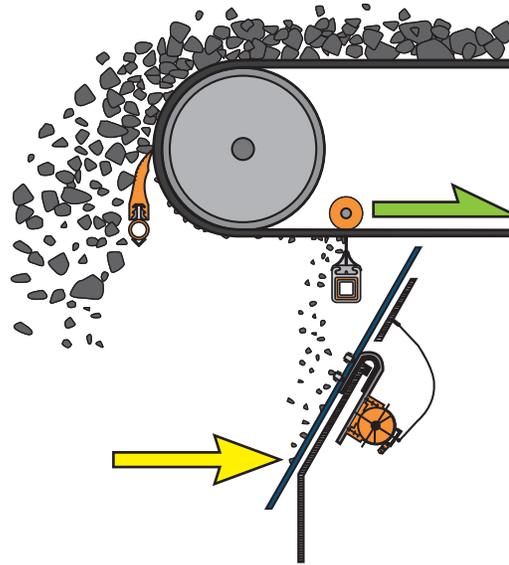


Figura 14.70

Pode ser colocado um vibrador elétrico na folha de plástico de baixa fricção, criando um chute de desvio vibratório.



Figura 14.71

Isolando a folha vibratória do chute de aço com uma almofada de borracha, a força aplicada à estrutura é muito pequena para causar desgaste do metal.



Figura 14.72

Um raspador de potência ou um transportador de condução podem ser usados para devolver o material extraído da correia à rede principal de material. (Drip-N-Ham Conveyor, produto patenteado, e foto cortesia da S&S Concepts, Inc. [Referência 14.4])

mais um equipamento mecânico que vai exigir manutenção e limpeza periódicas.

MANUTENÇÃO DO SISTEMA

A Importância da Manutenção

Mesmo os sistemas de limpeza de correias mais eficazes e mais bem elaborados requerem manutenção e ajuste regularmente, ou seu desempenho irá deteriorar com o tempo. A manutenção adequada dos sistemas de limpeza da correia reduz o desgaste da correia e das lâminas do raspador, evita dano e garante uma ação de limpeza eficaz. A falta de manutenção nos sistemas de limpeza da correia não apenas gera uma falha na limpeza eficaz, mas também adiciona riscos consideráveis ao sistema de transporte.

Os produtores de transportadores e os fabricantes de raspadores devem projetar seus equipamentos a fim de simplificar essas atividades essenciais de manutenção. Os procedimentos e as exigências de manutenção devem ser revisados durante o processo de seleção de um sistema de limpeza. Um planejamento prévio da operação de raspadores permitirá a realização de atividades de

manutenção em longo prazo, proporcionando uma limpeza de correias melhor e um tempo útil mínimo.

Após instalar um raspador de correia, são necessários ajustes, manutenção e inspeção periódica (**Figura 14.74**). Assim como os raspadores devem ser projetados para apresentarem durabilidade e manutenção simples, os transportadores devem ser projetados para possibilitar um serviço simples, inclusive com acesso fácil. Os elementos que podem ser incorporados ao sistema de limpeza de correias do transportador para melhorar os procedimentos de manutenção incluem:

- A. Acesso para serviço adequado, com espaços de trabalho amplos, conforme recomendado pela CEMA.
- B. Janelas de acesso com portas de fácil operação, instaladas nos dois lados da polia, alinhadas com o eixo dos raspadores da correia.
- C. Elementos de limpeza versáteis para serviço, sem necessidade de remoção da estrutura central.
- D. Componentes, inclusive lâminas e estruturas centrais, que resistam à corrosão e uso.
- E. Componentes que permitem reparo necessário com rápido desempenho – que podem ser ajustados ou repostos com ferramentas manuais simples, sem precisar esperar por uma equipe de manutenção com ferramentas pesadas para realizar o trabalho.

Sistemas de montagem de mandris que permitem fácil deslocamento para montagem de um raspador oferecem uma oportunidade de reparo mais rápido (**Figura 14.75**). Algumas organizações têm feito ajustes permitindo que o reparo seja realizado enquanto a correia está em operação, assumindo a garantia de aprovações adequadas do comitê de segurança e regulamentação, e realização de treinamento adequado com a equipe.

Todas as regras de segurança aplicáveis devem ser seguidas na realização de qualquer procedimento de manutenção de sistema de limpeza. Somente equipes treinadas e qualificadas em seguir os procedimentos adequados de desligar/ bloquear/ sinalizar devem ser consideradas para essas práticas.

14

Figura 14.73

Transportadores vibratórios são comumente vistos como sistemas scavenger.

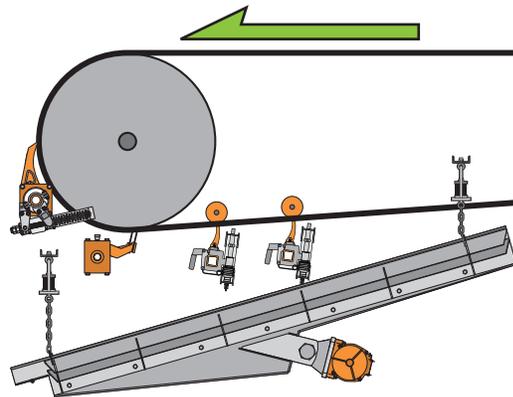


Figura 14.74

Após instalar um raspador de correia, são necessários ajustes, manutenção e inspeção periódica.



Dicas para Manutenção do Raspador de Correia

Se a supervisão e a equipe da fábrica dedicarem esforço e atenção na manutenção do raspador, eles serão compensados com um desempenho mais eficiente. Geralmente é melhor atribuir a manutenção de um sistema de limpeza a uma equipe dedicada da fábrica ou de serviços especializados, pois eles estarão mais comprometidos em realizar a manutenção de maneira adequada.

O problema é que a maioria das inspeções internas nunca acontece e, quando ocorrem, são inspeções superficiais, feitas por pessoas que não estão treinadas a procurar defeitos ou a efetuar a manutenção dos raspadores. A maioria dos responsáveis pensa que essa é uma tarefa simples que deveria ser feita internamente; a verdade é que a manutenção dos raspadores nunca é uma prioridade, então, raramente é feita. O uso de serviço especializado garante que a manutenção dos raspadores de correia seja feita corretamente. Esses especialistas normalmente percebem outros problemas de sistemas de transporte em desenvolvimento ou de componentes, que podem ser evitados.

Embora sejam fornecidas instruções específicas de manutenção para cada raspador e tensionador por seus fabricantes, há procedimentos regulares e de rotina de cada planta que devem ser realizados em intervalos específicos.

Diariamente: Remova Material Acumulado do Raspador

Com a correia parada, remova qualquer material que tenha se concentrado entre as lâminas do raspador e a correia, ou que tenha se acumulado na estrutura dos raspadores secundários. Muitas vezes, uma rotação do raspador fora da correia, seguida por algumas batidas breves com as lâminas atrás da correia parada, vai desprender o material. Em outras condições, um rápido enxágue com uma mangueira ou jato de alta pressão irá remover o acúmulo e permitirá a inspeção das lâminas.

Semanal: Verifique o Desempenho do Raspador

Verifique a operação do sistema de limpeza. O material morto restante na correia pode

indicar lâminas danificadas ou tensão inadequada.

Semanal: Verifique o Desgaste das Lâminas

Inspecionam-se os elementos de limpeza quanto a desgaste. Algumas marcas de lâminas incorporam uma linha de desgaste visível; para outras, será necessária uma verificação do manual para conferir os limites de segurança e desgaste efetivo.

Semanal: Verifique o Ajuste do Tensionador

O elemento mais crítico no ajuste do desempenho dos raspadores é manter a face de limpeza tensionada contra a correia. Como as lâminas se desgastam, pode ser necessário que o tensionador seja ajustado para acomodar a altura menor das lâminas. O manual de cada tensionador deve fornecer instruções específicas para retensionamento.

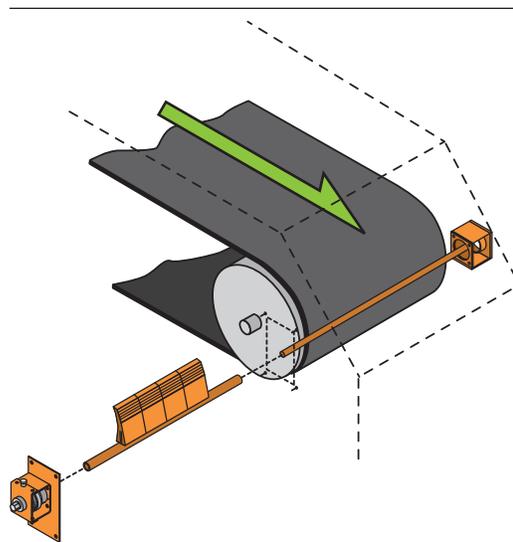


Figura 14.75

Sistemas de montagem que permitem o posicionamento de fácil deslize de um conjunto raspador oferecem uma oportunidade de serviço mais rápido.

AVALIANDO O DESEMPENHO DO RASPADOR

Melhorando o Desempenho do Raspador

Há um número de práticas que podem ser aplicadas para evoluir o desempenho do sistema de limpeza de correias de uma fábrica. Um programa para melhoria do desempenho dos raspadores pode incluir:

A. Seguir as instruções do fabricante.

Garantir que os sistemas estão instalados e ajustados conforme as recomendações do fabricante. Observar o intervalo de manutenção recomendado.

B. Padronizar e sistematizar.

Padronizar para uma marca ou estilo de raspador em todos os transportadores, em uma fábrica e/ou todas as fábricas em uma empresa, simplificará os procedimentos e minimizará desperdícios. Se houver correias e materiais diferentes na operação, é preciso considerar a adoção de um conjunto padrão de sistema de limpeza que leve em conta a alteração do raspador por aplicação, ou conforme a mudança das propriedades do material a granel. Alguns fabricantes fornecem plataformas de raspadores tipo cartelas, que facilitam a customização, enquanto minimizam o número de estruturas centrais e sistemas de roldanas. Além disso, as práticas de manutenção de raspadores podem ser sistematizadas, tanto as controlando dentro da fábrica quanto terceirizando a manutenção com uma empresa especializada – para melhorar o desempenho e a rentabilidade.

C. Elevar o padrão.

Aprimorar continuamente as exigências de desempenho. Prever uma fábrica limpa e um desempenho estabelecido. Encontrar um fornecedor que garanta seu produto e trabalhe com ele para entender o processo de limpeza. Implantar medidas de desempenho de limpeza, como testes de vida útil das lâminas, para melhorar a seleção de lâminas ou testes de material de retorno para verificar o desempenho. Considerar a instalação de raspadores adicionais nos transportadores com problemas.

Outra estratégia para otimizar a instalação

do raspador é a realização de pesquisas. Agora é possível analisar sistemas de limpeza para identificar a pressão lâmina-correia que aprimore a eficiência de limpeza e a vida útil das lâminas. Para facilitar a otimização, alguns raspadores de correia são marcados com porcentagens de desgaste moldadas nas lâminas; têm sido desenvolvidos sistemas de tensionamento que fornecem pressão helicoidal constante e contínua.

O processo de otimização consiste em determinar a pressão de limpeza a um dado nível, e registrar a faixa de tempo e/ou a quantidade total de material transportado que leva para a lâmina alcançar o indicador de 25%. A pressão, então, é ajustada, e o raspador é usado até que alcance o próximo indicador de desgaste de 25%. A eficácia de limpeza também pode ser medida usando os métodos quantitativos discutidos anteriormente neste capítulo, ou as medidas qualitativas visuais. Dessa forma, a fábrica poderá determinar como a pressão proporciona vida útil mais longa, enquanto mantém uma eficácia de limpeza aceitável.

Os resultados vão variar de aplicação para aplicação e até mesmo de transportador para transportador, dentro da mesma fábrica. Uma mina de lignito alemã descobriu que uma pressão de limpeza mais alta resultava em uma vida útil mais longa; uma operação semelhante relatou que as pressões mais baixas resultaram em vida útil mais longa, enquanto ainda mantinham níveis aceitáveis de limpeza.

Metas para Limpeza de Correias

A limpeza de correias é um processo e, como em qualquer outro processo, os resultados seguem uma curva (**Figura 14.76**). A quantidade de material removido é proporcional à quantidade de “esforço” aplicado. Esse “esforço” pode ser financeiro, de limpeza de raspadores, de número de raspadores ou uma combinação de todos.

Essa curva do processo de limpeza pode ser mostrada em um gráfico onde o esforço de remoção de material de retorno por uma determinada porcentagem de limpeza é medido em comparação com o custo daquela quantidade de material de retorno (inclusive limpeza, manutenção, reposição de roldanas e valor do material perdido). Em algum momento ao longo da curva, o gasto de instalação,

operação e manutenção de sistemas de limpeza adicionais é maior que o custo de deixar o material restante na correia (**Figura 14.77**).

Os custos para um sistema de limpeza de correias que possa atingir um nível de limpeza de “100%” provavelmente superariam os benefícios do sistema. Uma quantidade significativa de material de retorno que permaneça na correia após os sistemas de limpeza, com um alto nível de limpeza, permanecerá na correia durante todo o ciclo de retorno do transportador. Esse material ainda estará na correia quando o transportador entrar novamente na zona de carga. Consequentemente, ele não valerá o custo de sua limpeza completa.

Mais importante, para limpar “100%”, por meio de uma limpeza mecânica apenas, o(s) raspador(es) seria(m) aplicado(s) com tanta pressão que danificaria(m) a cobertura da correia. E, independentemente da eficiência do sistema de limpeza, algum material de retorno permaneceria na correia preso em pequenas fendas e rachaduras em sua superfície. Portanto, é impossível alcançar “100%” de limpeza.

É adequado estabelecer metas de limpeza de correias que sejam razoáveis e alcançáveis para a operação da fábrica. Com uma seleção de equipamento apropriada e manutenção contínua, as metas razoáveis deixarão melhorias adequadas e evidentes para o recurso e compensarão o investimento. Os sistemas de limpeza devem ser elaborados, instalados e consertados para atingir as exigências de operação atuais com um nível aceitável de material de retorno.

Desenvolvendo um Padrão de Desempenho para Sistemas de Limpeza de Correias

A quantidade de material de retorno restante na correia depende mais das características do material a granel e dos parâmetros físicos do sistema de transporte do que da tonelagem do material transportador ou de outros fatores. R. Todd Swinderman propôs um padrão com base em desempenho para limpeza de correias em um trabalho apresentado para a Reunião Anual da Sociedade de Mineração, Metalurgia e Exploração (Society for Mining, Metallurgy, and Exploration - SME) (*Referência 14.5*). O objetivo da sua proposta era propor um método padrão para especificar sistemas de

limpeza de correias com base nas expectativas do usuário e no desempenho do equipamento em função do tempo. Seu trabalho propõe três níveis de desempenho de limpeza e é detalhado abaixo. (*Consultar o Capítulo 31: Medidas de Desempenho, para a Escala de Swinderman.*)

A limpeza de nível I geralmente é especificada quando as preocupações com material de retorno não são críticas. Os sistemas de limpeza normalmente associados ao alcance do desempenho de nível I são sistemas de raspadores simples ou duplos com lâminas de uma peça recebendo manutenção fraca ou média. Provavelmente será necessária a limpeza frequente do material de retorno que cai do transportador. O nível I seria especificado para materiais que são fáceis de remover da correia, em operações que transportam baixas toneladas de material, em fábricas que são intermitentes em operação, ou onde o material de retorno pode ser facilmente limpo e devolvido ao processo.

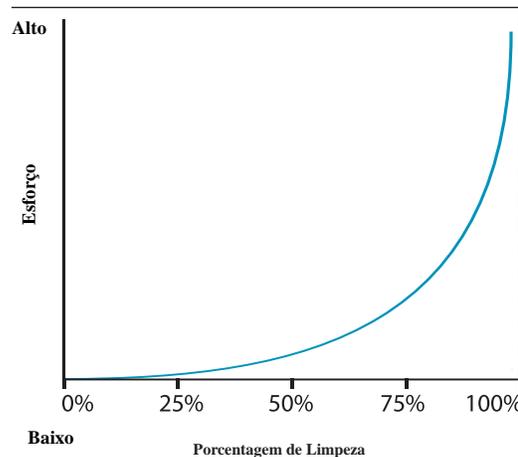


Figura 14.76

A limpeza de correias é um processo, e como qualquer outro processo, seus resultados seguem uma curva.

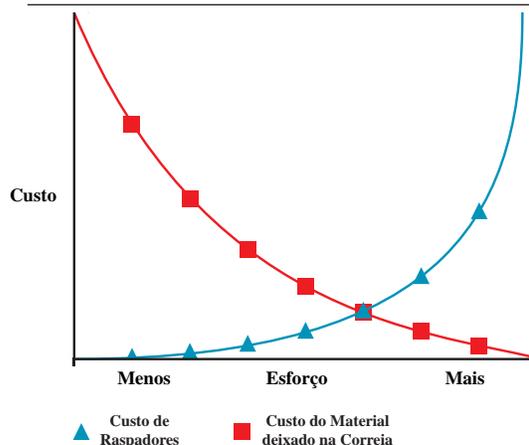


Figura 14.77

Em algum momento ao longo da curva descendente, representando a quantidade de material removido e o custo desse material, o gasto de instalação e manutenção de sistemas de limpeza adicionais é maior que o custo de deixar o material restante na correia.

A limpeza de nível II geralmente é especificada quando o material de retorno é preocupante, mas não gera um problema ambiental ou de segurança significativo. Os sistemas de limpeza normalmente associados ao desempenho de nível II seriam sistemas de raspadores múltiplos, com lâminas segmentadas submetidas à manutenção no intervalo especificado pelo fabricante. A limpeza de nível II seria especificada para operações de grande volume, em operações onde o material desperdiçado tem valor moderado ou onde a limpeza manual sob os transportadores uma vez por semana é aceitável.

A limpeza de nível III geralmente é especificada quando as preocupações sobre o material de retorno são críticas. As preocupações variam desde questões ambientais e de segurança até contaminação do produto. Os sistemas de limpeza normalmente associados ao alcance do desempenho de nível III são sistemas de raspadores múltiplos em conjunto com ao menos um jato de água de baixo volume. Materiais a granel difíceis de limpar podem requerer o uso de um sistema de caixa de lavagem com raspadores múltiplos, usando uma combinação de jatos de água de baixo volume, para lubrificar os raspadores, e jatos de alto volume para manter a caixa de lavagem e os tubos de descarga fluindo livremente. O desempenho de nível III seria especificado onde é necessária a prevenção de desperdício, onde a contaminação da carga na correia é uma preocupação, quando o material a granel possui um alto valor por tonelada ou quando a limpeza sob os transportadores uma vez ao mês é aceitável.

O trabalho de Swinderman observou que,

quanto mais alto o nível de limpeza desejado, mais sofisticado o sistema de limpeza precisa ser e melhor deve ser seu desempenho (**Tabela 14.2**).

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

A. Geral:

- É importante elaborar sistemas de limpeza de correias transportadoras para os problemas apresentados pelas condições de materiais “problema”, em vez de elaborá-los para condições “normais” de operação. Isso permite que os sistemas de limpeza lidem melhor com as alterações nos materiais.
- Os raspadores de correia devem ser instalados o mais próximo do ponto de descarga de material, garantindo uma limpeza eficaz pelo suporte dos elementos de limpeza contra uma superfície firme.
- Os raspadores de correia devem ser instalados fora da trajetória do material e posicionados de forma que o material removido não possa se acumular nas lâminas e nas estruturas.
- Os sistemas de limpeza da correia devem ser elaborados para não cobrir toda a largura da correia, para considerar variações mínimas no trajeto da correia e fornecer um contato lâmina-correia ideal.
- Cada polia dianteira deve ter um sistema de limpeza da correia consistindo em (no mínimo) um raspador primário e um raspador secundário com possibilidade para a adição de raspadores terciários.

Tabela 14.2

O Nível Médio de Material de Retorno Permitido na Porção Limpa da Correia

Nível de Limpeza	Nível I	Nível II	Nível III
Nível Médio de Material de Retorno (Peso Seco g/m ²)	250	100	10
Nível Médio de Material de Retorno (Peso Seco oz/ft ²)	0.82	0.33	0.03

Obs.:

1. Como as condições ambientais e de operação variam, o nível de limpeza é baseado na média de uma curva de distribuição padrão que será ideal para cada transportador e cada material a granel. Portanto, a média das medidas de todos os sistemas semelhantes transportando materiais a granel parecidos em um recurso deve ser usada na medição do desempenho total de raspadores de correia.

2. Os fatores de material de retorno (C_{br}), a porcentagem de material que cai por último da correia e acumula-se embaixo do transportador, foram medidos para calcular a média de 75% do material de retorno medido no nível I, 50% no nível II e 25% no nível 3 (Referência 14.6).

- f. Os sistemas de limpeza devem ser elaborados para permitir procedimentos de reposição de lâminas e manutenção simples. A manutenção periódica deve ser realizada de acordo com as recomendações do fabricante, para manter os raspadores de correia operando ao desempenho de pico.
- B. Raspadores primários:**
- Os raspadores primários realizam a limpeza inicial árdua. Eles devem ser projetados com lâminas (de elastômero) flexíveis e componentes de tensionamento com ajuste radial.
 - Os raspadores primários devem ser instalados na superfície da polia dianteira logo abaixo da trajetória do material, usando um ângulo de limpeza positivo.
 - As lâminas dos raspadores primários devem incorporar um ângulo de limpeza constante e uma projeção da área.
 - Os pré-raspadores devem ser elaborados para uso em correias reversíveis e unidirecionais.
 - Correias reversíveis devem possuir um pré-raspador instalado em cada polia de descarga.
- C. Raspadores secundários:**
- Os raspadores secundários removem a maioria do material que passa pelas lâminas dos pré-raspadores. As lâminas secundárias devem tocar a correia enquanto ela ainda está contra ou apenas saindo da polia dianteira. Uma alternativa é localizar os raspadores atrás da polia dianteira com um rolamento de retenção acima das lâminas. O rolamento de retenção deve ter um mínimo de 100 milímetros (4 in.) de diâmetro.
 - As lâminas dos raspadores secundários devem ser elaboradas para tocar a correia em uma posição de ângulo negativo.
 - As lâminas devem ser construídas de carbetto de tungstênio ou um material resistente de abrasividade semelhante.
 - Em correias unidirecionais, os raspadores devem ser ajustados com um componente de tensionamento de ajuste radial e, em correias reversíveis, com uma roldana helicoidal vertical.
 - As correias reversíveis devem ter um raspador secundário reversível instalado o mais próximo possível de cada polia terminal (de descarga).
- D. Raspadores terciários:**
- O espaço deve ser planejado no projeto das zonas de carga do transportador para possível adição de raspadores terciários.
 - os raspadores terciários devem usar um chute de desvio separado ou um transportador “scavenger” para devolver o material de retorno ao fluxo principal de material.
- E. Outros**
- Itens como água, eletricidade e ar comprimido devem estar disponíveis em pontos convenientes para a instalação de raspadores de correia.
 - Devem ser providenciados acesso e espaço para trabalho, de acordo com as recomendações da CEMA, no desenho do transportador.

TÓPICOS AVANÇADOS

Raspadores de Correia e Requisitos de Potência

Instalar raspadores de correia aumenta a sucção contra a correia e aumenta o consumo de potência de um transportador (**Equações 14.1 e 14.2**).

Um estudo de R. Todd Swinderman, publicado em *Bulk Solids Handling*, examinou quanta energia a aplicação de um raspador de correia consome da potência total do transportador (*Referência 14.7*). A energia requerida é calculada pela largura da correia já em contato com o raspador. Na maioria dos casos, as lâminas de limpeza não tocam toda a extensão da correia transportadora.

O trabalho considera uma correia de 900 milímetros (36 in.) de largura, movendo à velocidade de 0,5; 2,0; 3,5; e 5,0 metros por segundo (100, 400, 700, e 1.000 ft/min). A cobertura das lâminas dos raspadores contra a correia é de 762 milímetros (30 in.). O consumo de energia adicionado à fonte do transportador pelo tensionamento de vários tipos de raspadores de correias varia de 0,14 a 3,8 quilowatts (0,2 a 5,1 hp) (**Tabela 14.3**).

Uma aplicação é calculada usando um *software* de engenharia de transportadores disponível comercialmente. As especificações usadas no programa são: uma correia de 1.200 milímetros (48 in.) de largura, operando a 3,0 metros por segundo (600 ft/min), transportando 1.350 toneladas por hora (1.500 st/h) de carvão por uma distância de 90 metros (300 ft), a uma inclinação de 14°. O peso da correia é especificado como 22,3 quilogramas por metro (15 lb_m/ft), e as roldanas são espaçadas a cada 600 milímetros (24 in.). Esse transportador exigiria uma potência total de 107 quilowatts (143 hp).

Se 1,2 quilogramas por metro quadrado

(0,25 lbm/ft²) de material de retorno estiver presente na correia, isso acumularia 10,9 toneladas a mais por hora (12 st/h) de carga. A própria carga adicional exigiria bem pouca energia adicional para ser carregada: 1 quilowatt (1,3 hp) de energia adicional, para um total de 108 quilowatts (144 hp). Os problemas de transporte não são provenientes da potência consumida pelo peso do material de retorno, mas sim do impacto na estrutura do transportador desse material de retorno, conforme ele é despejado no ambiente.

Um único conjunto de roletes de impacto exigiria aproximadamente 1,2 quilowatts (1,6 hp) de potência adicional. Um conjunto

Equação 14.1

Cálculo da tensão aplicada à correia pelo raspador de correia.

$\Delta T_{BC} = l_{BC} \cdot \mu_{BC} \cdot F_{BC}$			
Dados: Uma correia de 900 milímetros (36 in.) de largura tem um raspador na polia motriz. O raspador exerce uma força de 0,088 newtons por milímetro (0,5 lbf / in.) sobre a correia, e o coeficiente de fricção é 0,6. Encontrar: Tensão aplicada à correia pelo raspador.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
ΔT_{BC}	Tensão	newtons	libra-força
μ_{BC}	Coefficiente de Fricção	0,6	0,6
F_{BC}	Força Normal entre a Correia e o Raspador por Comprimento do Raspador	0,088 N/mm	0,5 lb _f /in.
l_{BC}	Comprimento da Lâmina do Raspador	900 mm	36 in.
Métrica: $\Delta T_{BC} = 900 \cdot 0,6 \cdot 0,088 = 47,5$			
Imperial: $\Delta T_{BC} = 36 \cdot 0,6 \cdot 0,5 = 10,8$			
ΔT_{BC}	Tensão Aplicada à Correia pelo Raspador	47,5 N	10,8 lb _f

Equação 14.2

Cálculo do consumo de potência aplicado à fonte da correia.

$P = \Delta T_{BC} \cdot V \cdot k$			
Dados: Um raspador de correia aplica 47,5 newtons (10,8 lbf) de tensão a uma correia trafegando a 3 metros por segundo (600 ft/min). Encontrar: O consumo de energia aplicado à fonte pelo raspador.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
P	Consumo de Potência Aplicado à Fonte da Correia	quilowatts	cavalos de potência
ΔT_{BC}	Tensão Aplicada à Correia pelo Raspador (Calculada na Equação 14.1)	47,5 N	10,8 lb _f
V	Velocidade da Correia	3 m/s	600 ft/min
k	Fator de Conversão	1/1.000	1/33.000
Métrica: $P = \frac{47,5 \cdot 3}{1000} = 0,14$			
Imperial: $P = \frac{10,8 \cdot 600}{33000} = 0,2$			
P	Consumo de Potência Aplicado à Fonte da Correia	0,14 kW	0,2 hp

de roletes de metal demandaria o equivalente a 0,27 quilowatt (0,36 hp) de energia adicional. Esse estudo também observa que uma camada de 25 milímetros (1 in.) de material de retorno em um único rolete de retorno pode adicionar o equivalente a 0,32 quilowatt (0,43 cv) aos requisitos do condutor do transportador.

Essas exigências de potência adicional para os problemas provenientes do material fugitivo devem ser comparadas às exigências de um típico sistema duplo de limpeza. Continuando o exemplo acima, para uma correia de 1.200 milímetros (48 in.), percorrendo a 3 metros por segundo (600 pés/min) e incorporando um sistema duplo de limpeza, a exigência de energia poderia ser de 1,3 quilowatt (1.7 hp) para o pré-raspador e de 2,1 quilowatts (2.8 hp) para o raspador secundário.

O consumo de energia adicional combinado de 3,4 quilowatts (4,5 hp) necessário para o uso de um sistema de limpeza múltiplo eficaz representa um aumento de apenas 3% sobre os 107 quilowatts (143 hp) necessários pelo transportador sem nenhum raspador. Essa “penalidade de potência do transportador”, aplicada pelo sistema de limpeza da correia é apenas um pouco mais do que a energia consumida ao custo de 0,27 quilowatt (0,36 hp), para um conjunto de roletes, ou 0,32 quilowatt (0,43 hp) exigido por 25 milímetros (1 in.) de acúmulo de material em um único rolete de retorno.

Conforme observado por Swinderman, as consequências de não instalar e não fazer a manutenção adequada de raspadores de correia prova uma drenagem mais intensa da fonte de energia do transportador, por meio da fricção

adicional causada pelos roletes, com acúmulo de material ou rolamentos.

Limpeza da Correia e Controle de Pó

Material de retorno é a maior fonte de pó no transporte. Esse pó é criado quando o lado sujo da correia interage com os roletes e as polias da correia. Raspadores de correia reduzem consideravelmente a geração total de pó no transporte de materiais a granel, pois eles reduzem a quantidade total de material devolvido no ciclo de retorno da correia. À medida que os modelos de raspadores de correia foram desenvolvidos, o nível geral de pó originado como material de retorno foi reduzido ao ponto em que os raspadores de correia se tornaram um método passivo crucial no controle de pó. Esse tópico avançado oferecerá um método para estimar a redução de pó que potencialmente pode ser liberado da correia para o ambiente.

Teor de umidade e Tamanho das Partículas

O nível de pó de materiais a granel está relacionado à velocidade do ar, ao tamanho das partículas e à sua coesividade (**Figura 14.78**).

Diversos fatores influenciam o nível de pó de um determinado material a granel. Os fatores mais importantes para essa discussão são o teor de umidade e o tamanho das partículas. Geralmente, teores de umidade adicionais aumentam o tamanho da partícula do material e a coesividade. Conforme o tamanho das partículas e a coesividade aumentam, o índice de pó diminui. Uma diminuição no nível de pó



Consumo de Energia Aplicado às Exigências do Condutor do Transportador por Vários Tipos de Raspadores de Correia				
Tipo de Correia	Velocidade da Correia, m/s (pés/min)			
	0,5 (100)	2 (400)	3,5 (700)	5 (1.000)
	kW (hp)	kW (hp)	kW (hp)	kW (hp)
Pré-Raspador Laminado de Uretano	0,14 (0,2)	0,52 (0,7)	0,97 (1,3)	1,34 (1,8)
Raspador Secundário Laminado de Metal	0,22 (0,3)	0,89 (1,2)	1,57 (2,1)	2,24 (3,0)
Raspador Secundário Laminado de Uretano	0,37 (0,5)	1,49 (2,0)	2,68 (3,6)	3,80 (5,1)

Tabela 14.3

Obs.: todos os testes foram realizados usando tensão fornecidas pela Martin para a pressão de limpeza recomendada.

é observada com níveis de umidade em uma escala de 2,5%; a maioria dos materiais que apresentam um teor de umidade de 16% ou mais terão um índice de pó que é efetivamente zero. O tamanho das partículas também é uma variável significativa; geralmente, materiais a granel com partículas acima de 100 microns (0,0039 in.) possuem um índice de pó muito baixo (*Referência 14.8*). Em geral, se o material morto possui, em média, mais do que 16% de umidade, e o tamanho da partícula é maior do que 100 microns (0,0039 polegadas), pode-se esperar uma redução muito pequena da limpeza da correia.

O material de retorno é comumente alto em teor de umidade, pois a ação ondulatória da correia leva os resíduos e a umidade a migrarem rumo à superfície da correia. O teor de umidade típico de material de retorno é de 15% a 50%. A distribuição do tamanho de partícula do material de retorno depende de onde é medido e do tipo de raspador de correia utilizado. Se houver diversos raspadores de correia, o tamanho das partículas de material de retorno que passam por cada raspador sucessivo será menor (**Tabela 14.4**). Para um sistema duplo típico, o tamanho de partícula médio que passa pelo pré-raspador com lâminas elastoméricas está na ordem de 1000 microns (0,0039 in.), com uma faixa de 1 micron (3,93 x 10⁻⁵ in.) a 5 milímetros (0,2 in.). O tamanho de partícula médio que passa por um raspador secundário com lâminas de metal rígido será da ordem de 50 microns (0,00196 in.), com uma faixa de 1 micron (3,93 x 10⁻⁵ in.) a 250 microns (0,0098 in.).

Correias que Operam Vazias

É evidente que deve existir uma série de condições de baixa umidade e partículas de tamanho pequeno para que o pó seja deixado do material de retorno. Na maior parte do tempo, o material de retorno apresenta teor de umidade suficiente para aglomerar partículas menores, aderindo à correia e evitando a liberação de pó. Muito do pó gerado pelos raspadores de correia e componentes secundários, tais como roletes e polias traseiras, ocorre quando é permitido que a correia opere períodos prolongados de tempo sem materiais sendo transportados. Se a correia opera muito tempo sem carga, o material de retorno na correia seca, e o tamanho das suas partículas são reduzidos pelo contato com componentes de rolamentos. Sob essas condições, a maioria do material de retorno será liberada no ambiente em forma de pó. Evidentemente, há exceções, como quando se trata de materiais muito secos, como alumínio. No entanto, para carvão e a maioria dos materiais, a limpeza da correia reduz consideravelmente o pó gerado, pela remoção da maioria do material de retorno da correia.

Um caso em questão é demonstrado pelo sistema de transporte de carvoaria, em uma indústria/estação de carvão. A estação deixaria esses transportadores operando sem haver carga de carvão em atividade. Quando o carvão não está sendo transportado, o pó no ar diminui, e o ar fica limpo. No entanto, após operar descarregado por muito tempo, o material seca e se desprende da correia para o ar pelos roletes de retorno, raspadores e outros componentes.

Figura 14.78

Relação na geração de pó no ar

$$\text{Pó Gerado} \propto \frac{\text{Velocidade do Ar}}{\text{Tamanho da Partícula} \cdot \text{Coesão}}$$

Tabela 14.4

Características do Material de Retorno que Passa pelo Sistema de Limpeza			
Sistema de Limpeza	Raspadores Desativados	Só Pré-Raspador de Lâmina de Uretano Acionado	Pré-Raspador (com Lâmina de Uretano) e Raspador Secundário com Lâmina de Metal Acionado
Tamanho das Partículas	Partículas Finas, Pequenas e Grandes (10 mm a 1 micron)	Partículas Finas e Pequenas (5 mm a 1 micron)	Partículas Finas (250 microns a 1 micron)
Teor de umidade	Menor Teor de umidade (~15%)	Teor de umidade Aumentado (~30%)	Muito Molhado (~50%)

Observações: Material Transportado: Calcário triturado, 200 mm (8 polegadas) menos. Velocidade da Correia: 2 m/seg (394 pés/min). Tempo de Coleta para Cada Amostra: 30 segundos.

Quando o carregamento dos transportadores reinicia, o nível de pó diminui, pois a carga contém uma unidade do incidente e agentes químicos de supressão do pó (**Figura 14.79**).

Enquanto esse exemplo não representa resultados anteriores e posteriores à instalação dos raspadores, ele mostra que os períodos de mais geração de pó correspondem às vezes em que o transportador está operando sem carvão na correia. Uma das coisas que podem ser deduzidas desses resultados é que, quando a correia opera vazia, o material de retorno eventualmente seca. Isso possibilita que o material de retorno seco vire pó, com a maior parte do pó liberada em um período curto de tempo, quando o teor de umidade do material de retorno alcança, de forma esperada, um valor baixo crítico. É evidente que um ganho significativo no controle de pó teria sido alcançado se a estação simplesmente desligasse o transportador quando não estivesse carregando carvão. Quando é permitido que a correia opere vazia, o material de retorno seca, e o raspador da correia tira o material seco fino/menor da correia, bem como dos roletes de retorno.

Estimando o Pó Evitado pelo Raspador

Como previsto, o pó gerado dentro do chute

é tratado pelo(s) sistema(s) ativo(s) ou passivo(s) de controle de pó; a quantidade de pó gerada pela correia no ciclo de retorno é diretamente proporcional à quantidade de material de retorno na correia. A mudança contínua de condições no tratamento de materiais a granel dificulta o cálculo de um valor preciso para o pó gerado pelo processo de transporte ou evitado pela limpeza da correia. Calcular a quantidade de pó que poderia ser liberada requer uma série de suposições e estimativas; sem dados específicos da aplicação atual, é basicamente um exercício teórico. Usando as mesmas suposições e estimativas, pode ser mostrado que instalar um sistema de limpeza de correias suficiente, controlá-lo adequadamente e não permitir que a correia opere vazia por períodos muito longos resultará em uma redução significativa no pó que potencialmente escaparia do transportador.

Um Problema de Amostragem

Um transportador comum em uma aplicação de mineração ou de geração de energia sem sistema de limpeza de correias instalado sofreria acúmulo de material de retorno a uma média de 500 gramas por metro quadrado (1,6 oz/ft²) na superfície da correia que está transportando carga. Adicionar um sistema de limpeza duplo bem instalado e bem controlado reduzirá o material de retorno a menos de 100 gramas por metro quadrado (0,3 oz/ft²). Sistemas mais

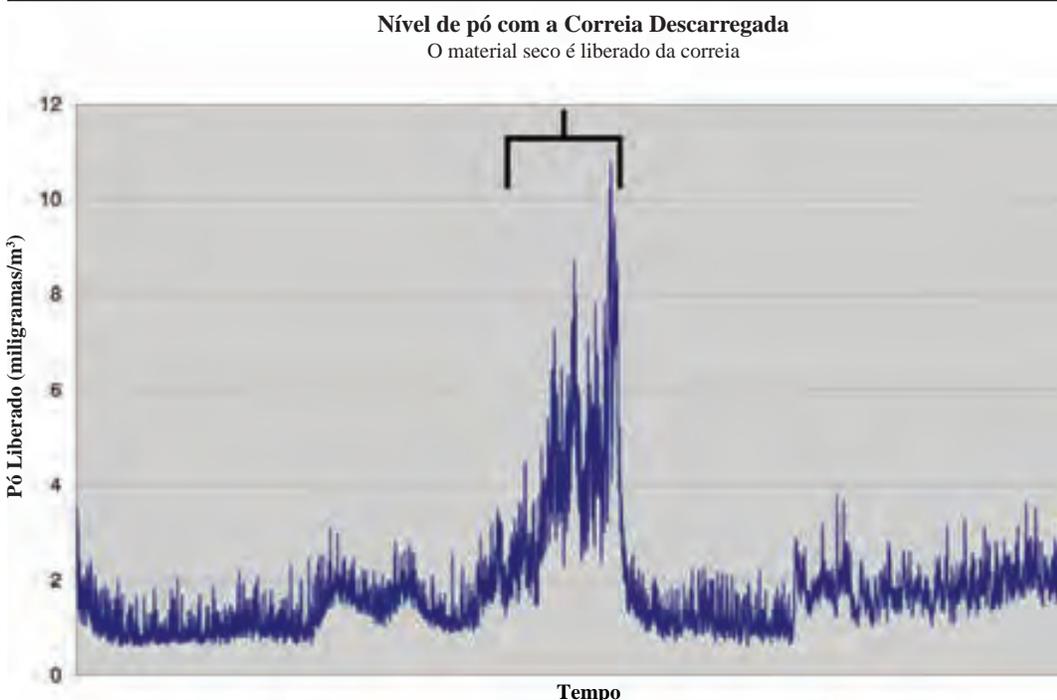


Figura 14.79

As emissões de pó de uma correia em operação de uma estação aumentam por um intervalo de tempo após a correia operar descarregada por tempo suficiente para permitir que o material morto seque e seja despreendido da correia.

avançados – usando mais raspadores ou uma estação de lavagem de correias – podem reduzir mais o material morto a 10 gramas por metro quadrado (0,03 oz/ft²). Considerando que 10 gramas por metro quadrado (0,03 oz/ft²) possa parecer um valor alto, deve-se levar em conta que um único risco/arranhão na superfície da correia, que tenha 0,14 milímetros (0,006 in.) de largura e 0,14 milímetros (0,006 in.) de profundidade, pode conter 10 gramas (0,4 oz) de material (com uma gravidade específica de 1,0) por metro (3 ft) do comprimento da correia. Pode-se assumir, com base no nível de limpeza, que de 25% a 75% do material morto deixado na correia após a limpeza da correia estão ocultos na correia, em rachadura, fendas e na rigidez geral da superfície (*Referência 14.5*).

Os outros fatores primários para fazer uma estimativa da geração de pó da limpeza da correia são a velocidade da correia e as horas de operação. Para reduzir o número de cálculos e gráficos necessários, é usada uma velocidade de correia padrão de 1 metro por segundo (200 ft/min); outras velocidades de correia podem ser excedidas linearmente – por exemplo, uma velocidade de correia de 3 metros por segundo (600 ft/min) significa três vezes os valores a 1 metro por segundo (200 ft/min).

Cálculos de Amostra

Suposições

As suposições (**Tabela 14.5**) são baseadas em valores típicos de material de retorno de

experiência em medição de desempenho de sistemas de limpeza de correias, sob uma variedade larga de condições em mineração de rochas rígidas e carvão. Para ser conservativo, assume-se que o índice de pó é 100% e que todo o material de retorno nesse exemplo é de 100 microns (0,0039 in.) ou menos. Portanto, todo o material de retorno é potencialmente pó liberado no ar. Os níveis I, II e III representam categorias padrão de material de retorno que corresponde consideravelmente a um raspador, dois raspadores e três raspadores ou um sistema de limpeza de correia, respectivamente.

Definições

As definições seguintes são usadas para fornecer explicação para as suposições:

A. Material de retorno.

Material de retorno é o peso seco de material aderente na correia após ela descarregar a carga. A quantidade de material de retorno na correia pode ser medida usando uma barra de medida e procedimentos laboratoriais subsequentes. Se as propriedades de aderência do material a granel são conhecidas, pode ser feita uma estimativa melhor da quantidade de material de retorno na correia (*Referência 14.9*). Sem raspadores acionados, a suposição para esse exemplo é de que o material morto será de 500 gramas por metro quadrado (1,639 oz/ft²) da superfície limpa da correia.

B. Fator de material de retorno

Tabela 14.5

Suposições	Exemplos Sugeridos			
	Nível de Limpeza de Correia			
	Sem Raspadores	Nível I	Nível II	Nível III
Material de Retorno g/m ² (oz/ft ²)	500 (1,6)	250 (0,8)	100 (0,3)	10 (0,03)
Fator de Material de Retorno	88%	75%	50%	25%
Tamanho de Partícula µm (in.)	menos 100 (0,004)	menos 100 (0,004)	menos 100 (0,004)	menos 100 (0,004)
Largura da Correia Limpa	67%	67%	67%	67%
Velocidade da Correia m/s (ft/min)	1,0 (200)	1,0 (200)	1,0 (200)	1,0 (200)

O fator de material de retorno é a porcentagem estimada de material de retorno que será despejada da correia para baixo, a partir dos raspadores, por componentes como os roletes de retorno e as polias traseiras. Quanto mais limpa a correia estiver, mais baixa será a porcentagem de material de retorno que será desprendida da correia, pois tanto o material restante é capturado nas fendas e danificações da correia, quanto as partículas são suficientemente aderentes para permanecer na superfície da correia.

C. Tamanho das partículas.

Para esse exemplo, assume-se que 100% do material de retorno é pequeno o bastante para ser desprendido como pó. Na prática atual, pode ser realizada uma análise granulométrica para determinar a porcentagem de partículas de material de retorno que sejam pequenas o bastante para virar pó e os resultados dos cálculos multiplicados pela porcentagem das partículas menores que 100 microns (0,0039 in.).

D. Largura da correia limpa.

Apenas uma porção da correia está em contato com o material a granel, e essa é a largura que deve ter o material de retorno retirado. A suposição é de que a “rule of thumb” da CEMA de largura da correia de dois terços para espaçamento da calha-guia é uma estimativa razoável para essa variável. A largura atual pode ser medida e usada em lugar dessa suposição.

E. Velocidade da correia.

A velocidade da correia é a velocidade da correia em metros por segundo (ft/min). É usado um valor de 1,0 metro por segundo (200 ft/min) para esse exemplo. Os resultados de outras velocidades de correia podem ser excedidos pela multiplicação da velocidade de correia atual em metros por segundo (ft/min). O mesmo excesso é possível com o período de tempo (minutos a horas, dias, semanas, etc.) e com a largura da correia, pois a relação com as quantidades de material de retorno geradas é linear.

Equação

O cálculo pode determinar a quantidade potencial de pó gerado pelo material morto (**Equação 14.3**). Podem ser feitos cálculos adicionais para várias larguras de correia e níveis de desempenho de limpeza, com o restante das variáveis mantidas igualmente (**Figura 14.80**). Como pode ser visto pelo exemplo, a redução no pó potencial é de 89%, instalando um sistema que alcançará uma limpeza de nível II. Geralmente, um sistema que alcançará um desempenho de limpeza de nível II consiste em ao menos um pré-raspador e um raspador secundário, ambos selecionados e medidos adequadamente para a aplicação. A carga de pó pode ser determinada pelo cálculo da quantidade de ar percorrendo o ponto de transferência por minuto e pela adição do pó gerado por minuto (*Referência 14.10*).

Conclusão

Uma fonte principal de pó trata de transportadores que podem operar vazios por longos períodos de tempo. Conforme a correia opera vazia, o material de retorno seco e é mais facilmente liberado no ambiente pelo contato com componentes como os roletes de retorno e as polias traseiras. Ao reduzir o material de retorno, os sistemas projetados de limpeza da correia reduzem significativamente a quantidade potencial de pó liberada no sistema de transporte e no ambiente.

A instalação e manutenção adequadas de raspadores de correia dentro do compartimento de armazenagem é crucial para manter a eficácia de limpeza e para mitigar a geração de pó. Se as medidas atuais estão disponíveis para variáveis críticas, pode ser calculada uma estimativa razoável projetada do pó liberado pela correia após sua limpeza.

BENEFÍCIOS DO CONTROLE DE MATERIAL DE RETORNO

Finalizando...

Raspadores de correia se apresentam numa variedade grande de tipos e materiais e devem ser selecionados para se adaptar às condições de aplicação e do material. Para uma limpeza efetiva, a escolha do(s) raspador(es) deve ser acompanhada por especialistas experientes em

seu modelo e nas características do material a ser transportado.

Quando selecionados, instalados e reparados apropriadamente, os sistemas de limpeza da correia podem ser eficazes na redução

de material de retorno. Reduzir vazamento e pó, por sua vez, reduz a necessidade de manutenção e os acidentes, muitos dos quais acontecem quando trabalhadores estão limpando materiais fugitivos. Reduzir material de retorno também protege a correia e os componentes do transportador contra danos,

Equação 14.3

Calculando o pó potencial gerado.

$$DG = BW \square Cb_f \square DI \square BS \square WC \square Cb \square k$$

Dados: Uma correia de 1.500 milímetros (60 in.) de largura está carregando material a uma velocidade e 1 metro por segundo (200 ft/min). O fator de material de retorno é de 88%; o índice de pó é de 100%; e a largura limpa é de 67%. O nível de material de retorno para ausência de raspadores é de 500 gramas por metro quadrado (1,639 oz/ft²).
Encontrar: O potencial de pó gerado.

Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
DG	Pó Gerado	quilogramas por minuto	libra por minuto
BW	Largura da Correia	1.500 mm	60 in.
Cb_f	Fator de Material de Retorno	0,88 (88%)	0,88 (88%)
DI	Índice de Pó	1,0 (100%)	1,0 (100%)
BS	Velocidade da Correia	1,0 m/s	200 ft/min
WC	Largura Limpa	0,67 (67%)	0,67 (67%)
Cb	Material de Retorno	500 g/m ²	1,639 oz/ft ²
k	Fator de Conversão	0,00006	0,00521
Métrico: $DG = 1500 \square 0,88 \square 1 \square 1 \square 0,67 \square 500 \square 0,00006 = 26.5$			
Imperial: $DG = 60 \square 0.88 \square 1 \square 200 \square 0.67 \square 1.639 \square 0.00521 = 60.4$			
DG	Pó Gerado	26,5 kg/min	60,4 lb _m /min

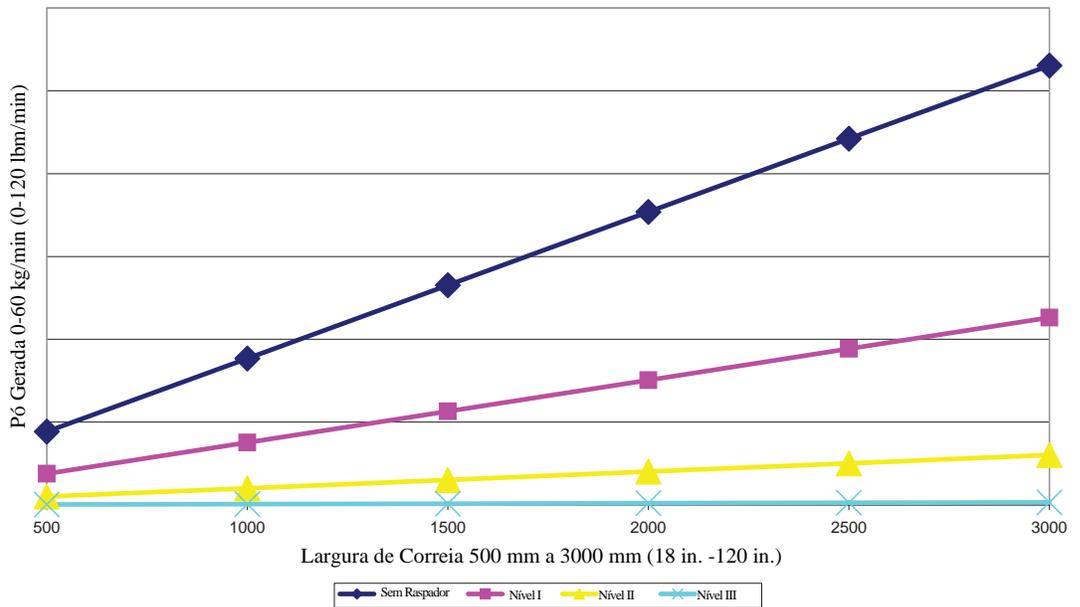
14

Figura 14.80

Pó potencial gerado para larguras de correia e níveis de limpeza diferentes.

Potencial de Pó Gerado

Considerando um índice de pó de 1, uma velocidade de correia de 1m/s (200 ft/min), uma largura limpa de 67% e fatores de material de retorno e de quantidades de material de retorno da Tabela 14.5





QUESTÃO DE SEGURANÇA

Falhas em instalar apropriadamente ou ao fazer manutenção de sistemas de limpeza da correia são frequentemente a raiz da maioria dos acidentes que ocorrem quando funcionários estão limpando ao redor de transportadores móveis.

Deve-se tomar um grande cuidado ao observar ou inspecionar os sistemas de raspadores de correias. É recomendado que apenas pessoas qualificadas e treinadas instalem e realizem a manutenção dos sistemas de limpeza da correia e afins. O manual do fabricante geralmente traz informações importantes, e grupos industriais tais como a CEMA fornecem informações de segurança e sinalização de alerta padronizados.

Deve ser feita uma análise de segurança antes do trabalho, comumente denominada Análise de Segurança do Trabalho (Job Safety Analysis - JSA), antes da instalação ou manutenção dos raspadores de correia ou da limpeza de qualquer acúmulo de material fugitivo. Alguns tópicos abordados na JSA são:

- A. Os procedimentos de desligar/ bloquear/ sinalizar devem ser seguidos.
- B. Deve-se atentar para não efetuar procedimentos de manutenção ou ajuste enquanto o transportador estiver operando sem uma concordância rigorosa com o regulamento de segurança nacional, estadual, local e interno.
- C. Raspadores de correia instalados em posições elevadas ou sobre áreas perigosas, tais como uma balsa carregada sobre um rio, podem requerer precauções especiais, tais como sistemas de proteção a queda.
- D. Manutenção de limpadores de correia em áreas enclausuradas requer o seguimento de procedimentos em espaço confinado.
- E. Os chutes normalmente contêm equipamentos, tais como aparelhos de ajuda de fluxo e amostradores, que podem se iniciados automaticamente. Todos os aparelhos devem ser desligados/ bloqueados/ sinalizados separadamente do condutor principal do transportador para impedir danos aos funcionários.
- F. Os raspadores de correia estão geralmente localizados em áreas sujeitas a acúmulo de materiais fugitivos e acúmulo de graxa, água ou lixo, que podem gerar perigos de deslizamento e queda. Esses acúmulos devem ser removidos antes de começar os procedimentos de manutenção.
- G. As placas de alerta ilegíveis devem ser substituídas.
- H. Procedimentos de segurança local, recomendados e requeridos pelo fabricante, devem ser seguidos enquanto se realiza a manutenção de sistemas de limpeza de correia.

estendendo sua vida útil e prevenindo outros vazamentos causados pelo uso vazio da correia.

A Seguir...

Esse capítulo sobre limpeza de correia, o primeiro capítulo da seção Ciclo de Retorno da Correia, discutiu meios de remover material de retorno para prevenir material fugitivo de cair da correia no ciclo de retorno. Os próximos dois capítulos, Raspadores de Proteção das

Polias e Alinhamento das Correias continuam essa seção e descrevem métodos adicionais para redução de vazamento.

REFERÊNCIAS

- 14.1 Swinderman, R. Todd and Lindstrom, Douglas, Martin Engineering. (1993). "Belt Cleaners and Belt Top Cover

- Wear,” *National Conference Publication No. 93/8*, pp. 609–611. Paper presented at The Institution of Engineers, Australia, 1993 Bulk Materials Handling National Conference.
- 14.2 Rhoades, C.A.; Hebble, T.L.; and Grammes, S.G. (1989). *Basic Parameters of Conveyor Limpeza de Correia*, Report of Investigations 9221. Washington, D.C: Bureau of Mines, US Department of the Interior.
- 14.3 Planner, J.H. (1990). “Water as a means of spillage control in coal handling facilities.” In *Proceedings of the Coal Handling and Utilization Conference: Sydney, Australia*, pp. 264–270. Barton, Australian Capital Territory, Australia: Institution of Engineers, Australia.
- 14.4 S&S Concepts, Inc., Pittsburgh, PA., USA. Courtesy photo of Drip-N-Ram Conveyor, SSConceptsSales@verizon.net.
- 14.5 Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (2004). “Standard for the Specification of Limpeza da Correia Systems Based on Performance.” *Bulk Material Handling by Conveyor Belt 5*, pp. 3–8. Edited by Reicks, A. and Myers, M., Littleton, Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).
- 14.6 Martin Supra Engineering. (2008) *Carryback Test/Sum/SBM-001-SBW-05-2008*. Unpublished report for P.T. Martin Supra Engineering: Newmont, Indonesia.
- 14.7 Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (May 1991). “The Conveyor Drive Power Consumption of Belt Cleaners,” *Bulk Solids Handling*, pp. 487–490. Clausthal-Zellerfeld, Germany: Trans Tech Publications.
- 14.8 Wood, J. P. (2000). *Containment in the Pharmaceutical Industry*. Informa Health Care.
- 14.9 Roberts, A.W.; Ooms, M.; and Bennett, D. *Conveyor Limpeza da Correia – A Bulk Solid/Belt Surface Interaction Problem*. University of Newcastle, Australia: Department of Mechanical Engineering.
- 14.10 Swinderman, R. Todd; Goldbeck, Larry J.; and Marti, Andrew D. (2002). *FOUNDATIONS3: The Practical Resource for Total Dust & Material Control*. Neponset, Illinois: Martin Engineering.

15



Figura 15.1

Os limpadores de proteção da polia são instalados para remover pedaços e componentes perdidos da correia antes que eles possam danificar a polia ou a correia.

Capítulo 15

LIMPADORES DE PROTEÇÃO DAS POLIAS

Preservando as Polias	245
Construção e Colocação dos Limpadores.....	247
Especificações Mais Utilizadas.....	249
Questão de Segurança.....	250
Tópicos Avançados.....	250
Proteção de Polia como Garantia Econômica	251

Neste Capítulo...

Este capítulo examina o uso de limpadores de proteção de polias como uma forma de “seguro” de baixo custo contra dano à correia e à polia. Visa-se a necessidade de tais limpadores e o dano que pode ser causado sem eles, bem como considerações a ponderar na seleção e instalação dos limpadores de proteção de polias.

Os limpadores de proteção de polias são componentes que bloqueiam qualquer cascalho ou componente perdido do transportador, como roletes condutores, lâminas de raspadores de correia ou sucata, impedindo que fiquem presos entre a correia e a polia traseira ou outras polias onde eles possam danificar a polia e a correia (**Figura 15.1**). Os limpadores de proteção, enquanto não projetados como raspadores de correia, podem remover materiais fugitivos com uma limpeza simples de baixa pressão, que direciona o material para fora da correia de retorno, semelhante a um raspador de neve.

Conforme a correia transportadora retorna do seu ponto de descarga (normalmente a polia de descarga) para sua zona de carregamento, ela passará sobre uma série de polias. Esses componentes de roletes do lado de retorno incluem a polia de levantamento, a(s) polia(s) de suporte e, pouco antes de a correia alcançar a zona de carregamento, a polia traseira. Ocasionalmente, durante seu ciclo de retorno, ela coletará e carregará um cascalho do material vazado, sucata ou mesmo um componente perdido do transportador para a polia traseira, no lado sem carga da correia. Se esses objetos não forem removidos da correia, eles ficarão presos e danificarão a polia e a correia. Esse é o motivo de os limpadores de proteção de polias – comumente chamados de limpadores traseiros – serem instalados próximos ao fim do transportador, seu local de montagem de maior incidência (**Figura 15.2**).

PRESERVANDO AS POLIAS

Ameaças à Pólia e ao Transportador

O travamento de qualquer elemento entre a correia e a polia pode causar um dano significativo ao sistema de transporte (**Figura 15.3**). Quando o material fugitivo é preso entre

a correia e a polia, é provável que ocorram uma ou mais falhas:

A. Degradação do material fugitivo.

Se o material falha, ele se quebrará em partículas e será carregado entre a correia e a polia. O material preso nesse local pode permitir que a correia deslize contra a polia, causando desgaste ao lado inferior sem carga da correia. Mesmo partículas pequenas e resíduos podem desgastar e serem triturados na superfície interior menos durável e de fácil danificação da correia. Além disso, o material que acumula nas polias traseiras causará um descontrole na correia que, por sua vez, poderá danificar a superfície da correia e/ou a estrutura do transportador.

B. Falha da correia.

Qualquer material preso entre a correia e a polia tem o potencial de forçar sua direção através da cobertura da correia, particularmente se o material é um cascalho com pontas afiadas. Esse material gera uma superfície desnivelada na correia e pode ser o ponto inicial de buracos, fendas e rachaduras pela extensão da correia.

C. Falha da polia.

Se o material e a correia não falham, a

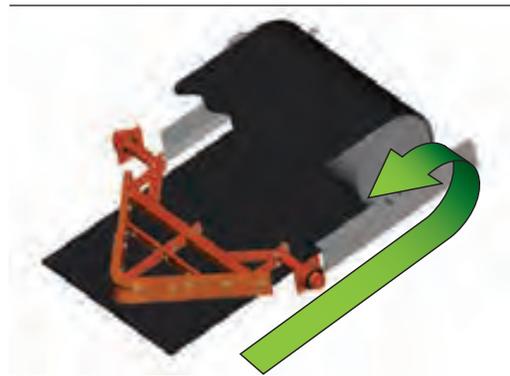


Figura 15.2

O local mais comum de limpadores de proteção de polias é o fim do transportador.



Figura 15.3

O travamento de material entre a correia e a polia pode danificar a polia e/ou a correia.

frente da polia traseira provavelmente é danificada. Uma polia danificada causará o desalinhamento ou a danificação da correia e o deslize da polia.

O problema mais preocupante desencadeado do travamento de material entre a correia e a polia é o fato de que ele pode ser um fenômeno recorrente. Uma vez que um pedaço de material alcança a polia, ele pode ser apertado entre esta e a correia, carregado pela rotação da polia e projetado de volta para o lado de retorno da correia. Uma vez lá, ele passará novamente pela polia para ser preso outra vez (**Figura 15.4**). Em essência, se ele inicialmente não quebra algum componente do sistema, o cascalho continuará tentando, até que ocorra uma falha ou que o cascalho seja removido da correia. Se o material for forte o bastante, ele pode destruir a seção inteira da polia traseira de um transportador e danificar a correia.

Evitando Danos na Polia

Em um sistema de transporte, onde estabilidade é a chave para o controle do material fugitivo, qualquer dano à correia ou à

polia pode afetar negativamente o desempenho do sistema. Ao eliminar as possíveis fontes de dano do transportador, o sistema inteiro é melhorado, e os riscos de pó e vazamento são reduzidos drasticamente.

A proteção básica contra esse travamento de material entre a correia e a polia é o controle de carga. A trajetória correta e a altura de despejo de material, junto com a relação entre a velocidade do material de carga e a velocidade da correia em movimento, são fatores que podem ajudar a determinar a carga, reduzir a agitação e minimizar o vazamento de material. A manutenção do alinhamento adequado da correia também é necessária para reduzir o vazamento que pode derramar material sobre o lado de retorno da correia.

Um método adicional disponível para evitar que a carga caia no lado de retorno da correia é fechar ou cobrir a correia de retorno com tábuas. Em transportadores longos, isso pode se tornar uma proposta cara. Portanto, o capeamento raramente é aplicado em locais além dos próximos à zona de carga. Mesmo com a aplicação de tábuas em toda a extensão do transportador, o material pode acumular-se sobre as tábuas e eventualmente escorregar sobre o ciclo de retorno do transportador, gerando a necessidade de um aparelho de proteção de polias.

Com instalações ideais e independentemente de outras precauções, ainda há a possibilidade de que os componentes perdidos ou material transportado escorregue para dentro da correia. Consequentemente, há a necessidade de um sistema para evitar que esses itens danifiquem os componentes de rolagem do transportador. Esses limpadores de proteção de polias são muito comumente instalados na polia traseira, mas, dependendo das características do material específico e de cada transportador, eles também podem ser úteis para proteger o levantamento ou outras polias (**Figura 15.5**).

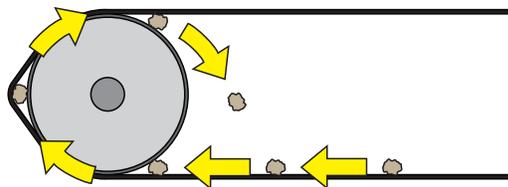
Essa é a Função de um Limpador

Um limpador de proteção de polias remove os materiais fugitivos com uma raspagem simples de baixa pressão, que direciona o material para fora da correia, como um raspador de neve. Em vez de limpar resíduos para fora da correia, a função primária de um limpador é impedir qualquer fragmento grande

15

Figura 15.4

Acima: Um fragmento preso entre a polia e a correia pode ser carregado pela polia e projetado de volta para a correia, sendo preso novamente.



Abaixo: Um limpador de proteção de polia removerá os cascalhos da correia para evitar sua captura.

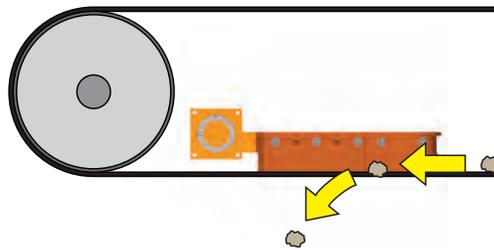
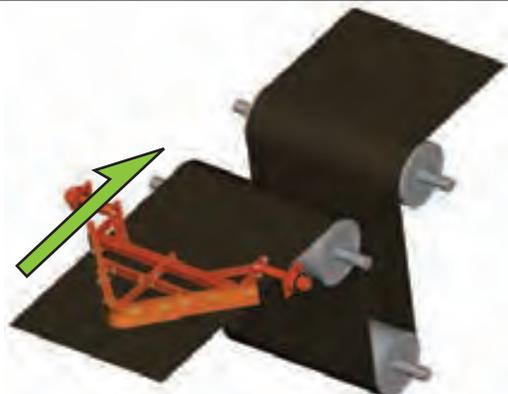


Figura 15.5

Normalmente instalados na polia traseira, os limpadores também podem ser úteis para proteger o levantamento ou outras polias.



ou componentes perdidos do transportador, como roletes condutores, lâminas de raspadores de correia ou outras sucatas, de entrar na polia traseira, onde eles podem danificar a correia (**Figura 15.6**).

Um limpador que é instalado logo abaixo da correia tem o potencial de capturar um pedaço de material contra a correia e, portanto, deixar a superfície menos vulnerável a danos e abrasão, com a possibilidade de rasgar a correia. Os limpadores de proteção de polias normalmente são projetados para ficar suspensos sobre a superfície da correia, usando tanto o peso do limpador ou um mecanismo de tensionamento para manter o limpador com uma pressão leve, 13 a 20 kPa (2 a 3 lbf / in.²), contra a correia. Esses limpadores são projetados para construções pesadas e altos o bastante para impedir materiais de movimento rápido de percorrerem a superfície do limpador.

Mais do que Fragmentos?

Se a correia está transportando quantidades significativas de fragmento ou líquido sobre a superfície, deve ser adotado o passo seguinte, providenciando um sistema de limpeza da correia de retorno. Ao custo de consumir uma potência adicional de condução do transportador, esse sistema proporcionará uma remoção eficaz de material, reduzindo o risco de deslize do chute e acúmulo de material na polia.

Um limpador de proteção de polias usado para limpar resíduos da correia deve ser colocado em uma posição, como logo abaixo do ponto de descarga, para raspar o vazamento da correia e descarregar o material onde ele possa ser facilmente coletado. Deve-se ter cuidado ao descarregar materiais fugitivos na área da polia traseira, pois isso pode acarretar uma série de outros problemas, inclusive acúmulo de material abaixo do transportador. Como com qualquer raspador de correia, o material removido que acumula sob o transportador pode gerar um desgaste prematuro da cobertura da correia.

CONSTRUÇÃO E COLOCAÇÃO DOS LIMPADORES

Construção dos Limpadores

Os aparelhos de proteção de polia normalmente são elaborados como limpadores de forma linear ou forma V, usando uma estrutura de ferro com uma lâmina plástica, de poliuretano ou de borracha, direciona qualquer material fugitivo para fora da correia. Para evitar que fragmentos grandes sejam “arremessados” dos limpadores e fiquem presos pela suspensão do limpador, na estrutura do transportador ou entre a correia e a polia, os limpadores devem permanecer tão altos quanto o maior fragmento transportado, com uma altura mínima de 100 milímetros (4 in.). No caso de correias de alta velocidade, pode ser vantajoso aumentar a altura do limpador para metade da altura total da polia que ele está protegendo. É aconselhável cobrir o “espaço interior” da polia para evitar que o material fique preso no próprio limpador.

O limpador deve incluir um cabo de segurança, que deve ser anexado a um ponto acima e à frente da sua parte condutora. No caso de uma falha de montagem, esse cabo evitará que o limpador transite até a polia e cause um dano que o limpador está tentando evitar.

Em transportadores de correia que operam em uma direção apenas, o limpador de correia de retorno normalmente é um “limpador-V” (**Figura 15.7**). O vértice do V está à frente da polia dianteira para que qualquer material perdido carregado na superfície interior da correia seja mudado da direção do transportador pelas asas do limpador.

Se a correia possui uma operação reversa ou um rolamento contrário, o aparelho instalado deve ser um limpador diagonal que forneça



Figura 15.6

O limpador-V é instalado de forma que o vértice do V aponte para a polia motriz, desviando o material perdido da correia com uma ação de limpeza de baixa pressão.

uma proteção de limpeza em ambas as direções (**Figura 15.8**). Os limpadores diagonais normalmente são instalados pela correia em um ângulo de 45° para a direção do trajeto (**Figura 15.9**). Se a correia opera em duas direções, onde as duas polias podem servir como polias traseiras, então, deve ser instalado um limpador em cada ponta do transportador.

Colocação da Proteção de Polia

Os limpadores devem ser cuidadosamente colocados de forma que o material removido da correia não gere um risco, conforme ele caia ou onde ele se acumule.

Assim como é importante ter um rolete acima do limpador de correia secundário que forneça pressão em sentido inferior para evitar que o limpador erga a correia, é importante ter um ou dois roletes de pressão abaixo da instalação do limpador de proteção de polia. Nesse caso,

a função é evitar que o limpador mude a linha da correia, empurrando/pressionando a correia para baixo, de forma que o material possa passar por baixo da lâmina. Dependendo do espaço disponível, pode ser um único rolete de condução colocado diretamente sob o limpador ou um par de condutores de retorno, um instalado antes do limpador e um depois.

Como qualquer outro componente do transportador que tocará a correia, a instalação de um aparelho de proteção de polia aumentará a fricção contra a correia em movimento. Consequentemente, essa força aumentará as exigências de potência de condução do transportador.

Na sexta edição do livro *Belt Conveyors for Bulk Materials*, a Associação de Fabricantes de Equipamentos para Transportadores (Conveyor Equipment Manufacturers Association - CEMA) oferece uma configuração recomendada de 2 libras-força por polegada da largura da correia como a força normal para a pressão correia-limpador (o equivalente métrico é 0,35 newtons por milímetro da largura da correia). Essa pressão pode ser convertida para consumo de potência usando fórmulas (**Equação 15.1**).

Considerações para Seleção do Protetor de Polias

Ao especificar um aparelho de proteção de polias, há uma série de fatores que deve ser considerada. Um limpador deve:

A. Fornecer pressão firme e flexível.

A pressão firme e flexível permitirá que o aparelho limpe a superfície da correia. A função do aparelho é remover eficaz e eficientemente o material e ainda ajustar automaticamente para configurar quanto a desgaste da lâmina e variações no caminho, velocidade e movimento da correia.

B. Ser montado com segurança.

O limpador deve ser montado firmemente, a fim de minimizar o risco de ele se soltar da instalação e colocar em risco os componentes do transportador para cuja proteção ele foi instalado. A instalação deve incluir um cabo de segurança para proteger o sistema de transporte caso a instalação do limpador vacile (**Figura 15.10**).

15

Figura 15.7

O limpador-V é usado em correias que operam em apenas uma direção.



Figura 15.8

Em transportadores reversíveis, o limpador diagonal fornecerá uma proteção de limpeza em ambas as direções de operação.



Figura 15.9

Os limpadores diagonais são instalados pela correia em um ângulo de 45° para a direção do trajeto.



$P = BW \square f_c \square V \square f \square k$			
Dados: Um limpador de poliuretano sobre uma correia de 900 milímetros (36 in.), operando a 3 metros por segundo (600 ft/min). Encontrar: A potência adicionada ao condutor devido ao limpador.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
P	Consumo de Potência Adicionada ao Condutor da Correia	quilowatts	cavalos de potência
BW	Largura da Correia	900 mm	36 in.
f_c	Carga por Largura da Correia (Conforme CEMA)	0,35 N/mm	2 lb _f /in.
V	Velocidade da Correia	3 m/s	600 ft/min
f	Coeficiente de Fricção (Conforme PADRÃO CEMA 575-2000)	0,5 (UHMW) 1,0 (Urethane) 1,0 (Rubber)	0,5 (UHMW) 1,0 (Urethane) 1,0 (Rubber)
k	Fator de Conversão	1/1000	1/33.000
Métrica: $P = \frac{900 \square 0,35 \square 3 \square 1}{1000} = 0,945$ Imperial: $P = \frac{36 \square 2 \square 600 \square 1}{33,000} = 1,3$			
P	Consumo de Potência Adicionado ao Condutor da Correia	0,945 kW	1,3 hp

Equação 15.1

Consumo de potência de um limpador de proteção de polia

C. Ser elaborado para fácil instalação.

O limpador deve ser fácil de instalar para minimizar a ociosidade do sistema durante o procedimento de instalação. Por exemplo, o aparelho deve se encaixar dentro da estrutura de transporte sem precisar de modificações grandes ao aparelho ou à estrutura.

D. Ser elaborado com uma lâmina durável e facilmente substituível.

A fim de oferecer uma vida útil longa e permitir uma manutenção rápida, a lâmina deve ser fabricada de um material adequado às condições internas de aplicação e deve ser fixada de forma a ser facilmente extraída e substituída quando desgastada.

E. Ter acesso pronto/rápido.

O limpador deve ser instalado em uma área onde possa ser observado durante a operação e facilmente consertado.

A. Pressão flexível.

Se o aparelho for elaborado para tocar a superfície da correia, o desenho deve permitir que o limpador “flutue” pela superfície da correia com uma pressão firme e flexível.

B. Cabo de segurança.

O aparelho deve ser instalado com um cabo de segurança para proteger a correia e a polia, caso haja uma falha de montagem inesperada.

C. Lâmina substituível.

O modelo deve incorporar uma lâmina facilmente substituível, de borracha, plástico ou poliuretano.

D. Cobertura completa da correia**ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS**

Devem ser posicionados um ou mais limpadores sobre o lado de retorno da correia para remover o material fugitivo antes que ele possa ficar travado entre a correia e um componente de rolagem, de acordo com as seguintes especificações:

**Figura 15.10**

A corrente de segurança fornece proteção em caso de falha de montagem do limpador.

A lâmina do limpador deve fornecer uma cobertura completa da correia para evitar que cascalhos deslizem em volta do limpador nas laterais.

E. Localização.

O limpador deve ser localizado de forma que o material limpo da correia possa ser projetado com segurança do transportador, sem acertar o reforçador, outros componentes ou a passagem; ele deve ser colocado em um lugar seguro e conveniente para limpeza.

F. Transportadores unidirecionais.

Em transportadores unidirecionais, o limpador-V deve ser instalado entre o último condutor de retorno e a polia traseira. Podem ser necessários aparelhos adicionais para proteger outras polias ou limpar a cobertura inferior da correia.

G. Transportadores reversíveis.

Em transportadores reversíveis, os limpadores de retorno diagonais devem ser instalados nas duas pontas do transportador e montados pela correia em um ângulo de 45°.

ser muito grande se houver condições como alta velocidade da correia e cascalhos grandes. Essas forças de impacto grande devem ser consideradas ao selecionar o equipamento, especialmente em vista da demanda contínua de aumento da velocidade da correia.

A única variável controlável pelo projetista de um limpador é a constante elástica (k) nesse componente. Essa variável é a capacidade da lâmina do limpador de absorver, amenizar ou desviar um cascalho em movimento sem dano. Da mesma forma que soltar um ovo sobre um colchão (em vez de um chão de concreto) reduz a força de impacto, o uso de materiais “mais leves” nas lâminas e a incorporação de molas ou outros elementos flexíveis na montagem do limpador aumentam a chance de o limpador lidar com as forças de impacto do cascalho. Como exemplo, um cascalho/ pedaço de material pesando 2,25 quilogramas (5 lbf), percorrendo 3 metros por segundo (600 ft/min), em uma correia em movimento, vai se chocar com o limpador com uma força de 815 newtons (183 lbf). No entanto, se o cascalho, na mesma velocidade, se chocar com um limpador equipado com uma lâmina cujas propriedades de absorção de impacto sejam duas vezes maiores, o choque terá uma força de apenas 199 newtons (45 lbf). Essa força de impacto reduzida resulta em exigências menores de força/resistência do limpador, o que, por sua vez, reduz o custo do equipamento.

TÓPICOS AVANÇADOS

O impacto causado por um cascalho ou outros objetos carregados sobre a correia pode



QUESTÕES DE SEGURANÇA

Como os limpadores de proteção de pontas são posicionados no ciclo de retorno ou no lado sem carga da correia e próximo à polia traseira, eles normalmente estão em lugares fechados e quase inacessíveis. Isso dificulta sua operação e até mesmo levanta um risco de segurança para a equipe de inspeção.

As questões de segurança são primordiais quando o transportador está em operação. É importante que se tome muito cuidado para evitar travamento no equipamento em rotação ao realizar a inspeção. Não

devem ser tentados procedimentos de serviço enquanto o transportador estiver em operação. Os procedimentos de restrição/listagem/bloqueio/teste adequados devem ser praticados antes de operar os transportadores ou seus componentes para garantir que a correia não entre em movimento.

Devem ser colocados sinais de alerta em todos os locais do limpador, indicando os pontos de risco. Também se deve tomar cuidado quanto à projeção de objetos da correia pelo limpador.

Um entendimento sobre essas forças de impacto, combinado com novos desenvolvimentos no modelo, permitem uma operação que combine melhor a aplicação e o modelo do limpador de proteção de polias. Isso permite uma seleção mais rentável de um sistema de proteção que atenda aos requisitos de desempenho. O fabricante do limpador deve ser capaz de calcular as forças de impacto para aplicações e determinar o limpador de proteção de polias mais adequado. Pode haver objetos mais pesados que possam se chocar com o limpador, como mandíbulas das caçambas de carga e roletes quebrados do transportador, mas a maioria dos impactos estaria dentro das capacidades de força do limpador.

PROTEÇÃO DE POLIAS COMO UMA GARANTIA ECONÔMICA

Finalizando...

Enquanto a maioria dos aparelhos de proteção de polias são aparelhos consideravelmente simples, algumas inovações demonstram as vantagens de usar sistemas projetados em vez de limpadores produzidos internamente. Através de inovações no modelo e na construção, os limpadores de proteção de polias estão disponíveis para proporcionar os benefícios de um sistema inteligente, enquanto minimizam o investimento inicial (**Figura 15.11**). Esses sistemas projetados podem fornecer uma solução de longa duração que oferece economia através de desempenho aprimorado, vida útil estendida e gastos de manutenção reduzidos, em vez das economias falsas das unidades produzidas de maneira caseira. Com o uso atual de sistemas de desenho auxiliados por computador para desenvolver novos transportadores, os limpadores projetados podem ser colocados durante a fase inicial do processo de projeção do transportador. Sistemas projetados de forma inteligente garantem espaço para instalação, operação, inspeção e manutenção do limpador de proteção de polias.

Instalados entre a polia e o condutor



Figura 15.11

Limpadores de proteção de polias projetados oferecem economia através de desempenho aprimorado, vida útil estendida e gastos de manutenção reduzidos.

de retorno mais próximo, os aparelhos de proteção de polias representam uma forma de “seguro” de baixo custo, quando comparados com os custos excessivos de manutenção do transportador, danos e possíveis substituições imprevistas da correia e/ou da polia.

A Seguir...

Visando métodos de controle de pó e vazamento, foram tratados dois tópicos relacionados a Ciclo de Retorno da Correia: Limpeza da Correia e, neste capítulo, Limpadores de Proteção das Polias. O terceiro e último capítulo desta seção tratará de Alinhamento das Correias.

REFERÊNCIAS

- 15.1 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*. Naples, Florida.
- 15.2 O site <http://www.conveyorbeltguide.com> é uma fonte não comercial valiosa sobre vários temas de correias.
- 15.3 Qualquer fabricante e a maioria dos distribuidores de produtos de transporte podem fornecer uma variedade de materiais sobre construção e uso de seus produtos específicos.

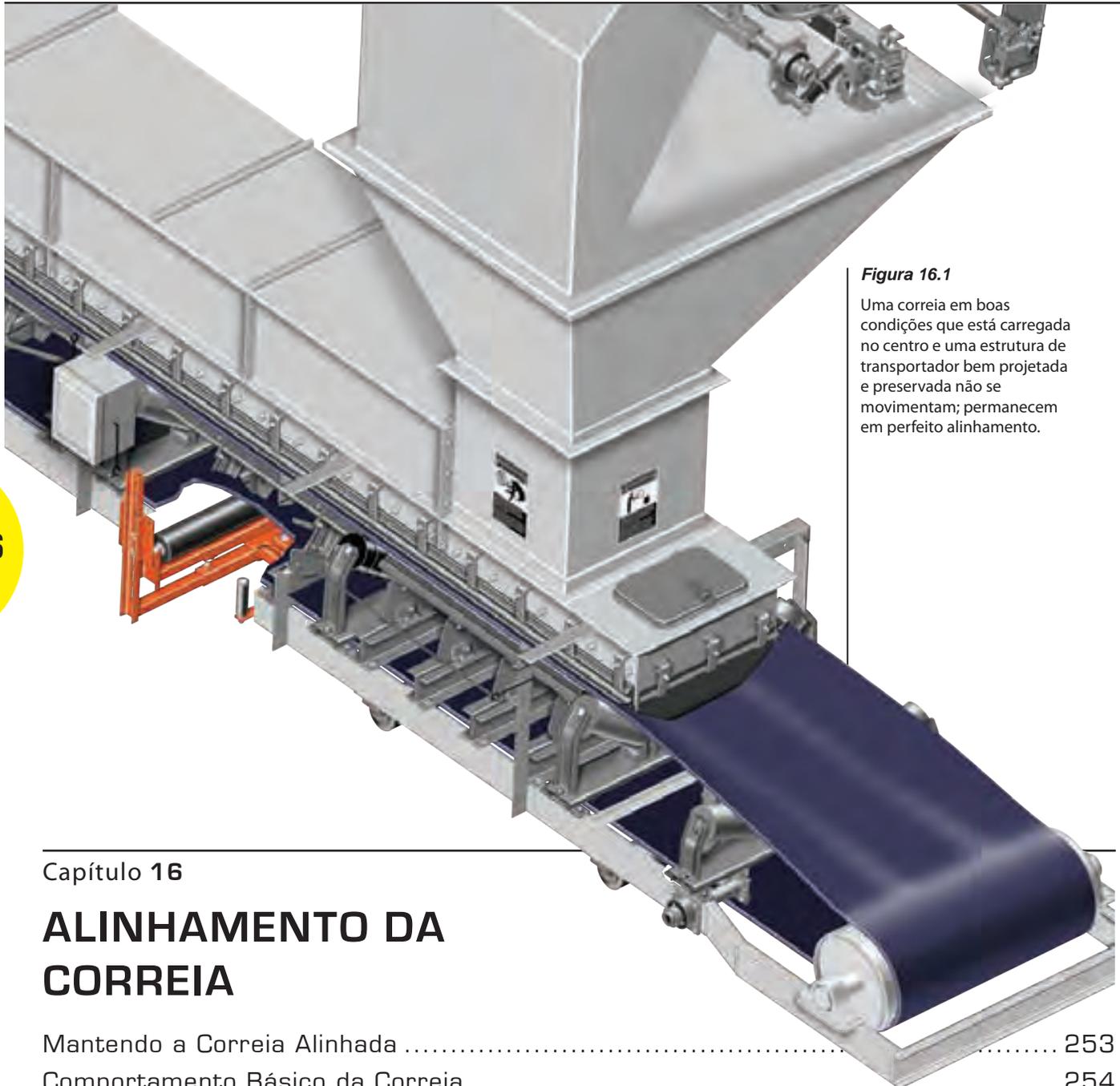


Figura 16.1

Uma correia em boas condições que está carregada no centro e uma estrutura de transportador bem projetada e preservada não se movimentam; permanecem em perfeito alinhamento.

Capítulo 16

ALINHAMENTO DA CORREIA

Mantendo a Correia Alinhada	253
Comportamento Básico da Correia	254
Causas de Desalinhamento	256
Investigando o Problema: A Pesquisa	260
Testando a Correia	261
Equipamento de Teste de Correias	265
Instalação de Alinhadores de Correia	272
Questão de Segurança	274
Manutenção do Sistema	274
Especificações Mais Utilizadas	274
Tópicos Avançados	275
Correias no Mundo Real	276

Neste Capítulo...

Neste capítulo focaremos Alinhamento das Correias, e sua relação com materiais fugitivos, causas de desregulagem, bem como técnicas para testar a correia. Também discutiremos usos de equipamentos para teste de correia e instalação de aparelhos para teste de correia. Finalmente, serão fornecidas as equações usadas para calcular o consumo de potência para operadores de testes.

Em uma situação ideal, uma correia deve estar em boas condições e com a carga alinhada no centro, e uma estrutura de transporte deve ser bem projetada e bem preservada. Sob tais condições, a correia não iria desviar e permaneceria em perfeito alinhamento (**Figura 16.1**).

No entanto, correias que desviam da rota planejada são uma realidade atual em muitas operações de tratamento de material a granel. Uma correia transportadora que vacila pode causar vazamento de material, falha de componentes e danos caros à correia e às estruturas (**Figura 16.2**). Uma correia que opera em um lado da estrutura pode reduzir consideravelmente sua vida útil, pois ela desgasta os dois lados, fica esticada e cria dobras/ondulações (**Figura 16.3**). Uma correia desregulada pode operar contra chutes de aço e membros da estrutura até que a correia, outros componentes e estruturas de aço sejam danificados, muitas vezes requerendo reparo (**Figura 16.4**). Outras, pior ainda, os problemas de desregulagem de correia contribuem para fatalidades.

De diversas formas, o alinhamento adequado da correia é um precursor e um requisito fundamental para a solução de muitos dos problemas de materiais fugitivos discutidos neste livro. Neste capítulo discutiremos muitos dos problemas que causam a desregulagem de uma correia e as soluções sugeridas.

MANTENDO A CORREIA ALINHADA

São usados muitos termos na discussão do aspecto de desregulagem da correia. Os termos regulagem e testes são muitas vezes usados como sinônimos, uma vez que seus antônimos são desregulagem e desalinhamento. Aqui, teste é definido como um procedimento para fazer uma correia transportadora operar na linha

central da estrutura de transporte, com ou sem carga. Regulagem e desregulagem podem ser definidas como a tendência da linha central da correia de se desviar da linha central da estrutura de transporte; desalinhamento é o nível de desvio da correia.

O alinhamento da correia deve ser controlado antes da eliminação do vazamento; se a correia desvia para um lado ou oscila para trás e para frente, conforme ela passa pela zona de carga, o material é mais facilmente lançado sob a vedação da placa em qualquer um (ou nos dois) lados (**Figura 16.5**). O desalinhamento da correia é controlado pelo “teste da correia”



Figura 16.2

Uma correia transportadora que oscila embaixo do sistema de vedação pode causar vazamento de material, falha de componentes e danos caros à correia e às estruturas.



Figura 16.3

Uma correia que opera em um lado da estrutura pode reduzir consideravelmente sua vida útil, pois ela desgasta os dois lados, fica esticada e cria dobras/ondulações.



Figura 16.4

Uma correia desregulada pode operar contra chutes de aço e membros da estrutura até que a correia, outros componentes e estruturas de aço sejam danificados, muitas vezes exigindo reparo.

e pela instalação de componentes elaborados para limitar ou corrigir oscilações.

Ao se desregular, uma correia pode causar vazamento em grande escala. As pilhas de vazamento podem causar riscos de trajeto. Se um transportador sobrecarregado é desregulado, pode haver vazamento de material dos dois lados sobre os operários. O potencial de dano à equipe e todos os custos associados

indicam que é interesse prioritário da operação solucionar o problema de correias desreguladas (**Figura 16.6**).

COMPORTEAMENTO BÁSICO DA CORREIA

Apesar de todos esses casos variados, a desregulagem ainda é desnecessária. É um problema que pode ser controlado ou, melhor ainda, corrigido. Entender os padrões básicos de comportamento da correia e submetê-la uma série de procedimentos para alinhar cuidadosamente a estrutura de transporte e os componentes, para corrigir oscilações no trajeto da correia pode, na maioria dos casos, evitar a desregulagem da correia.

O comportamento da correia é baseado em princípios simples. Eles servem como diretrizes para os testes de correia, que é o processo de ajuste da estrutura de transporte, de componentes de rolagem e de condições de carga para corrigir qualquer tendência de desvio da correia.

A regra fundamental de regulagem da correia transportadora é: a correia fará o movimento para o lado que tiver mais fricção ou o lado que alcançar fricção primeiro (**Figura 16.7**). Quando um lado da correia encontra fricção, ele se move mais lentamente. O outro lado da correia vai se movimentar mais rapidamente; ocorre um desequilíbrio de forças, que conduz a correia ao lado de movimento mais lento.

Por exemplo, se um conjunto de condutores é instalado em um ângulo ao longo dos reforçadores, a correia vai se movimentar para o lado que ela alcançar primeiro. Se um terminal do conjunto de condutores é mais alto que o outro, a correia subirá pelo lado mais alto (pois, como a correia está deitada sobre os condutores, ela toca o lado mais alto primeiro).

Figura 16.5

O alinhamento da correia deve ser controlado antes da eliminação do vazamento.



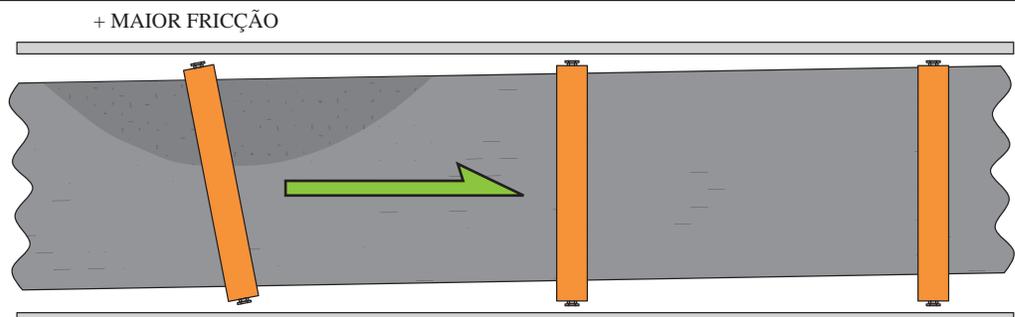
Figura 16.6

Ao se desregular, uma correia pode causar vazamento em grande escala.



Figura 16.7

A regra fundamental de regulagem da correia transportadora é de que a correia se movimenta para o lado de alta fricção da correia.



Isso pode ser demonstrado de forma muito simples ao deitar um lápis redondo em uma superfície nivelada, como uma mesa. Se um livro for colocado sobre o lápis e for levemente empurrado pelo experimentador, o livro tombará para a esquerda ou para a direita, dependendo de que ponta do lápis estiver mais próxima da pessoa que realiza a ação, ou seja, a ponta que o livro tocar primeiro (Figura 16.8). Essa regra básica é verdadeira para os conjuntos de condutores de nivelamento e de condutores convexos.

Além disso, os condutores convexo exercem uma força de alinhamento notável. Com sua configuração convexas, uma porção de cada lado da correia é mantida suspensa. É exercida uma força gravitacional sobre essa porção aumentada. Se a correia não estiver centralizada no conjunto de roletas, a força sobre o lado mais alto será maior que a força do outro lado, direcionando a correia ao centro do conjunto de condutores convexos. Essa força gravitacional de alinhamento é tão saliente que os transportadores de material a granel normalmente dependem dela, de acordo com sua influência maior de alinhamento.

Outra regra constante de Alinhamento das Correias é que o alinhamento de correia em qualquer ponto dado é mais afetado pelos condutores e por outros componentes anteriores (os locais por onde a correia já passou) do que pelos componentes posteriores (lugares que a correia ainda não alcançou). Isso significa que, em qualquer ponto de onde o desalinhamento seja visível, a causa está em um ponto por onde a correia já passou. Consequentemente, as medidas corretivas devem ser aplicadas de uma certa distância, antes do ponto onde a correia mostra desalinhamento visível (Figura 16.9).

Com essas regras básicas em mente, os operadores e a equipe de manutenção podem fazer os ajustes ao transportador que colocarão o trajeto da correia em linha.

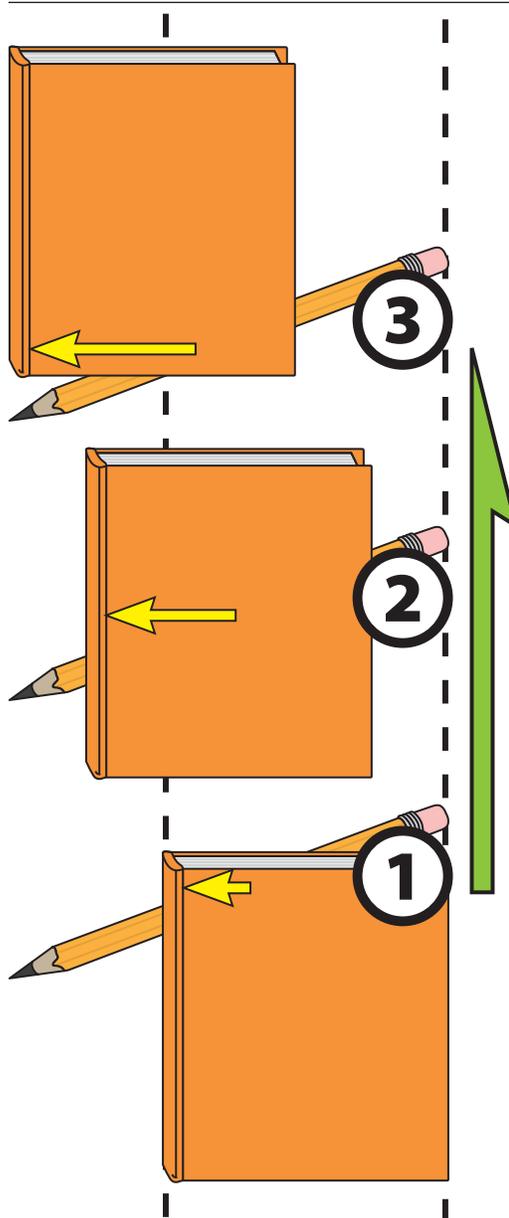


Figura 16.8

A regra básica de teste de correia pode ser demonstrada ao deitar um livro sobre um lápis redondo. Quando empurrado, o livro tombará para a esquerda ou para a direita, dependendo de qual ponta do lápis estiver mais próxima da pessoa que realiza a ação, ou seja, a ponta que o livro tocar primeiro.

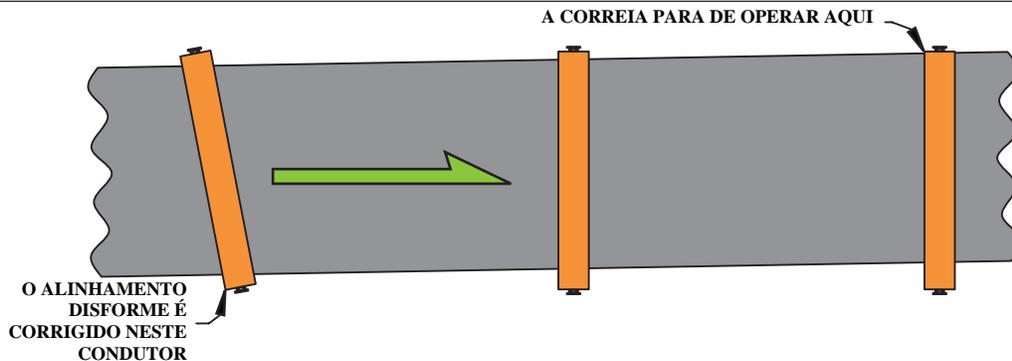


Figura 16.9

Como o desalinhamento ocorre após o ponto da causa, medidas corretivas devem ser aplicadas de uma certa distância, antes do ponto onde o desalinhamento é visível.

CAUSAS DE DESALINHAMENTO

O Problema Evitável de Desregulagem de Correia

Para testar adequadamente um transportador, o primeiro passo é investigar o sistema existente para entender o estado da estrutura e dos componentes e para determinar as causas do desalinhamento.

Conforme Clar Cukor observou na coletânea sem data de Georgia Duck (agora Fenner Dunlop) *Tracking (Referência 16.1)*:

“O problema de desalinhamento deve ser abordado à partir do ponto de vista de sistemas. A correia pode muito bem estar errada – no entanto, é mais provável simplesmente reagir a um defeito estrutural ou mau ajuste no sistema... [Uma correia de transportador] é flexível e, se projetada, manufaturada e cortada adequadamente, ela funcionará direcionada pelo sistema de transporte conforme foi construída. A correia transportadora serve como um indicador e assim deve ser considerada.”

A desregulagem de correia pode ser causada por uma série de problemas. Os fatores que causam desregulagem incluem desalinhamento dos componentes do transportador, carregamento de material fora do centro, acúmulo de material fugitivo nos componentes de rolagem, emendas de correia malfeitas, dano estrutural causado por operadores de maquinário desatentos, subsidência do solo e muitos outros. E quaisquer desses problemas podem ocorrer simultaneamente, complicando em grande escala o processo de correção.

Apesar da complexidade desses problemas, eles são solucionáveis. Os componentes desalinhados podem ser endireitados; os chutes podem ser redesenhados para carregar o material no centro da correia; os acúmulos de material podem ser evitados ou removidos; as emendas de correia podem ser melhoradas e os operadores podem ser treinados. O desafio começa em identificar qual das muitas possibilidades é a causa específica dos problemas de determinada correia. Uma vez que a causa do desalinhamento é identificada, ele pode ser solucionado.

Causas de Desregulagem

Em muitos casos, a causa do desalinhamento pode ser determinada a partir da forma como a desregulagem se mostra. Quando todas as partes da correia operarem fora do centro em determinado ponto do comprimento do transportador, a causa provavelmente estará no alinhamento ou nivelamento da estrutura do transportador, dos condutores ou das polias nessa área. Se uma ou mais seções da correia são desreguladas em todos os pontos do transportador, a causa mais provável está na construção da correia, na(s) emenda(s) ou na carga da correia. Se a correia se desalinha quando cheia e depois se centraliza quando vazia, ou vice-versa, a causa normalmente é a carga descentralizada ou o acúmulo no chute, que cria situações de carregamento variáveis.

As causas mais comuns de desalinhamento podem ser divididas em três grupos: falhas com as correias ou suas emendas; falhas com a estrutura de transporte, componentes ou com o ambiente; e falhas com a carga de material.

Falhas com a Correia ou suas Emendas

A. Correias.

- a. A correia está curvada, convexa ou afundada.
- b. Há defeitos ou danos na carcaça (fios e cordas) da correia
- c. A cobertura ou a ponta da correia está danificada.
- d. Há uma degradação da correia, desde exposição a elementos até a produtos químicos.

B. Fabricação e aplicação.

- a. A correia é pouco adequada à estrutura ou aplicação.
- b. A correia possui um “arco” ou “concavidade” desde o processo de fabricação.
- c. A correia não foi armazenada corretamente.

C. Emendas

- a. Houve má instalação de emendas mecânicas ou vulcanizadas, resultando em uma emenda irregular para a correia.
- b. A correia foi formada por várias

peças colocadas em pontas diferentes, resultando em uma seção curvada ou fragmentada.

- c. Diferentes tipos, espessuras ou larguras de correias foram emendados junto.
- d. A correia possui emendas que estão danificadas ou despedaçadas.

Falhas com a Estrutura de Transporte, Componentes ou com o Ambiente

A. Estrutura.

- a. A estrutura não foi alinhada precisamente durante a construção.
- b. A estrutura foi ajustada em um lado através da subsidência do solo.
- c. A estrutura foi danificada por chutes encaixados, exposição ao fogo ou colisões com equipamentos móveis.

B. Componentes.

- a. Os componentes de rolagem (condutores e polias) não estão alinhados nos três eixos.
- b. O uso da gravidade está desalinhado.
- c. Os roletes de condução foram retirados inesperadamente.
- d. O desgaste ou acúmulo de material alterou o perfil dos condutores ou das polias.

C. Ambiente.

- a. O transportador está sujeito a ventos fortes.
- b. Acúmulo de neve, chuva, resfriamento ou gelo podem alterar a fricção de um lado da correia.
- c. O sol bate em um dos lados do transportador.

Falhas com o Carregamento de Material

- A. A carga não está centralizada na correia.
- B. A carga está segregada, com grandes fragmentos em um lado da correia.
- C. Há um carregamento intermitente na correia que está alinhado por uma carga constante.

Às vezes, a combinação desses problemas produzirá a desregulagem da correia, e a causa-raiz não será evidente. No entanto,

se é observado um número suficiente de revoluções na correia, o padrão de operação da correia geralmente será corrigido, e a causa de desregulagem será revelada. Quando um padrão não surge, as causas comuns de desregulagem da correia são uma correia sem carga pouco flexível ou uma correia carregada com desnível.

Desregulagem Devido a Falhas com Emendas ou com a Correia

O uso impróprio de emendas na correia é uma causa significativa de desalinhamento. Se a correia não está emendada regularmente, ela será desregulada para frente e para trás na estrutura de transporte. Isso geralmente pode ser visto na polia traseira. A correia será desregulada no mesmo nível, cada vez que a emenda alcançar a polia traseira, apenas voltando à sua posição original após a passagem da emenda. Se a emenda é muito ruim, ela pode anular os esforços de alinhamento. A solução é refazer a emenda na correia de forma alterada. (*Consultar Capítulo 5: Transportadores passo a passo – Emenda da Correia.*)

Uma segunda causa significativa de desalinhamento da correia é uma correia curvada. A correia curvada será insuficientemente alinhada devido às diferenças na fricção, conforme ela se apoia nos condutores convexos. A curvatura da correia é quase sempre resultado de uma redução desigual entre as coberturas superior e inferior das correias fabricadas. Calor, produtos químicos, ângulos convexos e sobretensionamento também podem causar curvatura na correia. Esse problema normalmente pode ser evitado mantendo a relação de aspecto adequada entre as espessuras das coberturas superior e inferior: normalmente 3:1, ou menos. Em alguns casos, a correia será curvada conforme as propriedades da borracha da cobertura superior se alterarem como resultado da ação ou exposição a produtos químicos. É difícil alinhar consistentemente uma correia curvada, pois o alinhamento depende da fricção entre a correia e os componentes de rolagem. Se a correia está tão danificada que a área de contato é reduzida, a capacidade de os componentes se manterem alinhados na correia também é reduzida.

Quando a fabricação de defeitos na correia

ou as falhas de componentes são muitas vezes acusadas por muitos problemas de alinhamento de correia, a maioria desses problemas pode ser indício de aplicação imprópria da correia. Uma correia pouco adequada à aplicação normalmente será insuficientemente alinhada à estrutura.

Desregulagem Devido a Problemas Estruturais e de Componentes

Para possibilitar a operação alinhada da correia, a estrutura deve ser adequadamente levantada e corrigida, se danificada. A maioria dos danos à estrutura ocorre quando a estrutura de transporte entra em choque com equipamentos móveis. O dano à estrutura também pode ocorrer como resultado de corrosão ou posicionamento das bases.

É igualmente importante que os componentes sejam instalados e tratados adequadamente em relação à correia, para um trajeto confiável da correia. Uma fonte principal de desregulagem da correia são os sistemas de uso da gravidade que estão fora de alinhamento, os quais causam um movimento lateral muito intenso ou “transbordam”. A polia de levantamento, como todas as polias principais, deve permanecer em alinhamento com a correia, durante todo o trajeto do levantamento, ou a correia será desalinhada.

Os componentes de rotação podem ter um efeito de desalinhamento significativo sobre a correia. Os componentes de rotação que são congelados ou desativados devido a acúmulo de material ou os componentes com acúmulo de material que alteram sua circunferência podem ser os maiores causadores de um alinhamento expresso da correia. Consequentemente, os pontos de transferência devem ser projetados,

construídos e tratados para evitar vazamento de material. Deve ser instalado um sistema de limpeza de correia com raspadores múltiplos eficaz, para evitar sobra de material. Se necessário, podem ser instalados raspadores para limpar as polias de suporte, de levantamento e outras polias. (*Consultar Capítulo 14: Limpeza da Correia.*)

Desregulagem Devido a Condições Ambientais

Ventos fortes em um lado do transportador podem proporcionar força suficiente para tirar a correia de sua linha central ou mesmo afastar a correias de seus condutores. A solução é instalar anéis de retenção conhecidos como “anéis de vento” sobre o transportador, para manter a correia no lugar, fornecer um controle de vento no lado afetado pelo vento ou isolar o transportador inteiro.

Caso a chuva, o gelo ou a neve afaste um lado do transportador, o resultado será uma diferença na fricção dos condutores. Essa diferença pode ser suficiente para empurrar correias de carga leve para fora do trajeto ideal. Mesmo a diferença gerada quando o sol aquece um lado da correia pela manhã é suficiente para causar alguma desregulagem. Novamente, a solução seria uma forma de cobertura do transportador.

Em alguns casos, o projeto do transportador não foi suficientemente forte para lidar com os ventos laterais, e o transportador inteiro oscilará para frente e para trás com esses ventos. O trajeto de uma correia também pode ser consideravelmente influenciado por uma ligeira alteração na polia de levantamento devido ao vento cruzado.

Desregulagem Devido a Falhas de Carregamento

O desalinhamento proveniente de problemas de carregamento normalmente é fácil de se identificar, pois a correia operará em uma posição, quando carregada, e em outra posição quando descarregada (**Figura 16.10**). Essa observação pode ser confundida em transportadores mais velhos, onde os anos de ajustes realizados para “fixar” o trajeto da correia alteraram seu curso natural.

O centro de gravidade da carga buscará o ponto mais baixo dos condutores convexos

16

Figura 16.10

A correia que não estiver carregada no centro será desalinhada, correndo-se o risco de dano à correia e à estrutura.



(Figura 16.11). Quando a carga da correia não está centralizada, o peso da carga empurra a correia para o lado com carga mais leve do transportador. Isso pode ser corrigido por ajustes apropriados no chute de carregamento ou através do uso de desviadores, grades ou fundo do chute, que podem ser ajustados para corrigir a colocação da carga sobre a correia. (Consultar Capítulo 8: Chutes de Transferência Convencionais.)

Desregulagem em Correias Reversíveis

Transportadores reversíveis podem ser uma fonte especial de frustração. Quando a direção da correia é invertida, as áreas de tensão na correia mudam de local em relação à polia de condução e à(s) área(s) de carregamento. Imagine haver um transportador com um condutor frontal que, à alteração de uma chave, se torna um condutor traseiro. Quando o lado superior da correia é operado em direção à polia de condução, o lado rígido da correia está em cima. No entanto, quando a correia é invertida, e o lado superior está se afastando da polia de condução, o lado rígido agora está embaixo. O lado de carregamento do transportador muda de condição, de atraído para empurrado. Uma correia sendo empurrada é inerentemente mais instável que uma correia sendo atraída. Portanto, mais difícil de controlar.

Isso levanta problemas especialmente difíceis, pois todos os componentes agora contribuem de forma diferente para os problemas de alinhamento. A correia pode operar regularmente de um lado e desreguladamente quando invertida, pois conjuntos diferentes de roletes e polias controlam o nivelamento da correia. A fim de superar esse tipo de problema, o sistema deve ser investigado para determinar quais componentes estão fora de alinhamento. Devem ser feitas correções conforme a necessidade para o alinhamento de todos os componentes de rotação.

Outros problemas encontrados e agravados pelas correias reversíveis estão relacionados ao carregamento descentralizado, múltiplos pontos de carga e carregamento de materiais diferentes na mesma correia. O carregamento descentralizado pode agravar consideravelmente os problemas de desregulagem em correias reversíveis, especialmente se a carga for aplicada

mais próxima de uma ponta do transportador do que de outra. Isso pode ser corrigido pelo projeto adequado do chute de carregamento e pelo uso de desviadores, grades e fundos de chute ajustáveis, que possam ser adaptados para corrigir a colocação da carga na correia.

Materiais diferentes na mesma correia reversível também podem causar problemas. Suponha que a correia tenha sido “configurada” para alinhamento com materiais com uma densidade a granel específica. Agora, inverta a direção de trajeto e introduza um material com densidade a granel diferente, e todos os ajustes de teste aplicados anteriormente provavelmente estarão errados. A fim de superar esse tipo de problema, deve ser conduzida uma investigação na estrutura para determinar se o contrapeso das polias de levantamento é insuficiente ou se os componentes estão desalinhados e devem ser feitas as correções conforme a necessidade.

Problemas com o Trajeto dos Transportadores

Sistemas de transporte que se movimentam (como máquinas de barril, retensores de trajeto ou correias alternativas) são consideravelmente influenciados pela estrutura de trilhos sobre a qual eles se movem. Por exemplo, se um trilho é mais alto ou mais baixo em um determinado ponto do que o ponto paralelo no outro trilho, o transportador de trajeto pode parar ou balançar (às vezes muitos milímetros em estruturas altas), causando problemas de desalinhamento da correia.

Muitas vezes esse problema é ignorado quando se tenta encontrar a causa do desalinhamento da correia e do dano resultante. A parte do sistema que se “movimenta” pode ser estacionada em uma área em que os trilhos estejam nivelados, quando é feita a investigação. Os resultados da investigação mostrariam, então, tudo o que está alinhado. No entanto, quando o sistema de trajeto é movido para um

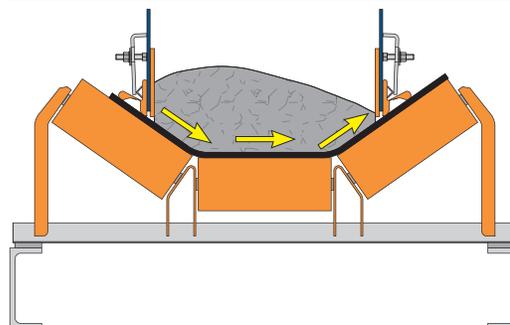


Figura 16.11

Quando a correia não está centralizada, o peso da carga empurra a correia de forma desordenada em direção ao lado com carga mais leve do transportador.

local diferente, a correia é desregulada, pois a estrutura de suporte não está nivelada.

Os sistemas de trilhos também devem ser verificados quanto ao alinhamento paralelo. O alinhamento inadequado pode causar inclinação das rodas de carregamento dentro ou fora dos trilhos, causando o mesmo efeito que uma ponta de trilho mais alta que a parte oposta.

INVESTIGANDO O PROBLEMA: A PESQUISA

O primeiro e mais importante passo no teste de um transportador é verificar e alinhar a estrutura. A melhor forma de começar esse processo é fazer uma investigação detalhada das condições existentes e dos critérios de desenho originais. Isso permite a realização de correções medidas, retornando o sistema às suas especificações originais, em vez de adotar uma abordagem imprudente de uso não planejado.

O método tradicional de verificar o alinhamento era esticar uma corda de piano de uma ponta à outra do transportador e usar essa corda como uma linha de base para tomar as medidas de avaliação do alinhamento. No

entanto, esse método possui uma série de problemas potenciais. Por exemplo, a corda é vulnerável a alterações em sua linha. Alterações na temperatura ambiente pelo aquecimento do sol, ou até mesmo o peso atual da própria corda, pode esticar a corda, alterando a linha. Outro problema é que não há um meio preciso de medir um ângulo de 90° a partir da corda. Se ela se move ao ser tocada por uma régua ou um esquadro, a precisão das medidas subsequentes é destruída.

Agora com alta tecnologia, em forma de raios de luz de um laser colocados paralelamente à estrutura do transportador, fornece uma referência repetida e desobstruída para o alinhamento de componentes da estrutura de transporte (**Figura 16.12**).

A tecnologia de teste a laser evita os problemas encontrados com a velha técnica da “piano wire” (corda de piano). O laser gera um raio perfeitamente reto com uma faixa de eficácia de 150 metros (500 ft), com configurações múltiplas que permitem distâncias ilimitadas. Para verificar objetos colocados a ângulos da linha de base, podem ser usados prismas para ligar os raios. Com um direcionador a laser, a equipe de investigação não precisa mais tentar medir uma linha perpendicular; eles criam uma. Uma vez que o raio laser não pode ser tocado, a linha não pode ser acidentalmente desviada no ato de medição.

Muitos operadores não possuem o equipamento e a experiência para conduzir adequadamente uma investigação a laser. Portanto, é de grande interesse da operação contratar um especialista ou um serviço especializado, com equipamentos e experiência para conduzir essa investigação. O especialista deve investigar a correia, inscrever uma série de pontos de alinhamento ou comparações, criar um relato detalhado e oferecer recomendações de como corrigir os maiores problemas de alinhamento.

O relato deve listar quais componentes estão desalinhados e quanto, para que a equipe de manutenção da fábrica ou o especialista possa ajustar esses componentes para melhorar o alinhamento da correia (**Figura 16.13**). Ao fazer diversas investigações do mesmo transportador em intervalos regulares – anualmente, por exemplo –, a manutenção da fábrica pode fornecer uma verificação

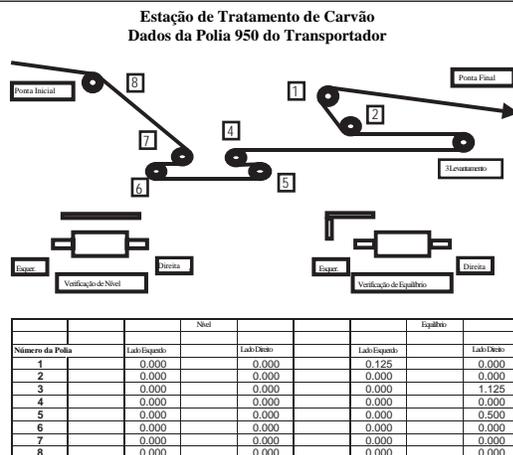
Figura 16.12

O raio de luz de um laser fornece uma referência repetida e desobstruída para o alinhamento de componentes da estrutura de transporte.



Figura 16.13

O relato de investigação a laser deve listar quais componentes estão desalinhados e quanto, para que a equipe de manutenção da fábrica ou o especialista possa ajustar esses componentes para melhorar o alinhamento da correia.



Em “Nível”, um número positivo indica que o lado é mais alto.
Em “Equilíbrio”, um número positivo indica que o lado está mais avançado.

regular da condição da estrutura de transporte. A investigação dirá se a estrutura está se deteriorando ou se estão ocorrendo outras circunstâncias – como subsidência do solo sob o transportador ou alteração na massa de contrapeso. Essa informação pode ser usada para evitar desativações inesperadas e perda consequente de produção, alertando as equipes de manutenção e engenharia da fábrica para os problemas, assim que eles se desenvolvem.

TESTANDO A CORREIA

Conseguir alinhar a correia no centro da estrutura de transporte e dos componentes é um processo de ajuste de condutores e condições de carregamento para corrigir qualquer tendência da correia de fugir do trajeto previsto. O primeiro passo é conseguir o alinhamento da estrutura com a linha central teórica da correia, conforme identificado na investigação do sistema. Uma vez que a estrutura esteja alinhada, todas as polias e os roletes devem estar alinhados para que o nível e o equilíbrio com a linha de centro estejam adequados. Assim, deve-se ter atenção para conseguir o funcionamento ideal da correia.

Ao testar a correia, apenas uma pessoa deve ser encarregada desse processo. Quando mais de uma pessoa ajustam o transportador ao mesmo tempo, isso pode causar conflitos nas “correções”, dificultando a correção do trajeto da correia. É importante que sejam mantidos registros, observando as áreas de problema do transportador e detalhando as medidas corretivas tomadas. Isso evitará ou, ao mesmo identificará os problemas provenientes da correção, recorreção, sobrecorreção e contracorreção, quando os problemas reincidirem sobre uma área específica.

Procedimento de Teste

O que se segue é um processo passo a passo de teste da correia para correção do alinhamento de componentes e de problemas de carregamento.

Determinar Áreas de Tensão da Correia

Ajustes a componentes em áreas de baixa tensão possuem o impacto maior na correção do trajeto da correia. Ao ser identificado e iniciado nas áreas de baixa tensão, o processo

de teste pode ter um grande impacto com pouca quantidade de alterações. Em áreas de alta tensão, há muita tensão sobre a correia para ajustes relativamente menores, para ter um impacto tão significativo no trajeto da correia. A tensão da correia normalmente é maior na polia de condução (**Figura 16.14**). A área de tensão mais baixa variará no local das polias de suporte e de levantamento. As áreas de baixa tensão são completamente dependentes de cada transportador e devem ser identificadas para cada aplicação. A sexta edição do *Belt Conveyors for Bulk Materials*, da Associação de Fabricantes de Equipamentos para Transportadores (Conveyor Equipment Manufacturers Association – CEMA) ou um engenheiro de transportadores experiente deve ser consultado para mais informações.

É importante certificar-se de que o peso de levantamento está aplicando a tensão correta exigida pela correia e os níveis de capacidades atuais. Se a correia é tensionada inadequadamente pela polia de levantamento, é provável que haja diversas variações no trajeto.

Determinar os Locais de Desregulagem

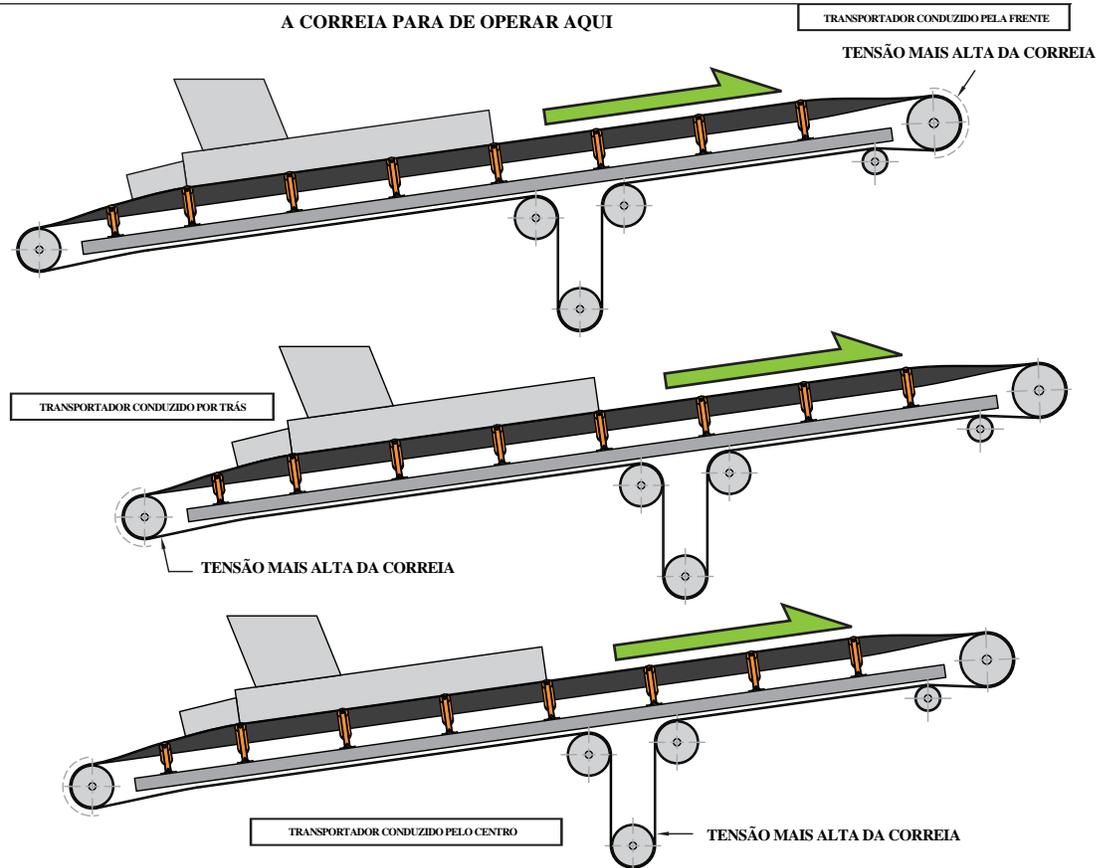
É melhor que a inspeção de desregulagem comece com o primeiro rolete, logo após a área de maior tensão (normalmente onde a correia deixa a polia de condução), uma vez que a tensão normalmente será menor nessa área, e continue pelo trajeto da correia até um ponto onde a correia esteja visivelmente desregulada.

É importante lembrar que a regulagem da correia em qualquer ponto é mais afetada pelos roletes e outros componentes anteriores (os pontos por onde a correia já passou) do que pelos componentes posteriores (os pontos que a correia ainda não alcançou). Isso significa que, onde a desregulagem é visível, a causa da desregulagem está em um ponto pelo qual a correia já tenha passado.

Portanto, as medidas corretivas devem ser aplicadas nos pontos pelos quais a correia passou antes da área onde a desregulagem é visível. O movimento de um condutor geralmente apresenta seu maior efeito de teste em uma área dentro de 5 a 8 milímetros (15 a 25 ft) abaixo.

Figura 16.14

A tensão da correia normalmente é mais alta conforme a correia entra na polia de condução; as áreas de baixa tensão variarão de acordo com o local das polias de suporte e de levantamento. Para testar a correia, comece a inspeção de desregulagem logo atrás da área de maior tensão (onde a correia deixa a polia de condução).

**Testar a Correia**

O transportador deve estar travado / listado / bloqueado / testado antes da realização de qualquer ajuste nos componentes ou na tensão da correia para a correção da desregulagem.

Para corrigir o trajeto de operação da correia, é necessário iniciar nas áreas de tensão mais baixa e percorrer o transportador, fazendo ajustes aos condutores para mover a correia de volta para o centro. Assim, seguindo a rota da

correia da polia de condução para o próximo componente de rolagem na sequência, o trajeto da correia pode ser corrigido pelo ajuste dos roletes, em um lugar de cada vez.

Ao iniciar com o primeiro ou segundo condutor colocado antes do ponto onde a correia está nitidamente desregulada, o condutor pode ser ajustado em uma direção oposta ao desalinhamento. Então, o transportador deve ser reiniciado para verificar o alinhamento de operação da correia. O transportador precisa ser ativado para avaliar o efeito da correção, mas é importante aguardar duas ou três revoluções completas da correia antes da realização de outros ajustes.

É melhor trocar apenas um rolete de cada vez, pois controlar roletes adicionais pode causar sobrecorreção ou correções concorrentes. Se as observações mostram que o trajeto da correia foi sobrecorrigido, o trajeto deve ser restaurado pela devolução do rolete original, em vez de alterar outros roletes.

A correia deve ser regulada vazia em todos os pontos do transportador, garantindo especialmente que a correia esteja centralizada,

Figura 16.15

A técnica mais básica de teste de correia é a alteração do eixo de condutores em relação ao trajeto da correia, comumente chamada de "acertando os roletes".



conforme ela entra na zona de carregamento e na zona de descarga.

Técnicas para Testes de Correia

A técnica de teste de correia mais básica é o ajuste de roletes. Testar uma correia usando seus roletes de carga e retorno é bem-sucedido ao se trocar o eixo do rolete em relação ao trajeto da correia. Esse método é comumente chamado de “acertar os roletes”, pois a base do rolete é ajustada pelo impacto de um martelo (**Figura 16.15**).

Testar uma correia pela alteração de posição de um ou mais roletes é igual a ajustar uma bicicleta com seu guidão (**Figura 16.16**). Quando você puxa uma ponta do guidão (ou do rolete) em sua direção, a bicicleta (ou a correia) vira nessa direção. Isso é equivalente à regra básica de teste de correias: a correia será ajustada ao lado do rolete que ela tocar primeiro.

Esse princípio de ajuste do guidão é interessante, mas apenas se a correia tem um contato firme com os três roletes convexos. Então, antes de testar uma correia, é necessário verificar se ela está bem encaixada em todos os pontos pelo lado de carregamento, mesmo quando não carregada. Se ela não estiver “encaixada” no vale, pode haver um problema de compatibilidade com a estrutura (**Figura 16.17**). Uma correia muito espessa e inadequada para um determinado transportador nunca será alinhada corretamente.

Os ajustes aos roletes devem ser pequenos. Uma pesquisa da Universidade de Newcastle, na Austrália, mostrou que, uma vez que um rolete é acertado depois de um determinado ponto, ele não corrigirá mais o trajeto da correia, pois esta desliza pelo rolete como um carro escorregando por um caminho de gelo (*Referência 16.2*).

Obviamente, essa alteração de roletes é eficaz apenas para uma direção do trajeto da correia. Um rolete acertado que tenha uma influência corretiva, quando a correia opera em uma direção, provavelmente desviará a correia quando o transportador estiver operando em outra direção.

Para transportadores unidirecionais, trocar a posição dos roletes gera benefícios no teste de correias. No entanto, há empecilhos

também. Deve ser evidente que uma correia possa ser condicionada a operar em direção reta, com metade dos roletes acertados em uma direção, e a outra metade acertada na direção oposta, mas isso ocorreria em termos de aumentar a fricção de rolagem entre a correia e os roletes. Condutores ajustados em direções diferentes em uma tentativa de testar a correia geram fricção adicional, resultando, desnecessariamente, em desgaste aumentado na cobertura inferior da correia e consumo de potência aumentado.

Devem ser feitos ajustes apenas aos roletes – nunca às polias. As polias devem ser mantidas niveladas com seu eixo de 90° para o trajeto pretendido da correia.

Outras Técnicas para Centralizar a Correia

Outra abordagem para centralizar a correia é sacudir os roletes de carregamento levemente, até 2°, na direção do trajeto da correia. A fricção da correia nos roletes alados gera uma força central que é direcionada para a linha central da correia. Isso pode ser feito simplesmente inserindo lavadores de metal

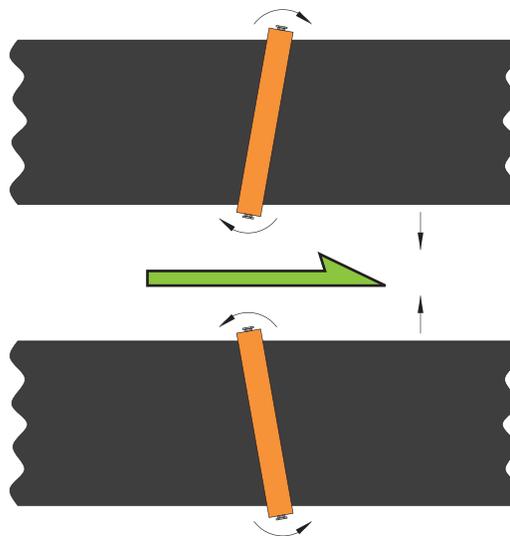


Figura 16.16

Testar uma correia pela alteração de posição de um ou mais roletes é igual a ajustar uma bicicleta com seu guidão. Quando você puxa uma ponta do guidão (ou do rolete) em sua direção, a bicicleta (ou a correia) vira nessa mesma direção.



Figura 16.17

Para uma correia estar bem alinhada, ela deve se encaixar bem pelo lado de carregamento do transportador. Se a correia não estiver “encaixada” no ângulo, ela não poderá ser alinhada corretamente.

nivelados na direção do lado oposto do quadro de roletes. Muitos fabricantes de roletes preparam esse balanço em seus produtos. Assim como “acertando” os roletes, há um limite de eficácia dessa técnica, e isso aumenta o consumo de potência do transportador e o desgaste na cobertura inferior da correia e nos roletes (**Figura 16.18**).

O método desaconselhável de centralizar a correia conforme ela se aproxima da polia traseira é deslizar a leveza em direções opostas (**Figura 16.19**) ou aumentar as pontas opostas dos dois roletes de retorno mais próximos da polia traseira (**Figura 16.20**). A teoria é de que essa desregulagem deliberadamente induzida em direções opostas produz forças concorrentes que operam para centralizar a correia. Embora isso possa parecer razoável na teoria, a aplicação prática disso é problemática. Esse método incorpora instabilidade para o sistema, quando a meta de operação ideal é a estabilidade. Pode-se argumentar que há suficientemente um problema com o equilíbrio do sistema para que opere corretamente, sem adicionar mais duas

variáveis na forma de roletes deliberadamente desalinhados.

Testando a Correia no Uso Inicial de Novos Transportadores

Se um novo sistema de transportadores foi desenvolvido e construído de acordo com uma prática de instalação e uma engenharia agradáveis, a correia provavelmente será regulada, no início, em um caminho próximo ao desejado. Pode haver variações menores da estrutura ideal que resulta, em uma desregulagem da correia. No entanto, nessas circunstâncias, as variações devem ser relativamente menores, para que a correia possa ser operada sem danificação por tempo suficiente para a realização de um procedimento de teste.

O primeiro movimento da correia pelo transportador novo deve ser lento e intermitente, para que qualquer tendência de desregulagem da correia possa ser rapidamente reconhecida e a correia possa ser interrompida antes que haja danos. As primeiras alterações devem ser feitas nos pontos onde a correia apresenta risco imediato de dano. Uma vez que a correia estiver livre de pontos de dano, pode ser seguida a sequência convencional de testes da correia, conforme observado anteriormente.

Atenção insuficiente no uso inicial pode acarretar problemas, inclusive danos na superfície e corrupção grave, rompimento da correia, vazamento e danos a outros componentes do transportador. Para o uso inicial do transportador, devem ser posicionados observadores em locais onde haja previsão de complicações ou onde a correia apresente maior risco – onde ela entra nos chutes de carga e descarga. Esses observadores devem ter um rádio, um telefone ou, no mínimo, uma chave de emergência de fácil acesso.

Em vários casos, pode ser necessário desligar o transportador, fazer os ajustes indicados e reposicionar a correia antes de executar um novo início.

Testes de Correias de Substituição

Uma correia nova – seja uma correia nova em um transportador novo ou uma correia de substituição em um sistema aplicado – muitas vezes deve ser gradualmente “ajustada” como

16

Figura 16.18

Acertar roletes de carregamento com a inserção de lavadores de metal de superfície na direção do lado posterior do rolete aumentará a força de centralização

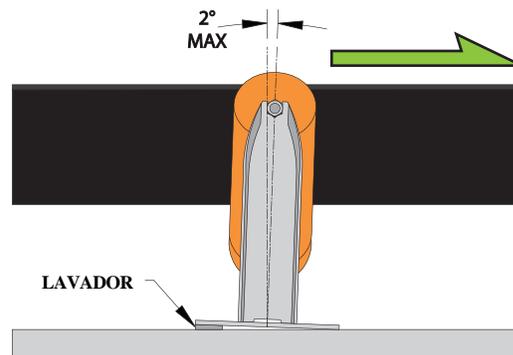


Figura 16.19

Um método desaconselhável de centralizar a correia conforme ela se aproxima da polia traseira é deslizar levemente os dois roletes de retorno mais próximos em direções opostas.

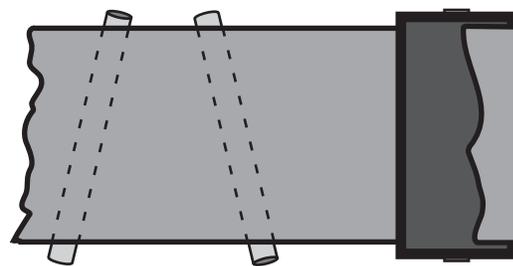
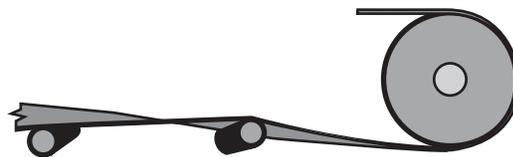


Figura 16.20

Aumentar as pontas opostas dos dois roletes de retorno mais próximos da polia traseira é um método desaconselhável de ajudar na centralização da correia.



um par de sapatos novos. É relativamente raro trazer uma correia nova para um transportador em uso, emendá-la, pressionar o botão de início do transportador e conseguir alinhá-la no meio da estrutura. Todos os sistemas novos devem ser operados por diversas horas antes dos testes finais da correia para ativar os condutores e estreitar a correia.

Algumas correias novas tendem a operar de um lado, em uma ou mais partes de seu comprimento, devido a um câmbio permanente ou uma distribuição desigual temporária de tensão proveniente do armazenamento, do uso ou do ajuste da correia. Em muitos casos, a operação da correia sob tensão por um período de intervalo corrigirá essa condição. O carregamento da correia para 60% da capacidade ajudará a correia a se ajustar ao transportador.

A estrutura de transporte não pode ser neutra à correia nova, particularmente no caso de a correia nova ser usada em um transportador em uso. Se foram feitos numerosos ajustes de testes durante o uso para corrigir o desalinhamento da correia anterior, os ajustes podem precisar ser “desfeitos” para permitir que a nova correia seja ajustada corretamente.

Testando Correias de Alimentação

As correias de alimentação normalmente são correias curtas, de alta tensão e movimento lento, que usam roletes de superfície ou condutores tipo suspensão no lado de carga. A emenda de nivelamento é crucial para o alinhamento nessas correias, e as polias frontais e traseiras devem estar perfeitamente alinhadas. Os testes devem ser feitos apenas no lado de retorno de uma correia de alimentação, devido à construção e às altas cargas no lado de carregamento. Se necessário, pode ser colocado um único aparelho de testes no centro do retorno, onde há algum desvio na correia, para permitir que o aparelho de testes funcione.

Testando Correias Reversíveis

Nenhuma técnica, como acerto ou choque dos condutores, é eficaz nas correias reversíveis. Qualquer correção feita para alinhar uma correia reversível em uma direção terá um efeito oposto de desalinhamento para a correia reversível. Isso torna as correias reversíveis um dos desafios mais difíceis de testes de correias.

Consequentemente, todos os condutores e as polias devem estar em perfeito alinhamento, e a emenda deve estar equilibrada para deixar o sistema o mais limpo ou neutro possível.

EQUIPAMENTO PARA TESTE DE CORREIAS

A maioria dos transportadores precisa de algumas correções de alinhamento para considerar a desregulagem de correia não prevista ou induzida pelo ambiente. Há também ocasiões em que o procedimento de testes não é bem-sucedido em proporcionar uma solução a longo prazo para um problema de desregulagem. Como resultado, a operação é encarada com a repetição frequente (às vezes, diária) do procedimento de testes ou a instalação de alguma forma de sistema mecânico de testes de correias para reduzir essa necessidade. Soluções projetadas de testes são aparelhos que percebem a posição de uma correia e, através de uma alteração geométrica ou de um mecanismo, ajusta ativamente o trajeto da correia.

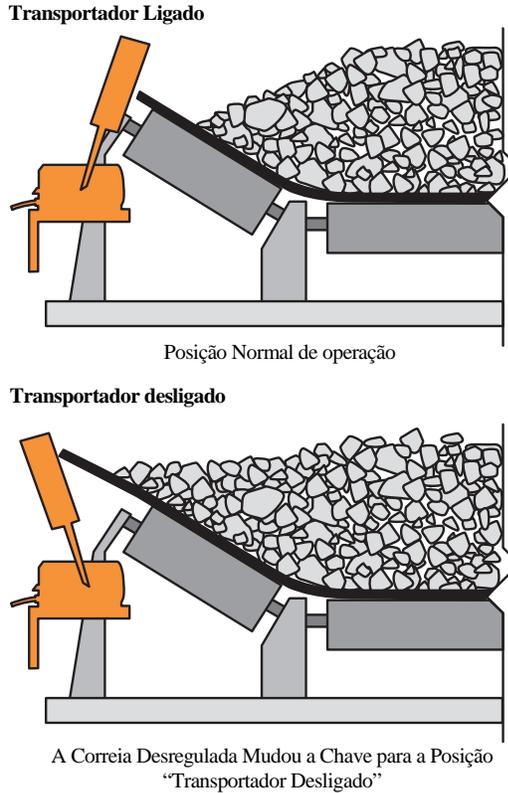
Switches de Desalinhamento das Correias

Embora não seja um componente corretivo, o switch de desalinhamento de correia é um equipamento que oferece um controle sobre o alinhamento da correia. Essas chaves são sensores eletromecânicos que enviam um sinal quando ativados pela correia desregulada. Elas são instaladas em intervalos ao longo do comprimento do transportador de ambos os lados da correia, próximo ao limite exterior do trajeto seguro da correia. Quando a correia percorre uma longa distância em uma das direções, ela pressiona uma alavanca para ativar a chave ou enviar um sinal, interrompendo o circuito de potência do transportador e parando a correia para que o operador tenha a oportunidade de fazer as correções (**Figura 16.21**). Em muitos casos, a equipe da fábrica precisará percorrer o transportador para reiniciar manualmente a chave, antes de a operação começar novamente. Alguns aparelhos possuem a capacidade de enviar sinais múltiplos: o primeiro é um alarme indicando um nível predeterminado de desregulagem da correia, e o segundo é um corte na potência condutiva devido a um problema de alinhamento mais grave.

Evidentemente, o trajeto de uma chave de desalinhamento de correia é um sinal indicativo de que algo está errado com o sistema de transporte. É como uma luz em um painel de carro que fica vermelha quando o motor está quente. É possível ignorar essa luz, reiniciar a

Figura 16.21

Quando a correia percorre uma longa distância em uma das direções, o dispositivo de desalinhamento ativará a chave ou enviará um sinal, interrompendo o circuito de potência do transportador e parando a correia.



chave e retomar as operações do transportador, mas tanto a luz de alerta do carro quanto a chave de desalinhamento da correia deve servir como um alerta de que pode haver problemas mais graves e mais caros, possivelmente catastróficos. As interrupções do transportador podem ser uma perturbação e acarretar prejuízos; cada parada gera ociosidade e perda de produção. As chaves de desalinhamento da correia não são uma solução para o problema de correias desalinhadas; elas são um indicador de um problema grave.

Soluções Passivas de Alinhamento

Guias Verticais de Pontas

O primeiro impulso ao ver uma correia desregulada pode ser instalar um tipo de barreira para mantê-la endireitada ou ao menos para evitar obstáculos (**Figura 16.22**). Uma versão dessa abordagem simples de problemas pequenos de alinhamento é a guia vertical de ponta (**Figura 16.23**). Esses aparelhos colocam um objeto ou um rolete em um espaço simples próximo à ponta da correia. As guias verticais de ponta são instaladas em uma posição aproximadamente perpendicular ao trajeto da correia, para manter a ponta da correia longe da estrutura de transporte. Essas guias laterais não testam a correia. Em vez de impedir sua desregulagem, elas desempenham uma função de controle de dano, permitindo que a correia se choque com uma superfície de rolagem em vez do aço desmedido da estrutura. As guias verticais de ponta são mais eficazes em instalações de correias curtas e de baixa tensão, onde a correia pode ser forçada a manter a posição através da força bruta na ponta da correia. As guias verticais de ponta podem permitir um dano grave na correia ou na estrutura, quando a correia ultrapassa a guia em direção à estrutura ou quando a guia causa travamento na correia. As guias verticais de ponta não devem ser usadas para compensar problemas persistentes de desalinhamento. Elas não são particularmente eficazes em correias muito finas.

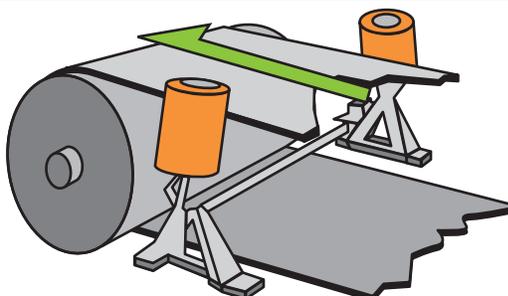
Figura 16.22

O primeiro impulso pode ser instalar um tipo de barreira para manter a correia longe de obstáculos.



Figura 16.23

As guias verticais de ponta colocam um objeto ou um rolete em um espaço simples próximo à ponta da correia para manter esta longe da estrutura de transporte.



Condutores-V

A adição de outro equipamento que pode ajudar a solucionar a desregulagem da correia é a instalação de condutores -V no retorno da correia. Eles têm se tornado populares em transportadores mais longos de alta tensão. Eles estão disponíveis em duas versões: roletes

-V tradicionais (**Figura 16.24**) e roletes -V invertidos (**Figura 16.25**). Os dois sistemas formam um vale para a correia, a fim de auxiliar no ajuste ao centro. Eles confiam em uma força centralizada para corrigir o trajeto da correia para que eles apliquem uma força adicional sobre a correia, que pode causar danos. Esses sistemas são mais caros e requerem uma manutenção mais considerável que um condutor de retorno convencional.

Polias “Abauladas”

Polias com diâmetros mais largos no centro que nas laterais são usadas algumas vezes para fornecer um efeito de centralização (**Figura 16.26**). Essas polias “abauladas” também operam a partir de um princípio básico de alinhamento. Como a parte elevada da polia (a coroa) toca a correia primeiro, ela conduz a correia ao centro. As seções externas da correia nos dois lados produzem uma força que a conduzem ao centro. Se a correia estiver centralizada, essas forças se cancelam. Se a correia estiver desalinhada, e desregular um dos lados da polia, a força de fricção será maior em um lado, empurrando a correia de volta para o centro.

As polias abauladas são mais eficazes em transportadores com correias curtas de baixa tensão. Com correias de alta tensão ou de cabo de aço, é obtido um efeito pequeno de condução a partir da coroa da polia. Isso ocorre porque a força centralizada gerada é menor em magnitude do que as forças de desalinhamento, e a maioria da força de contato entre a correia e a polia está nos limites externos da polia, devido à transição da correia. As polias abauladas são mais eficazes onde há uma faixa longa não suportada – quatro vezes a largura da correia, ou maior –, alcançando a polia. Como esse espaçamento normalmente não é possível no lado de carga do transportador, o uso de polias frontais coroadas é relativamente ineficaz e pode não valer a pressão que ele produz na correia. Elas são mais eficazes, de certa forma, quando usadas como polias traseiras do transportador. (*Consultar Capítulo 6: Antes da Zona de Carga.*) Outro problema com as polias abauladas é que elas podem gerar uma limpeza de correia ineficaz, pois a(s) lâmina(s) de limpeza podem não ser compatíveis com a superfície total da correia.

Soluções Dinâmicas de Testes

Há uma série de sistemas dinâmicos de alinhamento de correia: sistemas que movimentam componentes para corrigir o trajeto da correia quando ativados. Esses sistemas de testes de correia são elaborados para “auto-alinhamento”. Isso significa que a força da correia desalinhada faz o próprio rolete se substituir, gerando uma ação condutora que direciona a correia de volta ao centro.

Como com o ajuste dos condutores fixados, a força corretiva de um condutor deslizado alcança um limite conforme o ângulo de desvio do rolete aumenta. Todos os componentes de teste eventualmente alcançarão esse limite. É mais eficaz estimular correções rápidas de ângulo baixo do desalinhamento da correia do que aguardar por um ângulo maior.

Muitas soluções de alinhamento são a fonte da sua própria destruição. Como elas são elaboradas para fornecer uma influência

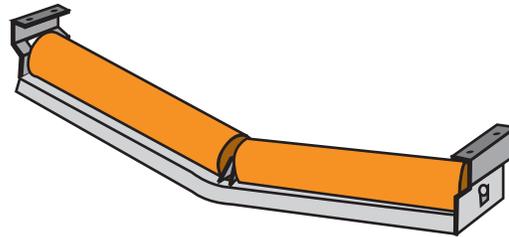


Figura 16.24

Os roletes-V tradicionais formam um vale para manter a correia centralizada.



Figura 16.25

Embora instalados em uma tentativa de manter o ciclo de retorno da correia em alinhamento, os roletes-V invertidos causam riscos de dano à correia.



Figura 16.26

Polias abauladas, ou seja, com diâmetros maiores no centro do que nas margens, são usadas algumas vezes para fornecer um efeito de centralização.

corretiva sobre o trajeto da correia, elas estão particularmente vulneráveis a acúmulos de material fugitivo. As pilhas de vazamento podem bloquear a faixa de movimentação ou devastar o comportamento principal (**Figura 16.27**). Isso pode travar o rolete de alinhamento de correia em uma posição onde ele funcione como um rolete de “desalinhamento”. Ele, então, empurra a correia para fora do trajeto ideal, gerando (ou agravando) o problema para cuja correção ele foi instalado. Para corrigir o sistema desalinhado atual, a equipe de manutenção pode apertar o rolete de alinhamento (aproximadamente) para a posição correta (**Figura 16.28**). Nesse caso, quando a solução de alinhamento não é capaz de funcionar corretamente, é melhor removê-la

em vez de apenas “ajustá-la”.

Todos esses sistemas operam sob a desvantagem de estarem “depois do fato”: eles corrigem o desalinhamento depois de ele já ter ocorrido. Precisa ocorrer uma dada quantidade de desregulagem antes que a correção necessária seja adotada. Mas esses sistemas realmente funcionam como uma forma de seguro contra um problema que se torne tão grave que a correia sofra danos custosos, antes que o desalinhamento seja descoberto e corrigido.

Alinhadores de Rolamentos Sensíveis em Linha

O modelo de alinhamento de correia mais simples, o alinhador do rolamento sensível, possui um rolete de carregamento em um espaço montado em um suporte central principal (**Figura 16.29**). Os roletes-guia verticais que atuam como sensores no trajeto da correia são montados nos dois lados da correia, paralelamente aos roletes, com sua linha de centro operando através do ponto principal do rolete. O movimento da correia contra qualquer um desses sensores causa o movimento do rolete em direção ao desalinhamento da correia. Isso abrange o condutor inteiro. Ao adotar a regra básica de alinhamento em que a correia sempre se movimenta em direção ao lado que ela toca primeiro, o rolete envolvido conduz então a correia fora de linha de volta ao trajeto previsto.

No entanto, esses rolamentos sensores têm pouca aplicação. Eles exigem uma força considerável da lateral da correia em movimento para gerar uma correção. Com esse modelo, a correia é desregulada de lado a lado; a ação corretiva é causada literalmente pelas batidas da correia de um lado para o outro. Quando ocorre a ação corretiva, o rolete pode bater com tanta força que a correia então é direcionada completamente para o outro lado da estrutura; a correia, por sua vez, toca o rolete no outro lado do rolete de alinhamento, que corrige o trajeto da correia na outra direção. Como o rolete de alinhamento possui um único ponto central principal, o movimento da correia leva para um lado o rolete-guia oposto a um contato forte e fugitivo contra a correia, que pode causar dano na lateral. A correia pode ser mantida em movimento, para frente e para trás, entre os dois lados, causando risco de dano lateral e uso excessivo do rolamento do pivô.

16

Figura 16.27

As pilhas de vazamento podem bloquear a faixa de movimentação do rolete de alinhamento ou devastar o comportamento principal.



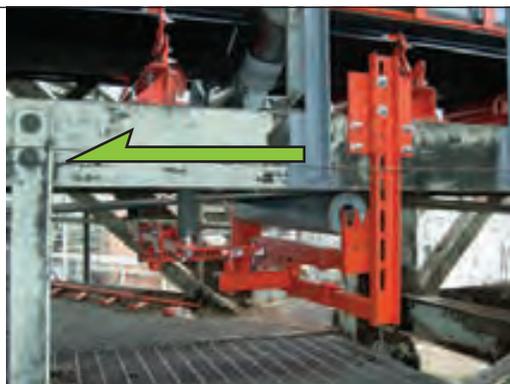
Figura 16.28

Para corrigir o sistema desalinhado, o rolete de alinhamento às vezes é “apertado” – preso na posição supostamente certa. Mas alterações nessas condições provavelmente causarão a incorreção da posição.



Figura 16.29

O alinhador do rolamento sensível possui um rolete de carregamento em um suporte central principal, com roletes-guia verticais montados nos dois lados da correia paralelamente ao rolete.



Alinhadores de Rolamentos Sensíveis

O modelo mais comum de alinhador de correia tem um rolamento de carga (ou uma peça convexa) preso em uma estrutura que é montada em um mancal de pivô central (**Figura 16.30**). Os rolamentos condutores são montados em braços curtos e posicionados de 25 a 75 milímetros (1 a 3 polegadas) da correia em ambos os lados. Os rolamentos são posicionados antes do rolete pivô; por isso a designação alinhadores de rolamentos sensíveis (**Figura 16.31**). Alguns modelos inclinam a passagem do pivô levemente na direção do tráfego da correia para melhorar a sensibilidade do alinhador. Os alinhadores de rolamentos sensíveis estão disponíveis, projetados para uso no lado superior (ou carregador) da correia e no lado inferior (ou de retorno).

O movimento da correia contra cada rolamento condutor leva a roldana a oscilar, corrigindo a superfície da correia em direção ao centro. Novamente, como a correia sempre se move em direção ao lado que ela toca primeiro, o rolamento do pivô direciona a correia desalinhada de volta para a superfície apropriada.

Rolamentos sensíveis instalados em braços curtos antes da roldana de direção possuem levemente mais elevação do que as roldanas sensíveis alinhadas, mas eles ainda requerem uma força considerável do centro da correia para fazer a correção. Conseqüentemente, esse modelo de alinhador sofre todos os problemas de atraso, pressão e materiais fugitivos da roldana sensível alinhada.

O alinhador de rolamento sensível é a roldana de alinhamento mais popular e mais comum. Ele é fornecido como equipamento original em quase todas as vendas de transportadores novos. É tipicamente instalado a intervalos de aproximadamente 30 metros (100 pés), nos lados de carga e de retorno.

Em campo, todavia, esses alinhadores são comumente vistos em duas condições insatisfatórias. A primeira condição é o resfriamento por acúmulo de materiais ou corrosão do pivô central (**Figura 16.32**). Esse problema pode ser resolvido com uma manutenção melhor ou uma maior qualidade do ponto do pivô. A segunda condição é a fixação - preso em um lugar com uma

corda ou um fio. Então, o dispositivo de teste é equivalente a uma roldana “afetada” (**Figura 16.33**). A razão para que eles estejam “amarrados” começa no modelo. Os rolamentos sensíveis balançam em um arco perto do pivô central; por isso, os roletes devem ser espaçados longe o suficiente para não pressionar a correia quando eles atingirem posições extremas. Conforme o pivô fixa-se

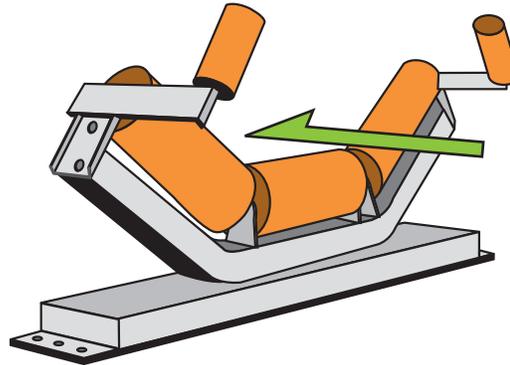


Figura 16.30

O modelo mais comum de alinhador de correia, o alinhador de rolamento sensível, possui um rolete central montado num mancal de pivô; os roletes condutores são posicionados em braços curtos, em ambos os lados, antes do rolete de posicionamento.

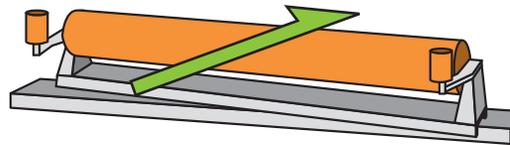


Figura 16.31

Em um alinhador de rolamento sensível, os roletes condutores são montados em braços curtos à frente do rolete do pivô.



Figura 16.32

Os alinhadores de rolamentos sensíveis estão sujeitos a acúmulo de materiais que podem “congelar” os alinhadores no local.



Figura 16.33

Para controlar movimentos erráticos, os alinhadores de correia são comumente “amarrados” ou presos em um lugar com uma corda ou um fio.

na mesma posição por acúmulo de material, falta de manutenção ou corrosão, o rolete não vai reagir até que a correia tenha desviado uma distância igual a esse espaçamento largo. Consequentemente, o rolete empurra demais e, por esse motivo, torna-se um sistema de controle instável. Os roletes geralmente reagem, trazendo resultados imprevisíveis e, como um resultado, os alinhadores de correia são frequentemente “amarrados”.

Alinhadores de Molas de Torção

O alinhador de mola de torção é uma versão aprimorada do alinhador de rolamento sensível (**Figura 16.34**). Esse sistema remove um rolamento sensível e incorpora uma mola no pivô (**Figura 16.35**). Essa mola mantém o rolete sensível restante em contato com o centro da correia todas as vezes. Conforme a correia desvia em qualquer direção, o condutor vai compensar balanceando e direcionando a correia.

Esses alinhadores carregados de mola sensíveis e guias tendem a ter rolamentos sensíveis instalados em braços longos, em vez de condutores direcionadores. Isso proporciona mais elevação e uma grande vantagem mecânica em converter desvio da correia em torque direcionador. Não há atraso na reação desse alinhador, devido ao fato de que o rolamento sensível está em constante contato com a correia. Também não há pressão, pois há apenas um rolamento sensível. Por causa da constante ação de “afinação” do rolete, é difícil materiais fugitivos se acumularem a ponto de poderem impedir a ação de pivotamento do dispositivo roteador.

Uma desvantagem desse alinhador é o fato de que ele não pode funcionar com um conjunto de roletes ângulados. Além disso, pelo fato de o rolamento único estar em contato constante com a correia, esse rolamento é sujeito a trocas mais frequentes, em comparação com os alinhadores de rolamentos sensíveis e guias.

Figura 16.34

O alinhador de mola de torção usa apenas um rolamento sensível que está em contato contínuo com a correia.



Figura 16.35

O alinhador de mola de torção incorpora uma mola no ponto pivô.



Figura 16.36

Alinhadores de correia multipivô usam um sistema multiplicador de torque para ajudar uma vantagem mecânica a melhorar a correção da superfície da correia.



Alinhadores de Correia Multipivô

Há outro sistema de rastreamento de correia que usa a força da correia desviante para posicionar um rolete direcionador e, então, corrigir a superfície. Esse dispositivo usa um sistema multiplicador de torque, de pivô múltiplo, para ajudar uma vantagem mecânica a melhorar a correção da superfície da correia (**Figura 16.36**).

Esse tipo de dispositivo de teste transfere o movimento de desvio para o rolete direcionador através de uma ligação paralela única (**Figura 16.37**). Isso requer menos força para iniciar a correção, e, conforme ele direciona, é necessário menos força para virar a correia. O teste de correia se torna uma contínua, ativa e precisa afinação da superfície da correia. Esse projeto está disponível em modelos para o lado alimentador (ou lado carregador) ou o lado de retorno do transportador (**Figura 16.38**).

O dispositivo de teste pivô múltiplo usa rolamentos-guia que são postos muito perto – 6 milímetros (1/4 polegadas) – da correia (**Figura 16.39**). Com os rolamentos postos ao centro da correia, o dispositivo consegue sentir os menores movimentos da correia e fazer correções após alinhamentos muito leves. Mais do que esperar por uma poderosa força de desalinhamento, o dispositivo de teste de correia multipivô/pivotador ajusta

constantemente, reagindo a forças menores e promovendo correções precisas, contínuas do rolamento direcionador.

Os rolamentos sensíveis do alinhador multipivô usam braços mais longos para aumentar a distância entre os rolamentos-guia e o condutor de direcionamento. Isso permite ao braço de torque da unidade agir como uma força multiplicadora, aumentando a vantagem mecânica da ação direcionadora. Como resultado, esse sistema de teste de correia pode corrigir o alinhamento da correia com metade da força requerida para condutores de rastreamento convencionais.

Diferentemente de outros dispositivos de teste, o dispositivo pivô-múltiplo é instalado de forma que cruze o rolamento direcionador antes que ele atinja os rolamentos-guia (**Figura 16.40**). Isso significa que os rolamentos-guia ajustam a superfície da correia “corrigida” preferencialmente à superfície da correia desalinhada. O resultado é um rolamento que está trabalhando continuamente para prevenir a correia de mover-se para muito longe da superfície adequada. O modelo multipivô permite aos rolamentos se moverem perpendicularmente à linha central da estrutura, enquanto direciona o rolete de direcionamento ao ângulo apropriado, em vez de pivotar e pressionar o centro da correia.

Variações de Alinhadores de Correia Multipivô

Muitos fabricantes têm criado uma modificação sutil para o dispositivo de teste de correia multipivô (**Figura 16.41**). Esses usam a mesma geometria de amplificação de força, mas o rolete desliza lateralmente tão bem quanto pivoteia. Com o sistema condutor deslizante, o rolamento sensível deve superar a resistência de pivotamento tanto quanto a força de fricção de tentar mover rolete sob a correia. Isso diminui muito a força de direcionamento absoluta desse sistema de teste.

Alinhadores de Pivotagem Livre

Fabricantes têm desenvolvido roletes de alinhamento onde o rolamento de direção também serve como rolamento sensor. Com esse modelo, há um suporte no centro do rolamento, de modo que o final do rolamento possa girar em torno do eixo desse rolamento, assim como rolar. A manivela do pivô

normalmente é inclinada na direção de tráfego da correia, para melhorar a sensibilidade desse tipo de rolete de alinhamento. Alguns fabricantes têm usado rolamentos de fita coberta por borracha para melhorar o desempenho e resolver esse problema de roteamento (**Figura 16.42 e 16.43**).

Quando uma correia se desvia para um

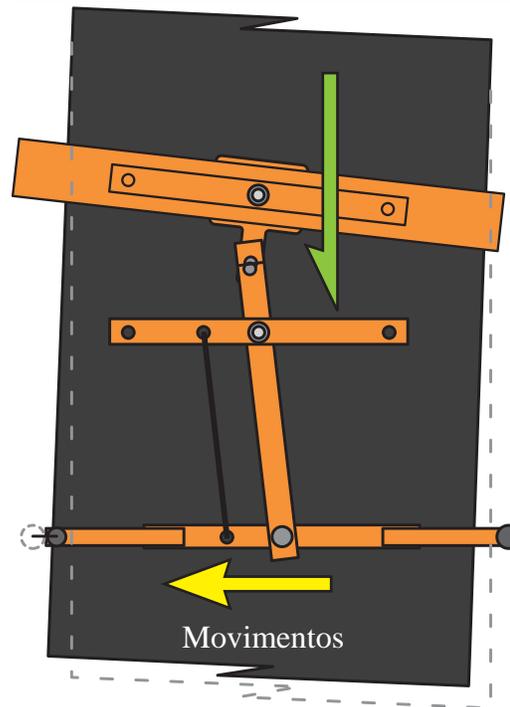


Figura 16.37

Em função de transferir a movimentação de desalinhamento para o rolete direcionador através de uma ligação única paralela, o sistema multipivô requer menos força para iniciar a correção, e, conforme ele se direciona, é necessária menos força para virar a correia.

16



Figura 16.38

O alinhador multipivô está disponível nos modelos para o lado angulado (ou lado carregador) ou o lado de retorno do transportador.



Figura 16.39

Com os rolamentos postos ao centro da correia, os dispositivos de alinhamento multipivô podem sentir movimentos menores da correia e fazer correções após desalinhos muito delicados.

lado do rolamento, ela cria uma grande força de fricção naquele lado. Como reação, o rolamento do alinhador vai pivotar, movendo-se para a direção em que a força sinuosa o estiver empurando. De acordo com o princípio básico do direcionamento de correia, o rolamento pivô vai direcionar a correia de

volta para o centro. Quando a correia está se movendo, a força em cada lado do condutor equilibra-se, e o condutor volta à posição que é perpendicular à superfície da correia.

Embora essa solução seja efetiva e tenha poucas partes móveis, ela ainda envolve uma estrutura de suporte complexa, que é suscetível a resíduos/pós/sucatas do ar. Como as forças que fazem a unidade pivotar são muito pequenas, a unidade deve estar bem solta para pivotar/balancear. Tal liberdade permite que a unidade seja influenciada por condições ambientais muito diferentes, fazendo, então, com que ela balanceie/pivoteie quando a correia não está vagando.

Alinhadores para Transportadores Reversíveis

Transportadores que correm em duas direções têm sido sempre a “última fronteira” do rastreamento de correia. Com transportadores reversíveis, mesmo os funcionários mais experientes da fábrica hesitam em ajustar os condutores e realizar os “truques” de manutenção tipicamente usados para testar correias vagantes.

Alguns fabricantes têm desenvolvido alinhadores para correias reversas. Os alinhadores de rolamentos sensíveis em linha vão orientar corretamente essas correias, pois os sensores não dependem da direção. Os alinhadores de molas de torção podem ser modificados para acomodar correias reversas. Adicionando um segundo braço e um sensor na direção oposta, permite-se que o alinhador de mola de torção troque os braços sensíveis com base na direção do movimento da correia (**Figura 16.44**).

Esses alinhadores reversíveis terão seus benefícios e inconvenientes associados ao seu uso em transportadores unidirecionais.

INSTALAÇÃO DE DISPOSITIVOS DE ALINHAMENTO DE CORREIA

Dispositivos de alinhamento podem ser instalados em qualquer ponto que a superfície da correia precise de ajuste. Eles devem ser instalados aproximadamente de 3 a 4 vezes a largura da correia, à frente do ponto de desvio. O transportador deve estar desligado/bloqueado/ sinalizado antes de se instalar um

Figura 16.40

Com os dispositivos de alinhamento multipivô, a correia cruza o rolamento direcionador antes que ele atinja os rolamentos guia. Dessa forma, os rolamentos-guia ajustam a superfície “corrigida” da correia preferencialmente à superfície da correia desviada.

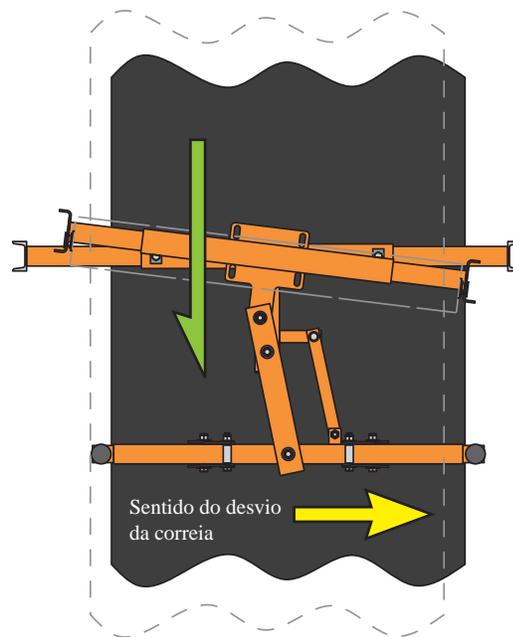


Figura 16.41

Alguns dispositivos alinhadores de correia multipivô oferecem rolamentos que deslizam lateralmente tão bem como pivotam/balanciam.

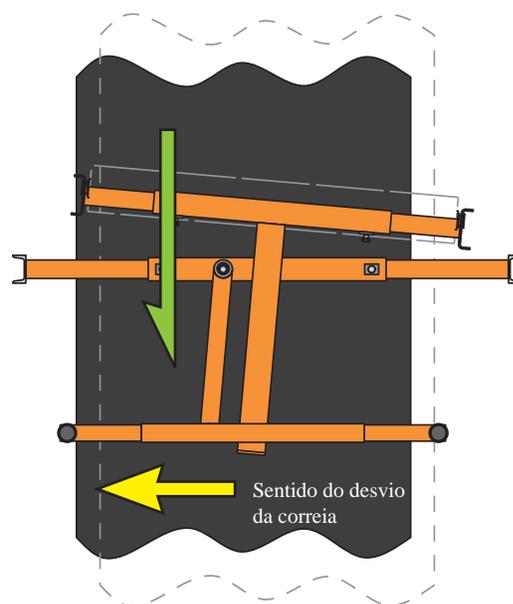


Figura 16.42

Alguns fabricantes usam roletes de fita coberta por borracha para melhorar o desempenho do alinhador de livre rotação/movimentação/pivotagem.



alinhador de correia.

Os locais típicos em que dispositivos de teste de correia são instalados incluem **(Figura 16.45)**:

- A. Logo antes de a correia entrar na polia traseira, para garantir que ela esteja centralizada na polia e na zona de carga.
- B. Um pouco depois da zona de carga, assegurando que a correia carregada esteja trafegando no centro.
- C. Logo antes da polia de descarga, garantindo que a correia esteja no centro antes de ela chegar ao final e descarregar a carga.

Dispositivos de teste dinâmicos podem ser instalados por toda a extensão do transportador, especialmente para cobrir qualquer problema. Pode ser necessário que dispositivos de teste sejam instalados para corrigir a superfície/pátio em qualquer lugar em que a correia se aproxime do final. Os alinhadores de correia não devem ser posicionadas tão próximas uns dos outros de forma que eles “estejam competindo” ou em direcionamento contrário um do outro. Deve haver de 21 a 50 metros (70 a 150 pés) entre as unidades, dependendo da severidade do problema de desalinhamento **(Figura 16.46)**.

Ao instalar qualquer forma de dispositivo de alinhamento dinâmico, o rolamento central é naturalmente elevado de 12 a 19 milímetros (1/2 a 3/4 polegadas) mais alto do que os rolamentos dos roletes convencionais

adjacentes. Isso aumenta a pressão da correia sobre os dispositivos de rastreamento e melhora a ação corretiva. Isso é aplicável a ambos os condutores autoalinháveis consumidos (lado carregado) e planos (lado de retorno). Alguns fabricantes de roletes de alinhamento preparam esse recurso nos seus vários modelos.



Figura 16.43

Rolamentos cobertos por borracha melhoram o desempenho desse dispositivo de teste de correia.

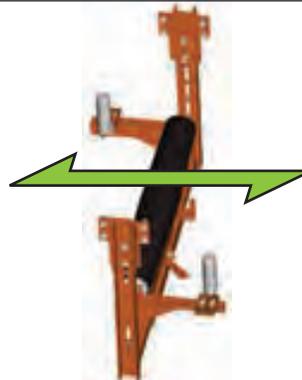


Figura 16.44

Adicionando um segundo braço e um sensor na direção oposta, permite-se que o alinhador de mola de torção seja usado em correias reversas.

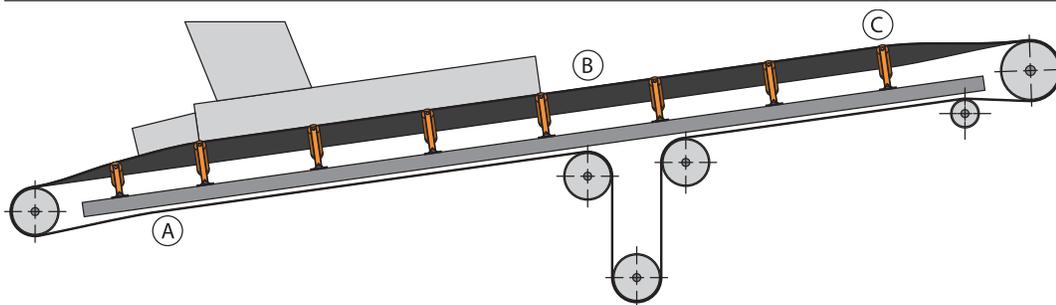


Figura 16.45

Os locais típicos em que dispositivos de teste são instalados incluem:
 A. Logo antes de a correia entrar na polia traseira.
 B. Um pouco depois da zona de carga.
 C. Logo antes da polia de descarga.

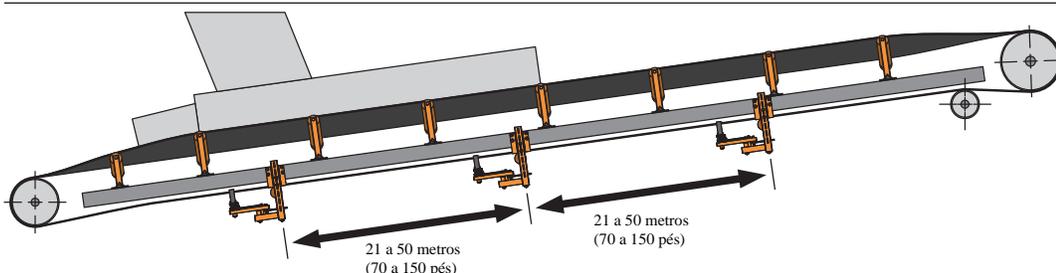
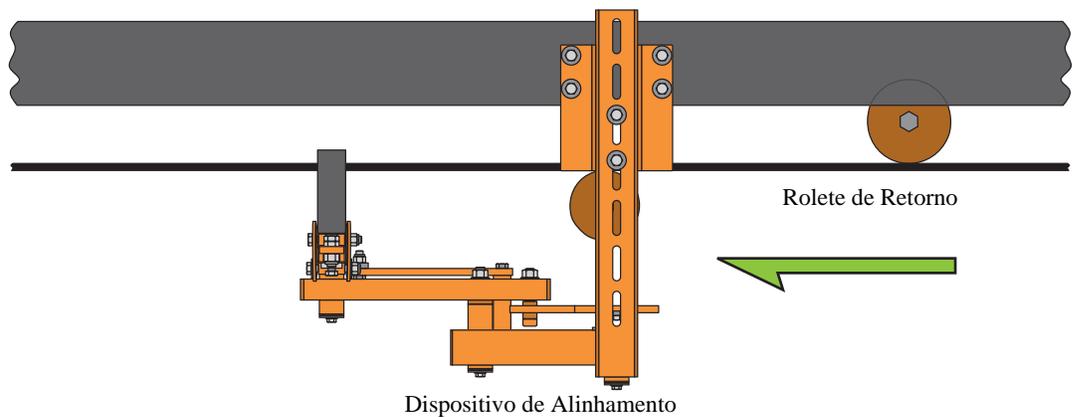


Figura 16.46

Alinhadores de correia devem ser posicionados de 21 a 50 metros (70 a 150 pés) de distância para prevenir que compitam ou contradigam a ação de direcionamento uns da outros.

Figura 16.47

Para melhorar o desempenho de sistemas de rastreamento de correia de retorno, um condutor de retorno pode ser instalado antes do dispositivo acima da correia para aumentar a aderência do condutor de teste na correia.



Outra técnica para melhorar o desempenho dos sistemas de roletes de teste de retorno é reinstalar um rolete de retorno convencional na direção sobre o dispositivo de tráfego acima da correia, a fim de empurrar a correia para baixo, aumentando a pressão no condutor de teste, permitindo-o operar mais eficientemente (Figura 16.47).

Rolamentos de borracha são comumente úteis em dispositivos de tráfego da correia, particularmente onde o material é escorregadio ou a correia está molhada por causa do clima ou do processo. Esses rolamentos podem requerer troca mais frequentemente do que rolamentos de “caixa de aço”, mas pode ser necessário atingir a fricção ideal para dirigir a correia.

seu alinhamento, como parte do programa de manutenção assídua. O alinhamento da correia deve ser revisado em uma base regular, e correções devem ser feitas conforme necessário e documentadas.

Dispositivos mecânicos de alinhamento também devem ser inspecionados regularmente. A maioria dos dispositivos mecânicos de teste contém partes móveis que são vulneráveis à contaminação. Os dispositivos devem ser inspecionados para determinar que todas as partes estão aptas a moverem-se e o dispositivo ainda está roteando a correia apropriadamente. (Veja Capítulo 27: *Vistoria do Sistema de Transportador de Correia.*)

O pessoal da manutenção deve procurar por condições fora do normal ou coisas que tenham mudado que possam afetar o alinhamento da correia. Mudanças podem ser qualquer coisa, tais como o acréscimo de uma nova peça de equipamento, uma saliência na estrutura onde um pedaço de algum equipamento pesado tenha batido com o transportador ou mudanças na condição do material que afetem a textura original. Como visto anteriormente, o desalinhamento tem muitas causas, e pequenos distúrbios podem resultar em um incidente de desalinhamento maior.

MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Rastrear um transportador é uma função de manutenção. Em função de a correia estar se movendo sob carga, o teste de correia está sujeito a problemas/correções, exigindo inspeção assídua e provavelmente manutenção.

Uma vez que uma correia está propriamente testada, a operação deve incluir checagens em



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Em algumas organizações, é comum fazer ajustes para corrigir o rastreamento da correia enquanto o transportador está em operação. Todavia, um programa de segurança responsável irá sempre recomendar que o transportador esteja desligado/ bloqueado/ sinalizado antes

que se realizem ajustes aos componentes ou que a tensão da correia esteja em ordem para corrigir o desalinho. Enquanto aderir a essa prática possa exigir que se ligue e desligue a correia várias vezes para observar o efeito das correções, esse é o jeito seguro de se testar uma correia.

ESPECIFICAÇÕES TÍPICAS

Dispositivo de Teste de Correia

A. Testador(es) de correias.

Para controlar a superfície da correia e prevenir seu desalinhamento, um ou mais dispositivos de teste de correias serão instalados no transportador.

B. Correção da superfície da correia.

Os dispositivos de teste de correia vão perceber qualquer desalinho da correia em movimento e usar a força desse desalinho para articular um rolete. Esse rolete irá direcionar a correia de volta para o centro da estrutura.

C. Alocação.

Para manter a correia centralizada na zona de carga do transportador, um dispositivo de teste de correia será instalado no retorno do transportador, conforme a correia entra na polia traseira. Para se certificar de que a correia carregada está centralizada corretamente, um segundo dispositivo de teste de correia será instalado na saída da zona de carga. Dispositivos de teste adicionais serão alocados ao longo do transportador, conforme necessário, para correto tráfego da correia.

implicações na demanda de energia do sistema.

Há diversos estilos de roletes de alinhamento, todos desenhados para exercer uma força centralizadora na correia perpendicularmente à direção de tráfego. Essa força centralizadora deve ser considerada no cálculo de consumo de energia do transportador.

Analisar o consumo de energia de um rolete de alinhamento requer conhecimento sobre a carga no rolete. Essa carga deve-se ao peso da correia e de qualquer componente da tensão da correia partindo do desalinhamento do rolete. Em operação, o típico rolete de alinhamento pode servir de pivô de 2 a 5°. É uma prática comum instalar roletes de alinhamento de 12 a 19 milímetros (1/2 a 3/4 polegadas) acima dos roletes padrão. Isso resulta em uma maior carga nesses roletes, o que gera força centralizadora suficiente para influenciar o rastreamento da correia carregada. Essa carga extra é descrita pela Associação dos Fabricantes de Equipamentos para Transportadores (do inglês, CEMA) em *Belt Conveyors for Bulk Materials*, sexta edição, como carga de desalinhamento do rolete (do inglês, IML).

Quando um rolete é um pivô, ele exercerá uma força na correia em direção perpendicular ao rolete-pivô. Isso é chamado de força de desalinhamento e pode ser calculada (**Equação 16.1**).

O componente da força de desalinhamento na direção do percurso da correia é chamado de força de sucção de desalinhamento e também pode ser calculado (**Equação 16.2**).

A força de sucção de desalinhamento é usada para encontrar a força requerida para compensar um rolete de rastreamento (**Equação 16.3**).

TÓPICOS AVANÇADOS

Consumo de Energia e Alinhadores de Correia

Qualquer alteração no equipamento de rolagem do transportador, de roletes com desvios à instalação de dispositivos de alinhamento mecânicos especiais, tem



$Tr = PIW \square BW \square \tan \phi$

Dado: Uma correia de 450 milímetros (18 polegadas), com uma tensão de 17,5 newtons por milímetro (100 lbf/polegada) movimenta-se sobre um rolete pivotado a 3,5° **Encontre:** A força de desalinhamento exercida pelo rolete.

Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
Tr	Força de Desalinhamento	Newtons	libras-força
PIW	Tensão da Correia por Unidade de Largura da Correia	17,5 N/mm	100 lb _f /in.
BW	Largura da Correia	450 mm	18 in.
φ	Desalinhamento do Rolete	3,5°	3.5°

Métrica: $Tr = 17,5 \square 450 \square \tan 3,5 = 481$
Imperial: $Tr = 100 \square 18 \square \tan 3.5 = 110$

Tr	Força de Desalinhamento	481 N	110 lb _f
-----------	-------------------------	-------	---------------------

Equação 16.1

Calculando a força de desalinhamento.

Essa força adicional requerida deve ser multiplicada pelo número de roletes de rastreamento instalados.

É interessante notar que uma correia de 1.800 milímetros (72 polegadas), com uma tensão de 175 newtons por milímetro (500 PIW), no lado frouxo terá uma força centralizadora de aproximadamente 9,640 newtons (2.200 lbf) e uma componente de força centralizadora na direção do percurso de aproximadamente 589 newtons (134 lbf). Um condutor de tráfego nessa correia requer 1.177 quilowatts (1,6 cv) por rolete de rastreamento.

Se o rolete programável congela, parando de rodar e não servindo mais de pivô, ele pode adicionar uma exigência de força substancial.

A energia consumida pelas soluções de percurso deve ser considerada ao se selecionar uma solução de percurso. Enquanto alguns métodos de treinamento podem ser eficientes,

a solução pode requerer mais força do que o rolete do transportador pode fornecer. A maioria das empresas de engenharia tem um fator de segurança aceitável para lidar com imprevistos tais como esse, quando projetado o transportador, mas trata-se de interesse máximo de operação verificar se seu transportador tem força suficiente para lidar com essas cargas altas.

CORREIAS NO MUNDO REAL

Finalizando...

No mundo real, correias transportadoras vagueiam. Mas permitir que uma correia cronicamente saia de rota pode trazer para danos pessoais, escape de material fugitivo e danos à estrutura do transportador e da correia. Além disso, ajustar uma correia sem qualquer conhecimento dos efeitos de medidas de configuração pode resultar no uso de energia exagerada, falhas de componentes e dano à correia.

16

Equação 16.2

Calculando a força de desalinhamento de sucção

$T_m = Tr \sin \phi$			
Dado: Uma força de desalinhamento de 481 newtons (110lbf) e um rolete-pivô de 3,5 graus. Encontre: A força de desalinhamento de sucção.			
Variáveis		Unidade Métrica	Unidade Imperial
T_m	Força de Desalinhamento de Sucção	newtons	libra-força
Tr	Força de Desalinhamento (Calculada na Equação 16.1)	481 N	110 lb _f
ϕ	Desalinhamento do Rolete	3,5°	3,5°
Metric: $T_m = 481 \sin 3,5^\circ = 29$			
Imperial: $T_m = 110 \sin 3.5^\circ = 6.7$			
T_m	Força de Desalinhamento de Sucção	29 N	6,7 lb _f

Equação 16.3

Calculando a força para compensar um rolete programável

$P = T_m \cdot V \cdot f \cdot k$			
Dado: Um rolete desalinhado exerce 29 newtons (6.7 lbf) em um sistema transportador. A correia está trafegando a 2 metros por segundo (400 pés/min). A interface de fricção entre a correia e o rolete é 1.			
Encontre: A força adicionada à fonte em função do rolete programável.			
Variáveis		Unidade Métrica	Unidade Imperial
P	Força Adicionada à Fonte da Correia	quilowatts	cavalo-vapor
T_m	Força de Desalinhamento de Sucção (Calculada na Equação 16.2)	29 N	6,7 lb _f
V	Velocidade da Correia	2,0 m/s	400 ft/min
f	Coefficiente de Fricção	1,0	1,0
k	Fator de Conversão	1/1000	1/33.000
Métrica: $P = \frac{29 \cdot 2 \cdot 1}{1000} = 0,058$			
Imperial: $P = \frac{6.7 \cdot 400 \cdot 1}{33,000} = 0.081$			
P	Força Adicionada à Fonte da Correia	0,058 kW	0.081 hp

Há uma variedade de roletes autoalinháveis que pode ajudar no controle da rota da correia. Mas é importante notar que operações de transporte não devem depender desses roletes programados para superar desalinhamentos brutos da estrutura do transportador ou problemas de carga contínuos e significativos. O trabalho ininterrupto de roletes programados indica problemas mais sérios que devem ser identificados e corrigidos. É muito melhor descobrir qual o real problema e fazer as correções necessárias.

Enquanto o vagar da correia é um problema complexo, ele pode ser controlado por se identificarem pró-ativa e sistematicamente as raízes do desalinho e eliminá-las. Alinhar uma correia é uma habilidade que leva tempo para se aprender, e é melhor que seja deixado para um empregado qualificado e experiente ou uma pessoa especializada.

A Seguir...

Este capítulo sobre Alinhamento das Correias, o último capítulo da seção Ciclo de Retorno da Correia, explicou como materiais fugitivos podem causar o desalinhamento da correia e como, por sua vez, o desalinhamento da correia pode aumentar a quantidade de material fugitivo. O capítulo seguinte, Panorama de Controle de Pó, inicia a próxima seção sobre Controle de Pó.

REFERÊNCIAS

- 16.1 Cukor, Clar. (Undated). *Tracking: A Monograph*. Scottdale, Georgia: Georgia Duck and Cordage Mill (now Fenner Dunlop).
- 16.2 Barfoot, Greg J. (January/March 1995). "Quantifying the Effect of Idler Misalignment on Belt Conveyor Tracking," *Bulk Solids Handling*, Volume 15, #1, pp. 33-35. Clausthal Zellerfeld, Germany: Trans Tech Publications.

SEÇÃO 4

CONTROLE DE PÓ

• Capítulo 17	280
PANORAMA DE CONTROLE DE PÓ	
• Capítulo 18	296
CONTROLE PASSIVO DE PÓ	
• Capítulo 19	304
SUPRESSÃO DE PÓ	
• Capítulo 20	322
COLETA DE PÓ	

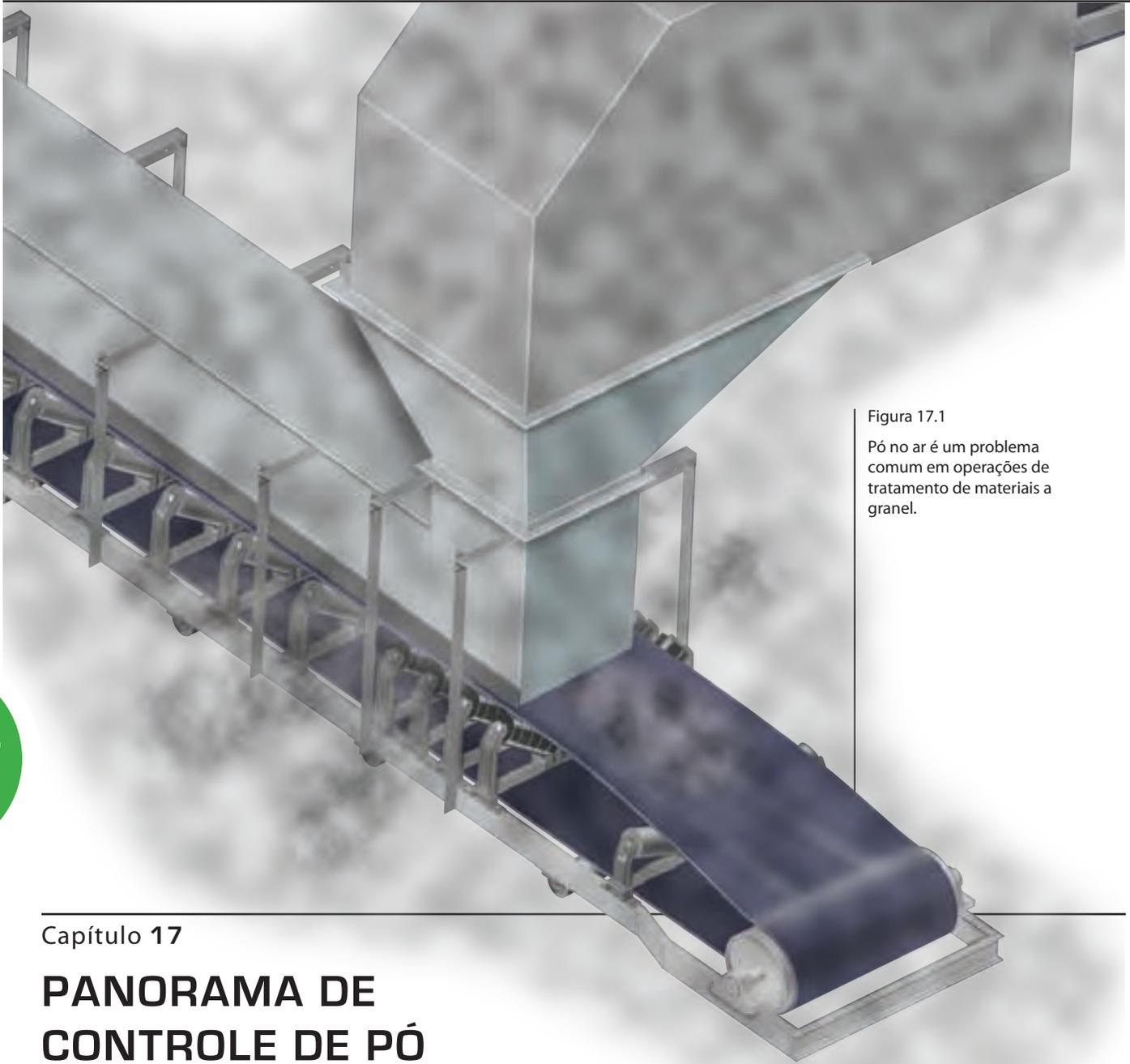


Figura 17.1

Pó no ar é um problema comum em operações de tratamento de materiais a granel.

17

Capítulo 17

PANORAMA DE CONTROLE DE PÓ

Definindo Pó	281
Consequências do Pó	282
Medição do Pó	285
Métodos de Controle de Pó	287
Reduzindo Riscos de Incêndio e Explosão	290
Questão de Segurança	292
Manutenção do Sistema de Controle de Pó	292
Processo de Seleção de Controle de Pó	293
Aplicações Específicas de Controle de Pó	293

Neste Capítulo...

Este capítulo define o que é pó e fornece um panorama do assunto de controle de pó. Serão examinados problemas associados ao pó, inclusive incêndio e explosões, métodos de medição de pó e métodos para minimizar e controlar pó. Os três capítulos seguintes fornecerão mais detalhes sobre as áreas específicas de controle de pó.

O pó fugitivo, especificamente materiais fragmentados que são liberados no ar, está se tornando uma das maiores preocupações das operações de manuseio de materiais a granel. O pó gera problemas no processo, na fábrica, no desempenho dos colaboradores, na saúde destes e da comunidade, e nas relações com os vizinhos da fábrica. O nível elevado de preocupação pode ser devido ao fato de que fora da fábrica o pó é mais visível do que o ponto de derramamento. O derramamento é mais localizado; ele afeta as relações dentro da fábrica. Uma nuvem de pó proveniente dos britadores ou dos transportadores operação é externamente visível e pode gerar problemas de saúde, segurança, relações com a vizinhança e órgãos reguladores (**Figura 17.1**).

Para combater com sucesso o incômodo crescente de pó, é preciso entender como o pó é gerado, quais são suas consequências, como elas são medidas e quais são os métodos disponíveis para combatê-lo. Se houver controle do pó e do vazamento de material, a operação será mais limpa, segura e produtiva.

DEFININDO PÓ

Restringindo o debate

Este livro aborda o controle de pó a partir do transporte de materiais ou da carga e descarga de transportadores de correias. Outras operações industriais e de tratamento de material geram pó, inclusive britagem, moagem, maquinação e transporte pesado. Algumas das questões e tecnologias apresentadas neste e no próximo capítulo podem ser úteis para o entendimento e o controle do pó, a partir dessas fontes.

Solucionar os problemas causados pelo pó é complicado por sua natureza. A geração de pó possui um número significativo de variáveis que são regularmente alteradas por

mudanças no ambiente e nos materiais. A variedade de processos e *layouts* da fábrica, das técnicas e tecnologias de produção, da seleção de equipamentos e opções de sistemas e das diferenças nos transportadores e nos materiais transportados afetará as condições e os resultados. Essas diferenças podem, inclusive, ser detectadas diariamente dentro de uma única operação. Portanto, as informações apresentadas aqui não podem ser consideradas absolutamente aplicáveis em todas as circunstâncias. Qualquer aplicação dessas informações deve ser cuidadosamente revista sob as circunstâncias específicas, antes de selecionar as opções e fazer os investimentos. O primeiro passo é entender a natureza do problema, antes de considerar as opções específicas para uma determinada operação.

A Definição de Pó

Pó é definido pela Administração de Saúde e Segurança em Minas (Mine Safety and Health Administration - MSHA), dos Estados Unidos, como “sólidos minimamente fragmentados que podem se espalhar pelo ar a partir do estado original, sem nenhuma alteração física ou química além da fragmentação”.

Essa é uma maneira complicada de dizer que pó é “o material que, quando utilizado, pode se espalhar no ar e ali permanecer”. Embora seja interessante dizer que todos os empecilhos podem ser eliminados, as indústrias de material a granel são cheias de empecilhos. Por exemplo, cascalho de material quebrado por impacto, britagem, abrasão ou moagem; material transferido de uma correia, um silo, processo ou reservatório para outro local; ou material manipulado pelo vento, pelos operários ou pelo maquinário.

O tamanho de uma partícula de pó é medido em microns (μm). Micron é a abreviação de micrômetro, uma unidade de medida um milhão de vezes menor que um metro. O equivalente em medidas imperiais é 1/254.00 (ou 0,0000394) de uma polegada. O cabelo de um humano normalmente possui de 80 a 100 microns de diâmetro.

Pó respirável é aquele pequeno o bastante para penetrar os pulmões quando inalado. O Departamento de Administração de Saúde e Segurança Ocupacional (Occupational Safety and Health Administration - OSHA) da

Secretaria do Trabalho Americana, em sua apostila intitulada Apostila de Controle de Pó para Processamento de Materiais, define pó respirável como:

Pó respirável refere-se àquelas partículas de pó pequenas o bastante para penetrar o nariz e o sistema respiratório superior, e adentrar os pulmões. Partículas que penetram profundamente no sistema respiratório geralmente estão além dos mecanismos de depuração natural do corpo, dos cílios e das mucosas e tendem mais a ser retidas.

A maioria dos órgãos reguladores define 10 microns ou menos como o tamanho de pó respirável. De acordo com a OSHA, a MSHA define pó respirável como a fração de pó no ar que passa do equipamento de seleção de tamanho (peneira), de 10 microns ($3,28 \times 10^{-5}$ ft) (**Tabela 17.1**).

CONSEQUÊNCIAS DO PÓ

Diferentemente do derramamento de material, que normalmente fica próximo ao ponto do transportador onde o material é liberado, o pó afeta a operação inteira. Uma vez que o pó é liberado no ar, vai se espalhar por onde quer que haja corrente de ar. Há muitos perigos, custos, inconveniências e ineficiências associados ao pó no ar.

É de interesse legal e financeiro da operação lidar adequadamente com o pó.

Quando uma operação viola uma regulamentação de segurança, há ramificações legais para a alegação de terceiros (inclusive culpabilidade da equipe e possível responsabilidade dos executivos da operação em que houve violações de segurança). Portanto, há um incentivo pessoal em eliminar o pó.

Riscos à Saúde

O maior perigo do pó está na exposição de colaboradores, casas vizinhas e negócios. Se

o material é tóxico, cancerígeno ou apresenta outras nocividades, a distribuição no ar pode colocar a saúde de uma série de pessoas em risco. Além dos perigos tóxicos dos materiais, há um perigo respiratório presente também. Uma vez que o pó respirável é absorvido pelos pulmões, não pode ser expelido. A exposição prolongada causará acúmulo de material nos pulmões. A maioria dos órgãos reguladores define 10 microns como o tamanho do pó respirável. Quando são inalados 10 microns de partículas no ar, eles permanecerão nos pulmões. Portanto, partículas de pó de 10 microns ou menores possuem uma concentração muito menor que a permitida. Com materiais tóxicos, a concentração permitida é ainda menor. Nos Estados Unidos, o dióxido de silício normalmente é regulado a um ponto onde as concentrações mínimas permitidas são menores que 2 miligramas por metro cúbico ($2,0 \times 10^{-6}$ oz/ft³) por oito horas diárias. Muitas agências governamentais e privadas têm considerado que a exposição contínua a concentrações maiores que essas causariam silicose.

A OSHA determinou níveis admissíveis de pó para os Estados Unidos (**Tabela 17.2**). Os níveis determinados pela OSHA representam os níveis de regulamentação vistos e potencialmente intensificados por todo o mundo.

Riscos de Explosão

Outro perigo do pó é seu potencial de explosão. Materiais que evidentemente possuem esse potencial são o carvão e outros combustíveis. Mesmo materiais que não sejam inflamáveis em seu estado sólido podem entrar em combustão quando espalhados no ar como pó. Por exemplo, o pó de alumínio é inflamável.

Há cinco componentes favoráveis necessários para haver uma explosão de pó. Os três primeiros formam o “triângulo” de componentes de qualquer incêndio:

- A. Combustível (pó inflamável).
- B. Fonte de ignição (calor ou faísca).

Tabela 17.1

Porcentagens de Tamanhos de Partículas que Ultrapassam o Equipamento de Seleção de Tamanho de 10 Microns

Tamanho da Partícula (μ)	10,0	5,0	3,5	2,5	2,0
% de Peneiração	0	25	50	75	90

C. Oxidante (oxigênio no ar).

Os dois componentes finais são necessários para gerar uma explosão de pó:

D. Suspensão do pó em uma nuvem (em quantidade e concentração suficientes).

E. Confinamento da nuvem de pó.

Se faltar um desses componentes, pode não haver explosão.

Muitos comércios oferecem produtos e soluções para combater os requisitos de explosão, mas o controle do pó inflamável reduzirá a chance de explosão, bem como aumentará a eficácia desses produtos.

É responsabilidade dos proprietários e da administração da fábrica estar alerta para as propriedades explosivas do material em seus vários estados e eliminar ativamente o potencial de explosão.

Riscos de Segurança

O controle de pó e de outros materiais fugitivos é uma peça-chave na prevenção de acidentes da equipe. Em qualquer operação onde o pó reduza a visibilidade e a acessibilidade, há um risco maior de problemas na operação de equipamentos pesados ou na movimentação da equipe. A presença de pó requer limpeza e recolocação da equipe da

fábrica nas proximidades dos transportadores e de outros equipamentos do processo, resultando em alto risco de danos.

O pó no ar normalmente gera um ambiente de trabalho desagradável. Os trabalhadores mostrarão mais disposição e produtividade se as condições onde eles passam seus dias de trabalho não sejam vistas como sujas, desagradáveis e possivelmente não saudáveis.

Em algumas fábricas, os trabalhadores devem usar uma máscara para trabalhar nas proximidades dos sistemas de tratamento de material gerador de pó. Isso aumenta a insegurança devido à visibilidade distorcida e afeta negativamente a disposição. Além do problema de pó, a empresa é vista como despreocupada com a saúde e o bem-estar dos funcionários, uma vez que eles são forçados a trabalhar em um ambiente que é possivelmente nocivo e certamente desconfortável.

“Não no Meu Quintal” e Relações com os Vizinhos

Antigamente, a desculpa aceita para sinais visíveis da presença de uma fábrica em um local, como pó e odor desagradável, era sinal de que a fábrica estava “fazendo dinheiro”.

Não é mais verdade. Agora, a síndrome do “Não no Meu Quintal” – usado em inglês como “Not In My Backyard”, ou NIMBY – é mais forte. Os grupos ambientais são mais

Níveis de Exposição a Pó Admissíveis para Oito Horas Diárias, de Acordo com a Administração de Saúde e Segurança Ocupacional (OSHA) (EUA)		
Substância	Tipo	mg/m ³
Sílica: Cristalina <i>Cristobalita: Usar ½ do valor calculado a partir da fórmula de massa ou contagem do quartzo.</i> <i>Tridimita: Usar ½ do valor calculado a partir da fórmula do quartzo.</i>	Quartzo (respirável)	10 mg/m ³ %SiO ₂ +2
	Quartzo (pó total)	30 mg/m ³ %SiO ₂ +2
Amorfos	Amorfos, inclusive terra diatomácea natural	80 mg/m ³ %SiO ₂ +2
Pó de Carvão	Fração respirável < 5% SiO ₂	2,4 mg/m ³
	Fração respirável > 5% SiO ₂	10 mg/m ³ %SiO ₂ +2
Pó Incômodo ou Inerte	Fração respirável	5 mg/m ³
	Pó total	15 mg/m ³

Tabela 17.2

organizados. Ninguém quer os valores das suas propriedades comprometidos pelas emissões da operação de uma indústria. Os grupos comunitários preferem reclamar e procurar apoio, acionistas, grupos ambientais e órgãos reguladores. A necessidade de expandir uma operação, como uma planta de agregados, muitas vezes gera discussões de licenciamento extensas e controversas.

Uma solução para os processos de licenciamento cada vez mais complicados é a operação manter boas relações com as comunidades em que ela opera. Esforços como doações à comunidade e visitas à fábrica contribuem para revelar a operação e demonstrar o valor que a fábrica fornece e os esforços que ela faz para se tornar uma boa vizinha.

Esses esforços podem se tornar desagradáveis se as nuvens de pó aumentarem a partir dos equipamentos de operação regular ou periódica.

Órgãos Reguladores

Além dos riscos de explosão e à saúde provenientes do pó, a operação deve ter ciência da poluição visual e à natureza causada pelo pó. Cada vez mais, as indústrias que produzem pó são inspecionadas e investigadas devido à poluição visual para as casas e os comércios dos arredores. É muito mais fácil identificar uma nuvem de pó a certa distância do que um vazamento. Por esse motivo, uma operação com materiais a granel deve estar atenta ao clima político-ambiental na área onde ela esteja operando.

Os órgãos reguladores são encarregados de proteger a saúde dos trabalhadores e de terceiros. Adequadamente, eles monitoram e revisam os resultados do nível de pó quanto a outras pessoas, inclusive vizinhos preocupados com a proteção da sua propriedade e grupos preocupados com o ambiente em geral. Além disso, eles estão suscetíveis à pressão dos grupos de interesse e da mídia.

Como resultado, muitas empresas e/ou operações em geral controlam a discussão de seus limites reguladores e dos resultados dos testes. A gerência não quer que o assunto seja discutido fora da fábrica, pois os resultados podem ser “ruins”, os dados estão sujeitos à má interpretação de quem vê de fora e a discussão

aponta que o pó é uma tarefa da fábrica.

Também deve ser feita menção de outros órgãos reguladores, que, embora não sejam formalmente responsáveis pelo controle de liberação de pó, são responsáveis por outros aspectos do controle governamental das operações industriais como mapeamento e permissões de uso da terra. Esses órgãos reguladores estão sujeitos e vulneráveis às influências externas, inclusive da vizinhança, proprietários (e/ou desenvolvedores potenciais) ou tratados de terra adjacentes e grupos de interesse ambiental.

Problemas no Processo

Além das questões ambientais, de segurança e de saúde discutidas, há uma série de razões para controlar o pó fugitivo, a fim de melhorar o processo internamente.

O pó afeta a qualidade de uma operação industrial e seus resultados. Ele contamina a fábrica e, possivelmente, até mesmo o produto final. O pó se acomodará em sensores e instrumentos sensíveis, comprometendo a capacidade do instrumento de monitorar um processo e confundindo os dados fornecidos para os operadores. Em algumas operações industriais, como sintetização de ferro e fábricas de pelotização, o pó no processo é um agente contaminante que afeta negativamente os resultados.

Outro perigo do pó no ar refere-se à categoria de dano à propriedade. Se existe um material corrosivo, é o pó. Como o pó no ar se acomoda em toda a superfície dentro de uma operação, há um potencial de dano massivo devido à corrosão ampla na operação. O pó será atraído pela sucção de ar em motores e bombas, causando uma falha imprevista desses equipamentos caros e substanciais.

O pó representa uma perda de material valioso, um material pelo que se paga e, em muitos casos, possui certo nível de processamento aplicado a ele. O pó fugitivo representa uma oportunidade de lucro perdida. Em algumas fábricas, o pó no ar terá uma concentração mais alta do mineral alvo da operação do que do conjunto geral de materiais. Descobriu-se que o pó em grandes minas de metal precioso possui mais ouro e cobre do que matéria-prima, com concentrações aumentadas de 25% a 100%. A recuperação desse pó

valioso proporciona um retorno significativo no investimento de sistemas de controle de pó.

O pó também aumenta a quantidade de trabalho de manutenção necessária, consome horas de mão de obra da equipe da fábrica, adicionando gastos e desviando trabalhadores e responsáveis de outras responsabilidades. É importante levar em conta as horas-extras de mão de obra necessárias para a limpeza das áreas de acúmulo de pó. O vazamento cai debaixo de um transportador; o pó, pelo contrário, espalha-se por toda a planta, inclusive em elevações bem acima do ponto de liberação de pó.

O pó fugitivo pode afetar a capacidade de produção de uma fábrica, reduzindo a disponibilidade de transportadores e equipamentos devido a acidentes, manutenção extra requerida e ociosidade para limpeza.

MEDIÇÃO DO PÓ

São necessários estudos específicos acerca do pó para avaliar a adequação de uma operação quanto às normas, bem como a eficácia de suas medidas de controle de pó. O método de amostragem de pó é específico para a região e os órgãos envolvidos na pesquisa. Métodos de amostragem mais populares incluem amostrador de pó pessoal, amostrador de pós específicos, leitura de opacidade e aparelhos portáteis eletrônicos de medição de pó. Esses métodos de amostragem são discutidos a seguir.

Amostragem Pessoal de Pó

A exposição de um trabalhador a uma concentração de pó pode ser melhor medida com um amostrador pessoal de pó (**Figura 17.2**). É uma pequena bomba a vácuo anexada a um tubo que está conectado ao pescoço do colaborador. O colaborador utiliza o amostrador durante todo o curso do dia de trabalho. No fim do expediente, a quantidade de pó coletada pelo amostrador é medida. Esse peso é dividido pelo fluxo de ar total que a bomba coletou durante todo o dia e o tempo em operação, para determinar uma concentração de pó no ar. Essa metodologia repetitiva é útil na determinação da quantidade de pó no ar e do tamanho das partículas de pó, bem como na medição da exposição de

um indivíduo à nocividade do pó. Também são disponibilizados aparelhos particulares de controle em tempo real.

Amostragem Básica de Pó de Local Específico

A amostragem básica de pó de local específico normalmente é concluída pela colocação de várias vasilhas e recipientes na área de pó, deixando-os lá por um período de tempo específico (**Figuras 17.3 e 17.4**). A quantidade de pó coletada nos recipientes é pesada. Essa amostragem normalmente é feita antes e após a implantação de uma solução de controle de pó.

Esses dois valores são comparados para avaliar a eficácia relativa da medida de controle de pó. Embora seja um método básico e intuitivo para medir a eficácia de um sistema, ele não fornece nenhuma informação sobre a concentração de pó no ar ou sobre o tamanho das partículas. Deve-se observar que esse tipo de amostragem mede não o conteúdo do pó no ar, mas sim a quantidade de pó que se acumula no local onde os recipientes estão localizados. Os resultados podem ser afetados pelas correntes de ar sobre os recipientes.

Amostragem Avançada de Pó em Local Específico

A amostragem avançada de pó em local específico é uma combinação do amostrador pessoal de pó com o amostrador básico de pó

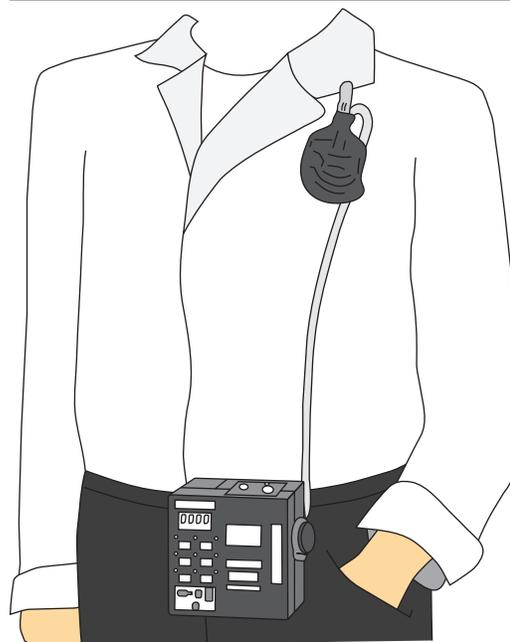


Figura 17.2

Utilizado por um colaborador, o amostrador pessoal de pó determinará a exposição do indivíduo ao pó liberado no ar.

em local específico, no qual é utilizado vácuo para capturar o ar (**Figura 17.5**). O aparelho de amostragem é colocado em um local fixo por um dado período de tempo. O método usado para analisar as concentrações é semelhante à amostragem básica em local específico, mas esses sistemas podem ser muito mais precisos e controlados. Os resultados podem ser gerados para um computador ou para outro aparelho de controle, permitindo que as leituras sejam feitas remotamente.

Outra versão do amostrador de pó em local específico é o alinhador de opacidade por micro-ondas. Esse aparelho opera pela

liberação de luz, ou micro-ondas, em uma faixa de ar. A luz ou radiação é desviada ou absorvida pelo pó no ar. A energia é medida pela faixa de ar e a quantidade de pó pode ser calculada a partir desse valor pela medição da diferença de força no sinal enviado e no sinal recebido (**Figura 17.6**). Podem ser utilizados equipamentos mais elaborados para medir o tamanho das partículas. Embora esse equipamento seja muito preciso, ele tende a ser caro e não é portátil. Esse tipo de sensor seria empregado por uma operação para controlar uma peça particular do equipamento.

Leituras de Opacidade Visual

A leitura de opacidade visual é realizada por um inspetor treinado e autorizado que observa a área por uma determinada quantidade de tempo e registra a quantidade de pó visível no ar. Embora esse método seja acusado de ser subjetivo, ele é amplamente regulamentado e geralmente aceito entre órgãos de proteção ambiental nos Estados Unidos.

Aparelhos Portáteis Eletrônicos de Medição de Pó

A tecnologia está sempre tentando fazer métodos de melhores (mais científicos) e mais portáteis de medição. Aparelhos portáteis podem medir concentrações, tamanho de pó e muitas outras propriedades do pó. Conforme a tecnologia avança, esses aparelhos vão se

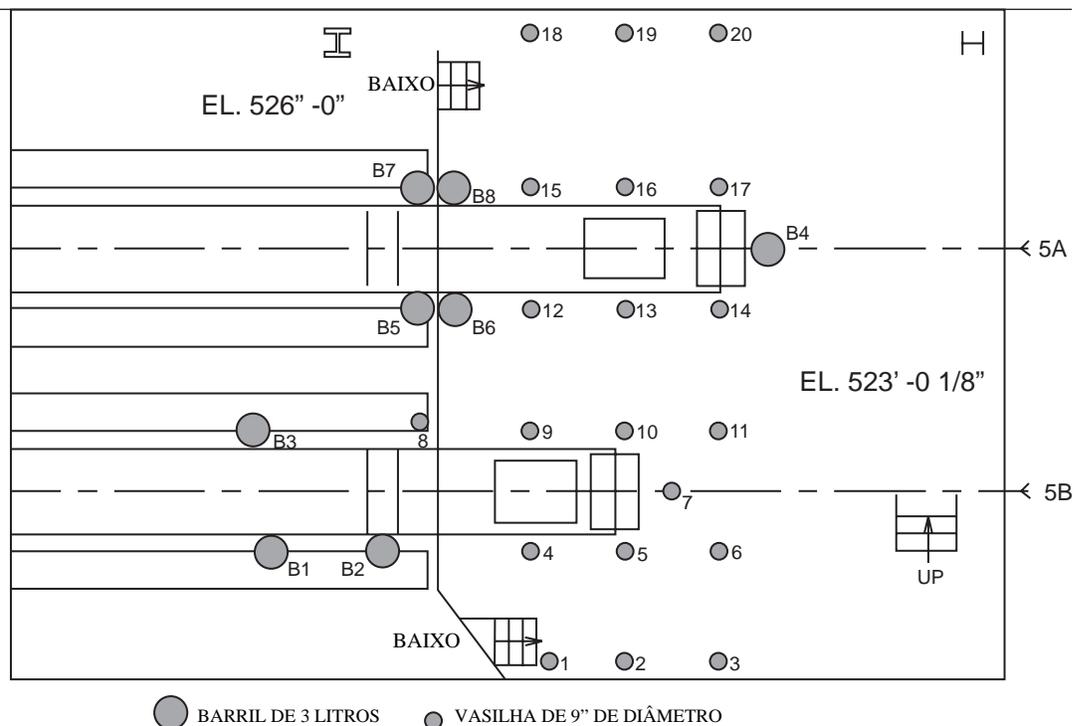
Figura 17.3

Os recipientes no chão distribuídos pela parte posterior do transportador foram colocados para coletar amostras de pó neste local.



Figura 17.4

Esse desenho mostra o plano de coleta de pó e vazamento pelas polias traseiras de dois transportadores.



tomando menos caros e mais comumente vistos no campo (**Figura 17.7**).

Metodologias de Testes Padrão

Como as metodologias de medição de pó variam de região para região e de aplicação para aplicação, é de grande interesse da operação saber quem medirá o pó e quais métodos serão usados. Uma série de organizações nacionais e internacionais tem fornecido procedimentos padrão de medição de pó. Alguns exemplos estão listados a seguir:

A. ASTM International (ASTM).

ASTM D4532-97 (2003) *Standard Test Method for Respirable Dust in the Workplace Atmospheres* (Método de Teste Padrão para Pó Respirável nas Atmosferas do Local de Trabalho).

ASTM D6552-06 *Standard Practice for Controlling and Characterizing Errors in Weighing Collected Aerosols* (Prática Padrão para Controle e Caracterização de Erros pela Medição de Aerosóis Coletados).

B. Deutsches Institut für Normung (DIN-European Union).

DIN/EN 481 *Workplace Atmospheres: Size Fraction Definitions for Measurement of Airborne Particles* (Atmosferas de Trabalho: Definições de Fração de Tamanho para Medição de Partículas no Ar).

C. Organização Internacional de Padronização (ISO).

ISO 20988 *Air Quality Guidelines for Estimating Measurement Uncertainty* (Qualidade do Ar - Diretrizes para Estimativa da Relatividade de Medida).

ISO 7708 *Air Quality Particle Size Fraction Definitions for Health-Related Sampling* (Qualidade do Ar - Definições de Frações de Tamanhos de Partículas para Amostragem Relacionada à Saúde).

ISO 12141 *Stationary Source Emissions Determination of Mass Concentration of Particulate Matter (Dust) At Low*

Concentrations (Emissões de Fontes Estacionárias - Determinação de Concentração de Massa de Matéria Particular (Pó) a Baixas Concentrações).

É aconselhável a consulta de organizações como ISO, ASTM e órgãos reguladores de regiões específicas para determinar as regulamentações atuais e aceitar os métodos de testes.

MÉTODOS DE CONTROLE DE PÓ

Minimizando a Geração de Pó

O pó no ar é gerado sempre que um material seco é movimentado, manipulado e submetido a correntes de ar fortes o bastante

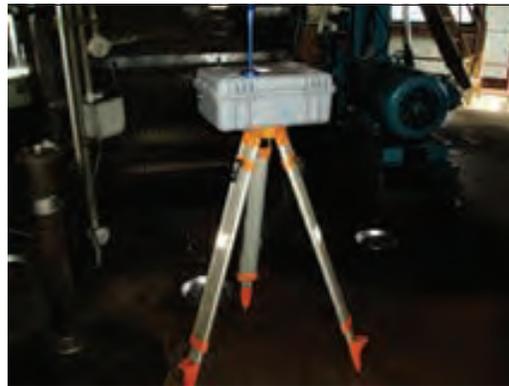


Figura 17.5

Esse sistema de amostragem avançada de pó em local específico utiliza vácuo para absorver o pó liberado.

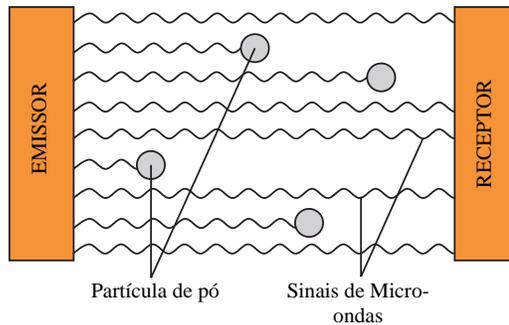


Figura 17.6

O alinhador de opacidade por micro-ondas utiliza a diferença na força do sinal enviado e do sinal recebido para determinar a quantidade de pó no ar.



Figura 17.7

Aparelhos portáteis agora podem medir a concentração e o tamanho do pó.

para aumentar ou redirecionar as partículas pequenas dentro do corpo do material. Uma das circunstâncias mais comuns em que isso ocorre são os pontos de transferência do transportador, onde a carga, a descarga e o trânsito de material geram correntes de ar que espalham o pó pelo sistema de tratamento de material.

As emissões de pó no transporte de carga podem ser significativamente reduzidas com um sistema de transferência projetado, um sistema de vedação eficaz, a adição de um sistema de supressão de pó e/ou o uso de um sistema coletor de pó eficaz.

A primeira consideração no controle de pó deve sempre ser a minimização da quantidade de pó gerada atualmente. Embora seja improvável que o pó possa ser completamente eliminado, qualquer mudança no desenho do sistema ou na técnica de produção a fim de reduzir a quantidade de pó produzida deve ser considerada. Por exemplo, se a energia liberada pelo fluxo decrescente de material em qualquer área de impacto pode ser reduzida, menos energia será atribuída ao material e menos partículas de pó serão geradas ou espalhadas. Consequentemente, é melhor elaborar sistemas de transporte com distâncias mínimas de lançamento de material.

Esse tipo de engenharia melhorada pode ser realizado como uma compensação ou pode ser considerado no estágio inicial do desenho na fábrica. Os métodos de redução do pó gerados através da engenharia aprimorada incluem, entre outros:

- A. Reduzir altura de quedas entre transportadores.
- B. Carregar o material na mesma direção da correia de destino.
- C. Evitar alterações drásticas na trajetória do material.
- D. Manter uma rede coesiva de material enquanto controla o fluxo de ar interno e externo do ponto de transferência.

Esses métodos podem ser alcançados através da combinação de *layout* adequado do transportador e modelo criativo de pontos

de transferência de transportadores. Por exemplo, um chute projetado incorporando um sistema “*de curva superior e inferior*” pode ser de grande ajuda para alcançar esses métodos. Outras melhorias de projetos são disponibilizadas para reduzir drasticamente a geração e liberação de pó no ar. O sucesso dessas melhorias pode eliminar ou reduzir consideravelmente a necessidade, o tamanho e o custo de sistemas de coleta e supressão de pó. (Consultar Capítulo 7: Controle do Ar e Capítulo 22: Chutes de Fluxo Projetados.)

Três Formas de Controlar Pó

Se uma operação não pode impedir o pó de se espalhar pelo ar, ela deve encontrar formas de controlá-lo. O controle pode ser atingido pela reserva, supressão ou coleta de partículas no ar. Antes de selecionar um sistema de controle de pó, é necessário entender os fatores causadores do pó.

As condições que determinam se os resíduos são espalhados no ar são: velocidade do ar, tamanho da partícula e coesão do material a granel. Essas características contribuem para a quantidade de pó gerada pela seguinte relação intuitiva e subjetiva: a quantidade de pó gerada é proporcional à velocidade do ar, dividida pelos fatores de tamanho de partícula e coesividade do material (**Figura 17.8**).

Essa relação enfatiza três princípios importantes que podem ser utilizados no controle de pó:

- A. A geração de pó pode ser minimizada pela redução da velocidade do ar sobre o material a granel.
- B. A geração de pó pode ser minimizada pelo aumento do tamanho de partículas do material a granel.
- C. A geração de pó pode ser minimizada pelo aumento da coesividade do material a granel.

Onde uma ou mais dessas características indicam que a capacidade de controlar o pó depende da alteração de uma ou duas outras características. Por exemplo, o tamanho de partícula de carvão sendo transportado não pode ser alterado, a velocidade do ar, ou a força coesiva das partículas, deve ser alterada para

Figura 17.8
Equação para
cálculo da poeira em
suspensão.

$$\text{Pó Gerado} \propto \frac{\text{Velocidade do Ar}}{\text{Tamanho da Partícula} \cdot \text{Coesão}}$$

minimizar a emissão de pó. Muitos sistemas de controle de pó combinam vários desses princípios.

Redução da Velocidade do Ar

O método mais fácil e eficaz para controlar pó é reduzir a velocidade do ar. As partículas de pó são mais pesadas que o ar, e elas vão se acomodar, caso haja condições de estabilidade e tempo suficiente. Ao reduzir a velocidade do ar, as partículas têm uma chance de voltar ao fluxo de materiais. O pó percorre o fluxo de ar, então, é evidente que, se o ar for controlado, o pó também pode ser.

Talvez a tecnologia de controle de pó mais antiga (e mais fácil) seja simplesmente isolar o pó (ou a operação/local de geração de pó) para que as partículas tenham a oportunidade de se assentarem, antes de serem carregadas para fora da área. Esse é um método para reduzir a velocidade do ar, impedindo, portanto, o acúmulo das partículas de um conjunto de materiais. Quanto maior o volume do isolamento, a velocidade será menor, permitindo que as partículas caiam do ar.

Um chute de transferência projetado eficazmente reduz a velocidade do ar, minimizando o ar liberado para o ponto de transferência, vedando os vazamentos que permitem o escape do ar que carrega pó e permitindo que o pó se estabilize. O isolamento tradicional do ponto de transferência é o método mais comum usado para combater o pó. A vantagem dos chutes de aço tradicionais é de que são rígidos, permanentes e podem isolar completamente o ponto de transferência. Isso os torna a melhor opção para uma melhoria em qualquer ponto de transferência. Mesmo uma técnica básica, como a instalação de cortinas de pó na saída do chute, é um método para reduzir o movimento do ar.

Um isolamento eficaz pode, teoricamente, ser colocado em qualquer ponto de transferência, no entanto, em algumas operações, não podem ser usados pontos de transferência rígidos, permanentes e completamente isolados, para que o equipamento fique isolado. Por exemplo, muitas operações com areia e cascalho requerem um equipamento móvel, dispensando o chute de transferência fixo. Outras operações podem precisar controlar visualmente o ponto de transferência, não sendo adequado um chute completamente isolado.

Aumento do Tamanho das Partículas

Se isolar o ponto de transferência não é

uma opção, então, aumentar o tamanho das partículas de pó para deixá-las mais pesadas e mais propensas a sair do fluxo de ar pode ser a solução. Aumentar o tamanho das partículas de pó as deixará mais pesadas. Uma partícula pesada não será transportada com facilidade pelo movimento do ar e cairá mais rapidamente quando a velocidade do ar diminuir. Uma partícula mais pesada também possui mais força, não sendo afetada por alterações no fluxo de ar.

Os sistemas de supressão de pó geralmente são baseados no princípio de aumento do peso das partículas de pó para melhorar o controle de pó e devolver as partículas para o fluxo principal de material. Esses sistemas aumentam o peso das partículas de pó, misturando-as com gotas de água (ou com uma solução química diluída em água). As partículas molhadas, e agora mais pesadas, continuarão no fluxo do material antes que elas saiam para a atmosfera.

É relativamente difícil capturar partículas de pó, uma vez que elas tenham sido liberadas no ar. Os sistemas de supressão de pó por neblina tratam o pó nesse estado difícil. *(Consultar Capítulo 19: Supressão de Pó.)* Um sistema de neblina requer tempo e um espaço relativamente tranquilo para capturar as partículas de pó no ar. Isso necessita de um ponto de transferência isolado, e de ar relativamente lento. Os sistemas de neblina são mais bem-sucedidos quando as partículas de pó e as gotas de água apresentam tamanhos semelhantes. Para alcançar o tamanho de uma pequena gota de água necessário para equivaler às partículas pequenas de pó no ar, a água deve ser processada a altas temperaturas, através de mangueiras atomizantes, ou devem ser atomizadas com o ar. Os dois métodos para igualar pequenas gotas de água às pequenas partículas de pó são caros e complicados.

A coleta de pó também é utilizada para aumentar o tamanho do material. Esse método usa o vácuo para empurrar o ar (e o pó que ele comporta) para fora do sistema de tratamento de materiais. O pó se aglomera ou se acumula na superfície do sistema de filtragem e é, em seguida, coletado no local central ou devolvido sobre a correia, com o uso de coletores locais. *(Consultar Capítulo 20: Coleta de Pó.)*

Os sistemas coletores de pó requerem o isolamento do(s) ponto(s) de transferência

e de uma quantidade substancial do espaço excessivo. Esses sistemas não fazem nada para reduzir o potencial do material para gerar pó; quando o material é agitado no próximo ponto de transferência, o pó deve ser tratado novamente.

Aumentando a Coesividade do Material

O último método comum usado para minimizar o pó é aumentar a coesividade do material, ou seja, o “desejo” (ou capacidade) do material de aderência. As propriedades do material devem ser alteradas, a fim de aumentar capacidade do material de se “colar” a si mesmo. Um exemplo na vida real de coesividade aprimorada é a areia da praia em comparação à areia do deserto. Os dois tipos de areia apresentam aproximadamente partículas do mesmo tamanho em forma sólida. A areia do deserto tem pouca aderência; suas partículas podem se fragmentar facilmente e ser espalhadas no ar. O conteúdo úmido da areia da praia aumenta sua coesão; as partículas permanecem grudadas e não se espalham no ar quando o material é lançado.

Uma forma simples de aumentar a coesividade é introduzir água ou outro agente de ligação ao material. Deve-se tomar cuidado ao aplicar umidade a um material a granel. Se a água for aplicada na parte superior do material parado sobre uma pilha ou sobre a correia transportadora, a água molhará apenas o lado externo do material. Quando esse material é manuseado, seja em um estoque, seja percorrendo um ponto de transferência, as partículas são reordenadas, e as superfícies secas são expostas ao ar. O pó pode ser, então, liberado a partir dessas superfícies secas. O ponto de aplicação ideal para adição de umidade é quando o material está em queda livre. Isso permite que a água penetre o material e toque melhor sua superfície.

As vantagens da aplicação de água incluem o efeito residual da supressão de pó. O material molhado apresentará nível de coesão (e, conseqüentemente, incapacidade de gerar pó) enquanto o material permanecer molhado.

A desvantagem da aplicação de água é a grande quantidade de água necessária para molhar completamente a maioria dos materiais. O resultado é que, como o material molhado adere aos componentes do sistema e a si

mesmo, a umidade pode causar problemas, incluindo a aderência nas telas da peneira, o entupimento dos chutes e o material de retorno na correia. Mesmo a eficiência de um esmagador é reduzida com o material molhado. Ao projetar um sistema de tratamento de material, o efeito da umidade deve ser levado em conta ao considerar a supressão como solução para problemas com pó.

Outra preocupação com a aplicação de água é a penalidade de desempenho proveniente do ato de molhar um produto que deve ser aquecido ou queimado. Cada operação deve decidir se o custo do pó fugitivo é maior que a penalidade térmica da supressão. Uma questão adicional é que alguns materiais, como o cimento, não podem ser expostos à água. É necessário um entendimento completo do processo e do material de uma operação antes de selecionar um sistema de supressão.

Um método para minimizar a quantidade de água necessária para a supressão de pó é melhorar a capacidade da água de umedecer o material com a adição de um surfactante ao suprimento de água. A solução de água e substância química é aplicada como um jato ou espuma. A adição de um surfactante minimizará a quantidade de água necessária para fazer o trabalho, mas aumentará os custos de operação. (*Consultar Capítulo 19: Supressão de Pó.*)

REDUZINDO O RISCO DE INCÊNDIO E EXPLOSÃO

Riscos de Incêndio e Explosão

Conforme evidenciado pela explosão de silos em indústrias de tratamento de grãos, explosões de pó são muito fortes e constituem um grande risco. Conseqüentemente, deve-se tomar extremo cuidado para minimizar esse risco. Para muitos casos de pó, uma camada da espessura de um clipe de papel – apenas 1 milímetro (1/32 in.) – é suficiente para gerar um risco de explosão. Uma camada de 6 milímetros (1/4 in.) é um problema maior ainda, o suficiente para destruir uma fábrica.

Para haver uma explosão de pó, precisam ser apresentados os seguintes fatores: um pó combustível confinado na concentração certa, um gás que suporte ignição e uma fonte de ignição. Muitos resíduos de pó, inclusive substâncias químicas, produtos alimentícios,

fertilizantes, plásticos, materiais de carbono e certos metais, são altamente combustíveis; o primeiro requisito para uma explosão de pó. Naturalmente, qualquer aparelho coletor de pó contém nuvens dessas partículas finas suspensas no ar, o qual é um gás que suporta ignição por si só; o segundo requisito.

Em qualquer operação mecânica de tratamento de materiais, há uma série de possíveis fontes de ignição; o terceiro requisito para uma explosão de pó:

- A. Falhas mecânicas que causam fricção ou faísca entre metais.
- B. Lâminas de rotores podem gerar faíscas quando atingidas por algum objeto externo.
- C. Superaquecimento de um rolamento gasto ou de uma correia escorregadia.

- D. Chamas abertas de fornalhas, incineradores ou outras fontes.
- E. Solda ou corte causando uma ignição de fonte pontual ou uma queda de partícula quente (talvez de vários andares) para uma atmosfera inflamável.
- F. Descarga elétrica estática.
- G. Migração de pó inflamável para a região quente de um compressor ou reator catalítico.

Categorizando Explosões de Pó

Há várias formas de classificar conflagrações relacionadas a pó:

- A. Incêndio repentino.

Um incêndio de pó repentino é uma ignição repentina de pó não isolada. Um incêndio repentino normalmente é localizado e pode



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Conforme observado, o pó em suspensão é um problema de segurança por si só, mas uma equipe de operação deve estar atenta às questões de segurança associadas ao seu equipamento de controle de pó. Além dos riscos padrão de energia latente associados a qualquer peça do equipamento industrial, a equipe de operação de materiais a granel deve estar atenta à natureza potencialmente explosiva das soluções de controle de pó.

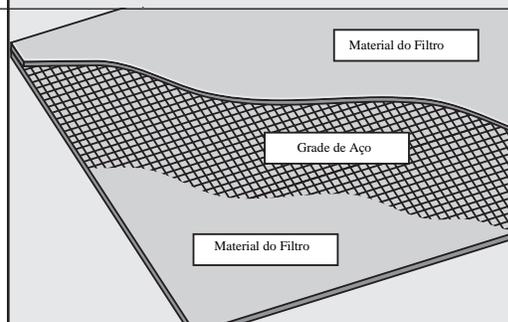
Se uma equipe de operação estiver tentando controlar o pó para impedir uma explosão, deve-se tomar cuidado para garantir que o equipamento de controle de pó possua a indicação de riscos adequada para as condições esperadas. Qualquer motor ou isolamento elétrico deve ser resistente a faíscas ou conter indicação sobre os riscos.

Quando o ar se movimenta através de um meio de filtragem, o meio desenvolve uma carga estática. Se o meio estiver próximo a um membro aterrado da estrutura, a carga estática pode ser descarregada como uma faísca, possivelmente acendendo qualquer pó inflamável no ar. Os fabricantes de filtros criaram meios que dissipam a carga estática através de uma grade de aço inoxidável mergulhada no material do filtro ou através de fibras condutivas de carbono costuradas no material (**Figura 17.9**). Esses elementos permitem que qualquer carga gerada pelo fluxo de ar seja deslocada para a terra antes que faísque. Se o filtro for usado em um ambiente explosivo, deve-se tomar cuidado na seleção do meio de filtro de descarga estática.

Os procedimentos de segurança estabelecidos para entrada em qualquer espaço confinado, inclusive isolamento de pontos de transferência e coletores de pó, devem ser acompanhados rigorosamente. Os procedimentos de desligar/ bloquear/ sinalizar devem ser cumpridos, e a água, as substâncias químicas e as fontes elétricas devem ser descarregadas antes da realização de manutenção nos sistemas de supressão e coleta de pó.

Figura 17.9

Os filtros coletores de pó devem incluir uma linha condutiva costurada ao tecido de filtro para conduzir com segurança qualquer acúmulo estático a terra.



causar ferimentos e danos significativos. Pode também gerar as condições para uma explosão secundária, que pode gerar danos catastróficos e ferimentos fatais.

B. Explosão.

Quando o pó é confinado e entra em combustão, é gerada uma explosão. Essa explosão rápida de gases gerará sobrepressões significativas e destrutivas que podem até mesmo demolir um prédio, causando ferimentos e danos maiores.

C. Explosão primária ou secundária.

Uma explosão inicial pode causar explosões secundárias por provocar, dispersar e inflamar novas fontes de pó afastadas a alguma distância da explosão original. Explosões secundárias podem ser mais destrutivas que a explosão primária, e cada explosão pode causar outras explosões secundárias.

D. Magnitude.

A velocidade e força de uma explosão são funções diretas de uma característica mensurável denominada índice de deflagração. Explosões de pó podem ser mais prejudiciais que explosões causadas por gases inflamáveis.

Mecanismos de Controle

Onde há os ingredientes - pó combustível confinado a uma concentração certa, gás que suporta ignição e fonte de ignição -, deve-se tomar precauções para evitar uma explosão.

Essas precauções incluem:

A. Gás inerte.

A adição de um gás inerte (geralmente nitrogênio ou dióxido de carbono, em vez de ar) no coletor.

B. Supressão.

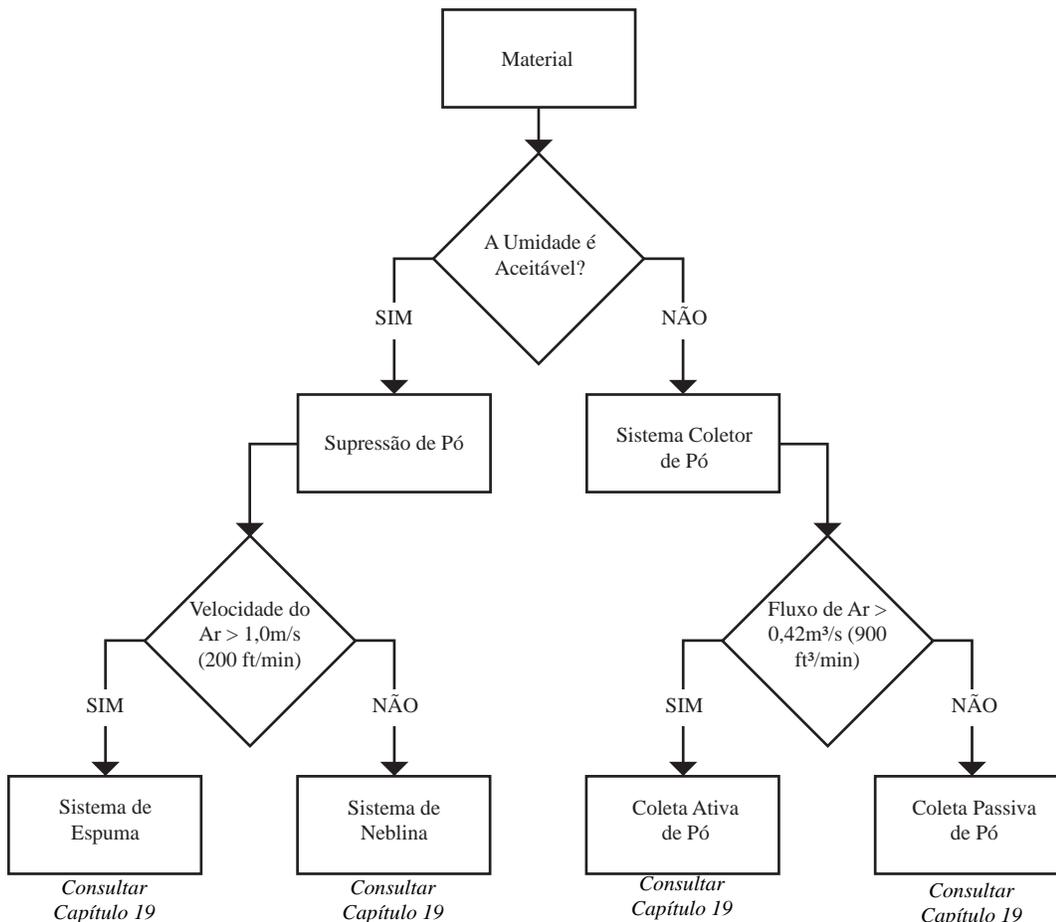


Figura 17.10

Fluxograma de processo de seleção de controle de pó

Adicionar um material supressor conforme o aumento da pressão explosiva.

C. Descarga.

Colocar um painel de atenuação de explosão ou uma membrana de impacto, que libere a energia da explosão fora do isolamento.

O aterramento adequado dos sistemas de controle de pó ajudará a reduzir o risco aumentando a condutividade através do sistema e permitindo que as cargas estáticas fluam para o chão.

É aconselhável consultar os fornecedores do equipamento para elaborar sistemas de coletores de pó para tratamento de pó com potencial explosivo.

Descarga

A teoria por trás das descargas de explosão é simples. A descarga é uma parede deliberadamente enfraquecida que cederá precocemente no aumento da pressão gerado por uma elevação rápida de temperatura. Uma vez que essa via enfraquecida esteja aberta, o pó queimado, e não queimado, e a chama podem escapar para a área isolada, para que o próprio canal não sinta toda a elevação da pressão. Se a descarga é suficientemente rápida e grande, a

pressão permanecerá baixa dentro do canal para protegê-lo do dano. No entanto, o incêndio ou a explosão podem se desenvolver fora do vaso, e, se houver pó, outro equipamento pode ser danificado; logo, os sistemas de descarga não eliminam a necessidade de sistemas de controle de pó e os altos padrões de manutenção.

Há dois tipos de aparelhos de descarga de explosão. Os discos de ruptura são painéis finos que abrem mais rapidamente que outros modelos. Eles devem ser medidos para lidar com a pressão de operação normal negativa – normalmente de 2 a 3 quilopascals (0,29 a 0,44 lb_f/in.²) – com a ruptura ainda a uma pressão explosiva positiva. Um modelo mais usado é a porta de mola. Essa porta – disponível em modelos com ou sem dobradiças – é aberta durante a conflagração.

MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE CONTROLE DE PÓ

O pó deve ser considerado em comparação com outros sistemas antes da aquisição. Um coletor de pó pode ser menos caro do que outro, mas a opção menos cara pode requerer mão de obra e remoção de uma parede para trocar um fusível, considerando que a unidade mais cara pode ter todos os fusíveis em um isolamento no nível da terra. É de grande interesse da equipe de operação adquirir um sistema de manutenção de pó que seja de fácil uso. Se um componente causa reparação ao equipamento, cada minuto levado a mais para reparar aquele componente afeta o rendimento da fábrica.

As soluções de controle de pó normalmente são sistemas de múltiplos componentes que requerem várias entradas. Um coletor de pó geralmente requer eletricidade e ar comprimido; um sistema de supressão por espuma pode requerer eletricidade, ar comprimido, água e substâncias químicas. Com esses sistemas elaborados, há mais partes que podem se desgastar ou quebrar. Deve-se ter uma atenção particular ao(s) sistema(s) de controle de pó nos ciclos de manutenção programados da operação. A equipe de operação deve tomar conhecimento da exigência do serviço ou delegá-la a uma empresa de serviço de manutenção terceirizada.

PROCESSO DE SELEÇÃO DE CONTROLE DE PÓ

A seleção da melhor tecnologia de controle de pó que combine com as exigências de uma determinada operação começa com o entendimento do material e das dimensões do ponto de transferência do transportador. Há uma abordagem simplificada para fazer a determinação de quais devem ser os sistemas apropriados (**Figura 17.10**).

APLICAÇÕES ESPECÍFICAS DE CONTROLE DE PÓ

Finalizando...

Cada indústria tem seus métodos preferidos de controle de pó que sejam determinados pelas regulamentações e preferências de aplicação na indústria ou na localização geográfica.

Os sistemas para controle de pó incluem contenção, supressão e coleta. Esses sistemas podem ser usados individualmente ou em combinação. Há uma variedade de técnicas e tecnologias disponíveis para atender qualquer um desses métodos de controle de pó.

Para combater o pó com sucesso, qualquer operação de tratamento de materiais a granel deve entender todos os aspectos de

seus problemas. Esses aspectos incluem as consequências, as fontes, os métodos de medição e os métodos de controle. Uma equipe de operação deve selecionar a solução mais apropriada com base nas necessidades da operação e nas limitações da aplicação. Independentemente da solução escolhida, a equipe de operação deve ter ciência das exigências de manutenção e segurança para manter seu sistema de controle de pó operando eficientemente.

A Seguir...

Este capítulo introduziu a seção Controle de Pó e forneceu um panorama do assunto, enquanto explicava a importância do controle de pó. Os próximos três capítulos continuarão a discussão sobre controle de pó, analisando vários aspectos mais profundamente como: Controle Passivo de Pó, Supressão de Pó e Coleta de Pó. Se todas as peças do sistema de controle de pó se encaixarem corretamente, a operação será mais limpa, mais segura e mais produtiva.

REFERÊNCIAS

- 17.1 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*. Naples, Florida.
- 17.2 Qualquer fabricante e a maioria dos distribuidores de produtos de transporte podem fornecer uma variedade de materiais sobre a construção e o uso de seus produtos específicos.

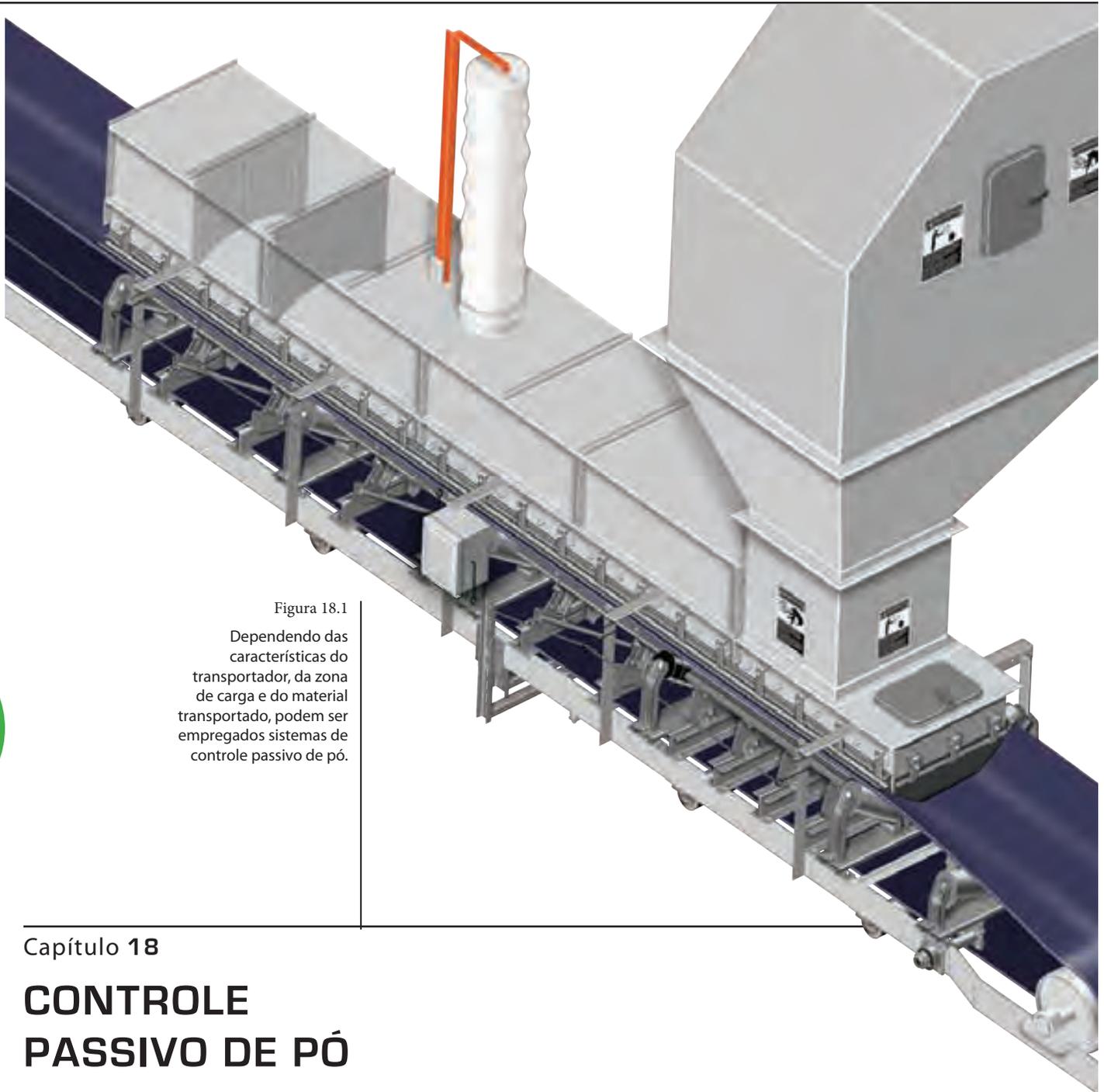


Figura 18.1
Dependendo das características do transportador, da zona de carga e do material transportado, podem ser empregados sistemas de controle passivo de pó.

18

Capítulo 18

CONTROLE PASSIVO DE PÓ

Minimizando Pó nos Pontos de Transferência	297
Chutes e Zonas de Acomodação	297
Controle de Ar na Entrada da Transferência.....	299
Cortinas de Pó na Área de Saída	299
Manga de Filtro.....	300
Especificações Mais Utilizadas.....	301
Questão de Segurança	302
Tópicos Avançados.....	302
Quando os Controles Passivos Não São Suficientes	303

Neste Capítulo...

Neste capítulo será discutida uma variedade de métodos usados para o controle passivo de pó, que podem ser incorporados ao projeto inicial do transportador ou adicionados depois, conforme surgir a necessidade; métodos para suprimir pó e para capturá-lo. São incluídas informações sobre instalação e formas pelas quais esses métodos serão usados em diferentes aplicações.

As zonas de carga de transportadores e os pontos de descarga são as fontes principais para a geração e liberação de pó no ar. Há uma diversidade de sistemas para controlar o pó no ar que podem ser instalados nas zonas de carga e descarga dos transportadores. A escolha do sistema certo dependerá de uma série de fatores, inclusive da natureza do material manuseado, da altura de queda sobre a correia e das velocidades e ângulos de correias carregadas e descarregadas.

Dependendo das características do transportador, da zona de carga e do material transportado, os sistemas de controle passivo de pó – sistemas que não requerem suprimentos externos como eletricidade ou água – podem ser empregados (**Figura 18.1**).

MINIMIZANDO PÓ NOS PONTOS DE TRANSFERÊNCIA

Embora seja improvável que o pó possa ser completamente eliminado, a primeira consideração no controle de pó sempre deve ser a minimização da quantidade de pó gerado no ar. Portanto, qualquer mudança no projeto do sistema ou na técnica de produção que reduzirá a quantidade de pó produzida deve ser considerada.

Por exemplo, minimizar a altura de queda reduz a quantidade de energia despendida para os resíduos, e corta a quantidade de pó conduzida pelo ar. Consequentemente, é melhor elaborar sistemas de transporte com distâncias mínimas práticas de queda de material.

Como geralmente não é possível impedir totalmente a geração de pó, devem ser empregados outros sistemas para suprimi-lo e capturá-lo. Em sua forma mais simples, esses sistemas de controle de pó envolvem nada

além de atenção durante o projeto do ponto de transferência, pela necessidade de reduzir o fluxo de ar.

O fluxo de ar no sistema pode ser controlado pela redução da quantidade de ar entrando no ponto de transferência, pela construção de um isolamento suficientemente amplo para atrasar ou minimizar o fluxo de ar e pelo uso de medidas de controle adicionais para atrasar o movimento do ar. Como a velocidade do ar é reduzida, as partículas no ar são muito pesadas para serem suportadas pela velocidade reduzida do ar e começam a deixar o fluxo de ar.

CHUTES E ZONAS DE ACOMODAÇÃO

Aumentando a Zona de Acomodação

Como um exemplo do princípio de Bernoulli, o efeito Venturi demonstra uma corrente de ar que aumenta sua velocidade conforme passa por uma constricção. Isso se deve à elevação na pressão sobre o lado superior da constricção e à queda de pressão no lado inferior, conforme o ar deixa a constricção. Considerando esse princípio básico de Física para atrasar o fluxo de ar através do ponto de transferência, a área isolada deve ser alargada.

Em pontos de transferência de transportadores, essa área isolada é chamada de zonas de acomodação (**Figura 18.2**). Uma zona de acomodação é elaborada para atrasar o fluxo de ar e permitir que o pó retorne à carga principal de material. (*Consultar Capítulo 11: Calhas-Guia, especialmente a Equação 11.1.*) A altura da zona de acomodação deve ser como o fluxo de ar calculado pela transferência, que



Figura 18.2

Zona de acomodação é a área após a região de impacto da área de carregamento, onde o fluxo de ar é reduzido, permitindo que o pó retorne para a carga principal de material.

deve ser reduzido a menos de 1,0 metro por segundo (200 ft/min). (Consultar Capítulo 11: Calhas-Guia, especialmente a Equação 11.2.)

Sistemas Modulares de Calha-guia

As áreas da calha-guia podem ser construídas ou alargadas para servir como zonas de acomodação eficazes através do uso de sistemas modulares de parede de chute (**Figura 18.3**). Esses sistemas usam painéis laterais com um método de montagem parafusada para combinar a economia de pré-fabricação com a facilidade de montagem no local. Eles vêm em tamanhos padrão e podem ser combinados para atender a maior parte dos requisitos das zonas de acomodação.

Zonas de acomodação existentes podem ser

prontamente alargadas usando esses sistemas modulares de calha-guia (**Figura 18.4**). O sistema modular também pode ser usado para o projeto e a construção de zonas de acomodação em novas construções de ponto de transferência para ter a vantagem de sua simplicidade e fabricação local. Os sistemas modulares facilitam a atualização de sistemas se forem necessárias alterações nos pontos de transferência pela mudança nas especificações do material ou do transportador.

Chutes de Fluxo Projetados

Uma abordagem avançada para o controle passivo de pó é o uso de chutes de fluxo projetados. Esses chutes normalmente incorporam um modelo de curva superior e inferior, que direciona e confina o fluxo de materiais em movimento (**Figura 18.5**).

O *hood* - curva superior - minimiza a expansão da carga material, desviando o fluxo para baixo. A *spoon* - curva inferior - proporciona um chute de carregamento curvado que fornece uma linha leve de inclinação, assim, o material desliza para o receptáculo, seja ele um canal seja a área de carga de outro transportador. A *spoon* “alimenta” o material nivelado e consistentemente controla a velocidade, direção e o nível de impacto do material na área de carga.

Basicamente, esses chutes de curva superior e inferior mantêm o fluxo de material em um perfil rígido, e minimiza o distúrbio do fluxo natural de material através da transferência. Manter o material em um corpo consolidado reduz a quantidade de ar que é induzida para o ponto de transferência; controlar o caminho do material reduz o impacto e, portanto, a geração de pó.

Ao reduzir a velocidade e a força do impacto do material na área de carga para aproximar a velocidade e a direção da correia, esse sistema atenua o impacto quando o material acerta o transportador. Portanto, há menos pó e alta velocidade de ar escapando. Como o material é depositado mais ou menos suavemente sobre a correia, há um balanço ou turbulência mínima do material na correia. Há menos impacto, que reduzirá o dano à correia, e menos forças laterais que afastam o material das laterais da correia.

Em alguns casos, tanto a curva superior

Figura 18.3

Os sistemas modulares de calha-guia usam painéis com um método de montagem parafusada, para combinar a economia de pré-fabricação com a facilidade da montagem no local.



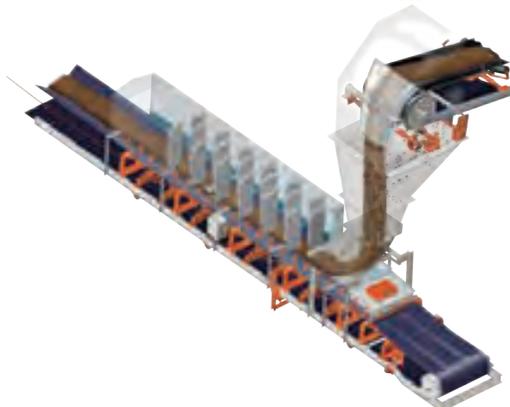
Figura 18.4

O sistema modular pode ser usado para projeto e construção das zonas de fixação em um novo ponto de transferência, ou na modificação de pontos de transferência existentes.



Figura 18.5

Os chutes de fluxo projetados normalmente incorporam um modelo de curva superior e inferior que direciona e confina o fluxo do material em movimento.



quanto inferior são usados, mas não os dois. Algumas vezes, não há espaço suficiente para incluir ambos no desenho. Para materiais muito aderentes, a tampa pode ser usada para direcionar o fluxo para baixo, para o carregamento central. Essa variação normalmente é vista em transportadores terrestres longos usados para materiais altamente variáveis ou para materiais aderentes, como concentrado de níquel e bauxita. A gravidade e o fluxo de materiais tendem a evitar que o *hood* - curva superior - se acumule e conecte ao chute. Em outros casos, com materiais de fluxo livre, apenas a *spoon* - curva inferior - é usada para alterar a direção do fluxo para minimizar a abrasão da correia e a pressão no lado da calha-guia. As curvas inferiores estão propensas a recuar se as características dos materiais a granel forem variáveis. Algumas exceções podem ser elaboradas para a variabilidade de materiais. O resultado principal do uso do conceito de curva superior e inferior é o custo inicial desses componentes especialmente projetados. No entanto, onde eles puderem ser aplicados e controlados, eles oferecerão benefícios significativos na redução de pó, vazamento e desgaste da correia.

O sistema de curva superior e inferior opera melhor quando a taxa de fluxo de materiais a granel é mantida o mais uniforme possível. O sucesso desse sistema bem pode eliminar a necessidade de sistemas de coleção ativa de pó em muitas operações. (*Consultar Capítulo 22: Chutes de Fluxo Projetados.*)

CONTROLE DE AR NA ENTRADA DA TRANSFERÊNCIA

A carga de material começa a se espalhar conforme ela deixa a polia dianteira. Conforme a carga se espalha, ela tenta atrair mais ar. Portanto, a área de entrada do chute deve ser o mais selada possível para impedir que seja introduzido mais ar pelo fluxo de material em movimento.

Uma técnica empregada para minimizar o ar induzido é cobrir a parte do transportador em trânsito por vários metros, antes de entrar no chute frontal (de descarga). Esse isolamento inclui barreiras entre os lados de carregamento e retorno da correia, entre o lado de retorno da correia e o chute e entre o chute e a parte superior da carga de material (**Figura 18.6**).

Muitas vezes, essas barreiras são formadas por cortinas ou folhas de borracha. A ideia é fechar o máximo possível da área para reduzir a quantidade de ar que será atraída para o fluxo de material conforme o material se espalha quando é descarregado pela polia dianteira.

Devem ser considerados transportadores suportados por ar, pois eles possuem a vantagem de um lado de carregamento restrito, que isolará o fluxo de ar para o chute de descarga. Usar barreiras para bloquear o fluxo de ar para o chute de descarga reduzirá a capacidade do material espalhado de penetrar no fluxo de materiais; ar que eventualmente seria liberado quando o fluxo de material alcançasse outra correia, canal de armazenamento ou outra pilha de estoque. É igualmente importante controlar todas as outras aberturas no chute para minimizar as áreas abertas onde o ar possa penetrar o chute ou onde possa ser expelido pó do chute. As aberturas e portas de acesso em torno dos sensores precisam ser ajustadas com vedação.

Uma técnica para reduzir a indução de ar na entrada da correia para a área de carga é a instalação de uma barreira - muitas vezes formada por uma cortina de pó, uma correia usada ou uma folha de borracha - entre o ciclo de retorno e o ciclo de carga. Colocada de um lado do chute frontal ao outro, a barreira isola parcialmente a polia dianteira, afastando-a e reduzindo o fluxo de ar. Todas as aberturas no chute frontal devem ser vedadas para reduzir ao máximo o ar induzido. Isso pode incluir retentores, portas de inspeção, aberturas de raspadores e áreas de entrada e saída da correia.

CORTINAS DE PÓ DA ÁREA DE SAÍDA

Outra técnica para o controle passivo de pó é a instalação de cortinas perto da ponta de saída na área da zonas de acomodação do ponto de transferência (**Figura 18.7**). Aqui, onde a

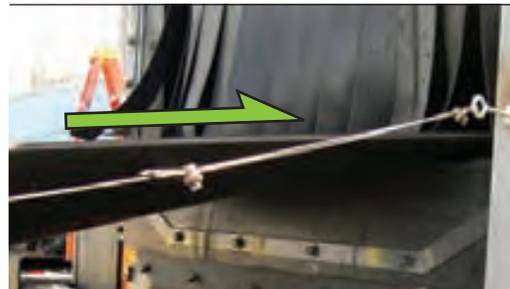


Figura 18.6

Cortinas de borracha podem ser utilizadas para formar barreiras de impedimento da entrada do ar pela correia transportadora, conforme ela entra no sistema de transferência.

correia está deixando o ponto de transferência, a cortina de borracha proporciona uma barreira que reduz as velocidades do ar, permitindo que o pó no ar caia de volta sobre a correia. As cortinas formam uma “zonas de acomodação” para reduzir o fluxo de ar e permitir que o pó se assente.

A maioria dos transportadores é beneficiada com a instalação de ao menos duas cortinas. Algumas instalações, especialmente aquelas onde os sistemas de supressão e coleção de pó precisam ficar isolados, podem ser beneficiadas com a instalação de outras cortinas.

Essas cortinas de borracha podem ser fabricadas individualmente, conforme a largura da calha-guia, ou podem ser fabricadas como uma parte da largura da calha-guia e depois ser instaladas alternadamente ou “intercaladas”, para reduzir o fluxo de ar (**Figura 18.8**).

Essas cortinas devem ser compostas de 60 a 70 durômetros de elastômero e estendidas a aproximadamente 25 milímetros (1 in.) da parte superior das pilhas do produto transportado sobre a correia. As cortinas são instaladas abaixo da parte superior do isolamento do ponto de transferência. Elas muitas vezes são aparadas no chão para atender os ângulos convexos e o perfil do material carregado.

Em vez de colocar as cortinas no fim do

conjunto de chutes cobertos, é melhor que elas sejam instaladas dentro da calha-guia, a uma distância de 300 a 600 milímetros (12 a 24 in.) a partir do fim do conjunto de chutes. Quando mais rápida a velocidade da correia, mais dentro do conjunto elas devem ser instaladas. Quanto a cortina está no fim de um isolamento de aço, qualquer partícula acertada pela cortina pode ser desviada da correia. Ao colocar as cortinas de forma que a cortina final esteja dentro do fim do isolamento, qualquer material que toque as cortinas ainda terá espaço para se assentar em uma posição estável dentro das dependências da área isolada. As cortinas devem ser suspensas rigidamente a 450 milímetros (18 in.), formando uma área onde o pó possa se assentar ou onde possam ser aplicados sistemas de supressão ou coleção de pó. O uso de cortinas de pó duplas em combinação com sistemas de supressão de pó é uma tecnologia patenteada pela The Raring Corporation (site: raringcorp.com). Se as cortinas forem usadas para isolar as instalações de coleta e/ou supressão de pó, é melhor que elas sejam posicionadas a 900 milímetros (36 in.) de distância.

Em casos de instalação de duas ou mais cortinas, as cortinas interiores podem ser de borracha sólida para melhorar a capacidade de controle do ar. Apenas a cortina final, ou da saída, precisa ser cortada para reduzir o risco de “expulsão” de material da correia.

As cortinas devem permitir um acesso de manutenção rápido para o chute e devem ser prontamente removíveis para permitir substituição.

MANGA DE FILTRO

É importante que a pressão de ar positiva – a força de ar se movendo através da área de carregamento – seja controlada de forma a minimizar a pressão externa contra o sistema de vedação e a reduzir a liberação de pó.

Uma abordagem passiva é a instalação de ao menos uma manga de filtro de coleção de pó (**Figura 18.9**). Mangas de filtro podem ser protegidas do clima e ainda fornecer um método de coleção de pó sem necessidade de um sistema de coleção de pó. Elas normalmente são usadas quando não é possível uma zona de acomodação maior ou quando há uma quantidade grande de ar gerado para

Figura 18.7

Outra técnica para o controle passivo de pó é a instalação de cortinas de pó perto do fim do conjunto de chutes, na saída da zona de acomodação do ponto de transferência.



Figura 18.8

As cortinas de pó podem ser fabricadas como uma parte da largura da calha-guia e depois serem instaladas alternadamente ou “intercaladas”, para reduzir o fluxo de ar.



controle. Essas mangas filtram o ar de saída para minimizar o escape de pó no ambiente da fábrica. Esses sistemas consistem em um canal aberto no teto da seção de contorno, com uma manga de filtragem esticada sobre a parte superior do canal (**Figura 18.10**). Essas mangas podem ser anexadas com um simples grampo circular à borda do canal. A pressão positiva do ar é atenuada através da bolsa de pó, e o pó é capturado dentro da manga. O ponto de transferência pode precisar da instalação de mais de uma dessas mangas de filtro, dependendo do tamanho e da permeabilidade da manga e do fluxo de ar do ponto de transferência.

As mangas de filtro geralmente apresentam um anel isolante em sua parte superior, que permite que elas sejam suspensas pelos suportes no alto (**Figura 18.11**). Embora a manga possa ser estendida sem o braço de suporte, ela deve estar sujeita ao vento ou pode dobrar do lado, vulnerável a danos. Nas instalações onde essas mangas de liberação de pressão estão sujeitas a influências ambientais, como neve e chuva, as mangas devem ser instaladas em um abrigo de proteção.

Cada manga possui certa capacidade de fluxo de ar baseada na permeabilidade do material de filtragem e na área de superfície da manga. O tamanho e o número de mangas necessárias estão diretamente relacionados às propriedades da manga. (*Consultar Tópicos Avançados: Calculando o Tamanho da Bolsa de Pó.*)

Uma manga de filtro normalmente é instalada em um ponto com um terço do comprimento do chute de transferência para baixo da área de carga. É recomendada a instalação de cortinas de pó dentro da área de calha, uma em cada lado da manga, pois isso reduzirá o fluxo de ar, permitindo a saída de mais ar pela manga de filtro.

Deve-se tomar cuidado para garantir que haja uma depuração adequada acima do conjunto de chutes, para permitir a extensão completa da manga e para a instalação de sua estrutura de suporte. O pó pode ser liberado da manga de filtragem mecanicamente, sacudindo manualmente, ou por um colapso parcial da manga, quando o fluxo externo do ar para durante o intervalo do transportador.

As mangas de filtro podem gerar uma carga

estática quando utilizadas. Essa carga pode causar uma faísca, que, conseqüentemente, pode provocar uma explosão, se as condições estiverem predispostas a isso. Para combater esse fenômeno, os fabricantes das bolsas estão costurando uma grade de aço inoxidável no material e aproximando-a do chão para dissipar qualquer carga acumulada. Essa dissipação também pode ser realizada pela costura de fibras de carbono condutivas no tecido. Se houver um potencial de pó explosivo, devem ser usadas bolsas de pó de dissipação estática.

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

A. Mangas de filtro.

A cobertura da calha-guia será ajustada com uma (ou mais) manga(s) de filtro para



Figura 18.9

As mangas de filtro podem ser protegidas do clima e ainda fornecem um método de coleção de pó sem a necessidade de um sistema central de coleção de pó.



Figura 18.10

As mangas de filtro consistem em um canal aberto no teto da seção de contorno, com uma manga de filtro esticada sobre a parte superior do canal.



Figura 18.11

As mangas de filtro normalmente apresentam um anel isolante na parte superior da manga, que permite a suspensão pelos suportes no alto.

atenuar o fluxo de ar positivo excessivo e capturar o pó no ar. Cada manga terá tamanho para reduzir 0,5 metros cúbicos por segundo (1.000 ft³/min) de fluxo de ar no ponto de transferência. A manga será ajustada sobre um canal no teto da calha-guia e será suspensa por um braço de suporte anexado à cobertura. A manga incorporará uma tecnologia de dissipação estática para reduzir o risco de explosão de pó. O tecido usado na manga será adequado para tratamento com materiais a granel.

B. Cortinas de pó.

A zona de acomodação do conjunto de chutes será ajustada com ao menos duas cortinas, para reduzir os surtos de fluxo de ar e aumentar o comprimento do caminho do fluxo de ar. As cortinas serão fabricadas a partir de borracha de elastômero e serão suspensas na cobertura da calha-guia. A margem do fundo das cortinas será aparada no chão para atender o ângulo convexo do transportador e o perfil do material sobre a correia. As cortinas de pó terão a distância de 450 milímetros (18 in.), e as cortina final será montada com uma distância não mais próxima de que 300 a 600 milímetros (12 a 24 in.) da saída da calha-guia.

C. Zona de acomodação.

A zona de acomodação será fabricada a partir de materiais adequados para

o tratamento de materiais a granel. O comprimento e a altura da zona de acomodação devem ser calculados para reduzir a velocidade do ar no ponto de transferência para menos que 1 metro por segundo (200 ft/min). (Consultar Capítulo 11: Calhas-Guia, especialmente as Equações 11.1 e 11.2.)

TÓPICOS AVANÇADOS

Calculando o Tamanho da Manga de Filtro

As mangas de filtro podem descarregar uma quantidade finita de ar por intervalo de tempo. Essa taxa de fluxo de ar é proporcional à permeabilidade do meio de filtragem e da área da bolsa.

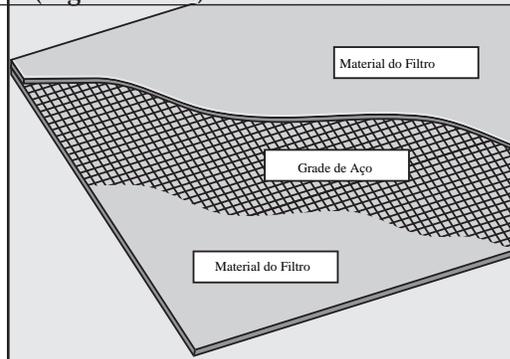
O processo de medição de uma manga de filtro para uma aplicação é relacionado abaixo:

- Encontrar o fluxo de ar. Ele pode ser medido ou calculado. (Consultar Capítulo 7: Controle de Ar, para mais informações sobre o fluxo de ar total, especificamente a Equação 7.1 – Cálculo do Fluxo de Ar Total.)
- Aplicar um fator de segurança razoável ao fluxo de ar.
- Selecionar um meio de filtragem que permitirá a entrada de ar, mas bloqueará o



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Para reduzir o risco de explosões, o tecido da manga de filtro pode ser costurado com a incorporação de um fio terra dentro da costura do tecido (**Figura 18.12**). Esses fios conduzirão



qualquer carga elétrica estática para a terra. Os fios fornecem uma baixa resistência elétrica, de acordo com as Partes 1 e 3 do Padrão 54345 do Deutsches Institut für Normung (DIN). Dependendo do local e do acesso, pode ser necessário o uso de procedimentos de desligar/ bloquear/ sinalizar no transportador antes de realizar o serviço com as mangas de filtro. Se o pó sendo coletado for um risco à saúde, devem ser usados os equipamentos de proteção individual (EPI) adequados e devem ser seguidos os métodos de disposição apropriados.

Figura 18.12

Para reduzir o risco de explosões, o tecido da manga de filtro pode ser costurado para incorporar um fio terra dentro do tecido.

pó presente na aplicação.

- D. Verificar a necessidade de tecido de dissipação estática.
- E. Encontrar a área do tecido, dividindo o fluxo de ar necessário pela permeabilidade do tecido (**Equação 18.1**).
- F. Elaborar a manga para que tenha a área necessária e seja ajustável à geometria da aplicação. Essa área pode ser alcançada com uma ou mais mangas.

de pó. A escolha de supressão e/ou coleção de pó será determinada por outros critérios, inclusive pelo material, como ele é transportado e pela próxima etapa do processo. (*Consultar Capítulo 19: Supressão de Pó e Capítulo 20: Coleta de Pó, para mais informações.*)

A Seguir...

Este capítulo, Controle Passivo de Pó, o segundo capítulo na seção Controle de Pó, descreveu métodos de controle de pó que não exigem suprimentos externos, como eletricidade ou água. Os próximos dois capítulos continuarão descrevendo métodos para controle ativo de pó: Supressão de Pó e Coleção de Pó.

QUANDO OS CONTROLES PASSIVOS NÃO SÃO SUFICIENTES

Finalizando...

Como não é efetivamente possível impedir de forma completa a geração de pó, os métodos de controle passivo de pó podem ser empregados com sucesso para suprimir e capturar o pó. Há uma variedade de métodos disponíveis, e o uso de qualquer um dos métodos depende das características do transportador, da área de carga e do material transportado.

No entanto, há uma série de sistemas de tratamento de materiais em que as condições do material e/ou o desenho do processo precisarão de outros sistemas de controle de pó. Esses sistemas exigirão tecnologias ativas de controle de pó, inclusive sistemas de supressão e coleção



$A = \frac{SF \cdot Q_{tot}}{P_f}$			
Dados: Uma manga de filtro deve dissipar 0,25 metros cúbicos por segundo (540 ft ³ /min). A permeabilidade do material é de 0,127 metros por segundo (25 ft/min). Considerar um fator de segurança de 1,25. Encontrar: A área necessária do meio de filtragem.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
A	Área da Manga de Filtro	metros quadrados	pés quadrados
SF	Fator de Segurança	1,25	1,25
Q_{tot}	Fluxo de Ar Total	0,25 m ³ /s	540 ft ³ /min
P_f	Permeabilidade	0,127 m/s	25 ft/min
Métrica: $A = \frac{1,25 \cdot 0,25}{0,127} = 2,5$			
Imperial: $A = \frac{1,25 \cdot 540}{25} = 27$			
A	Área da Manga de Filtro	2,5 m ²	27 ft ²

Equação 18.1

Cálculo da área da manga de filtro

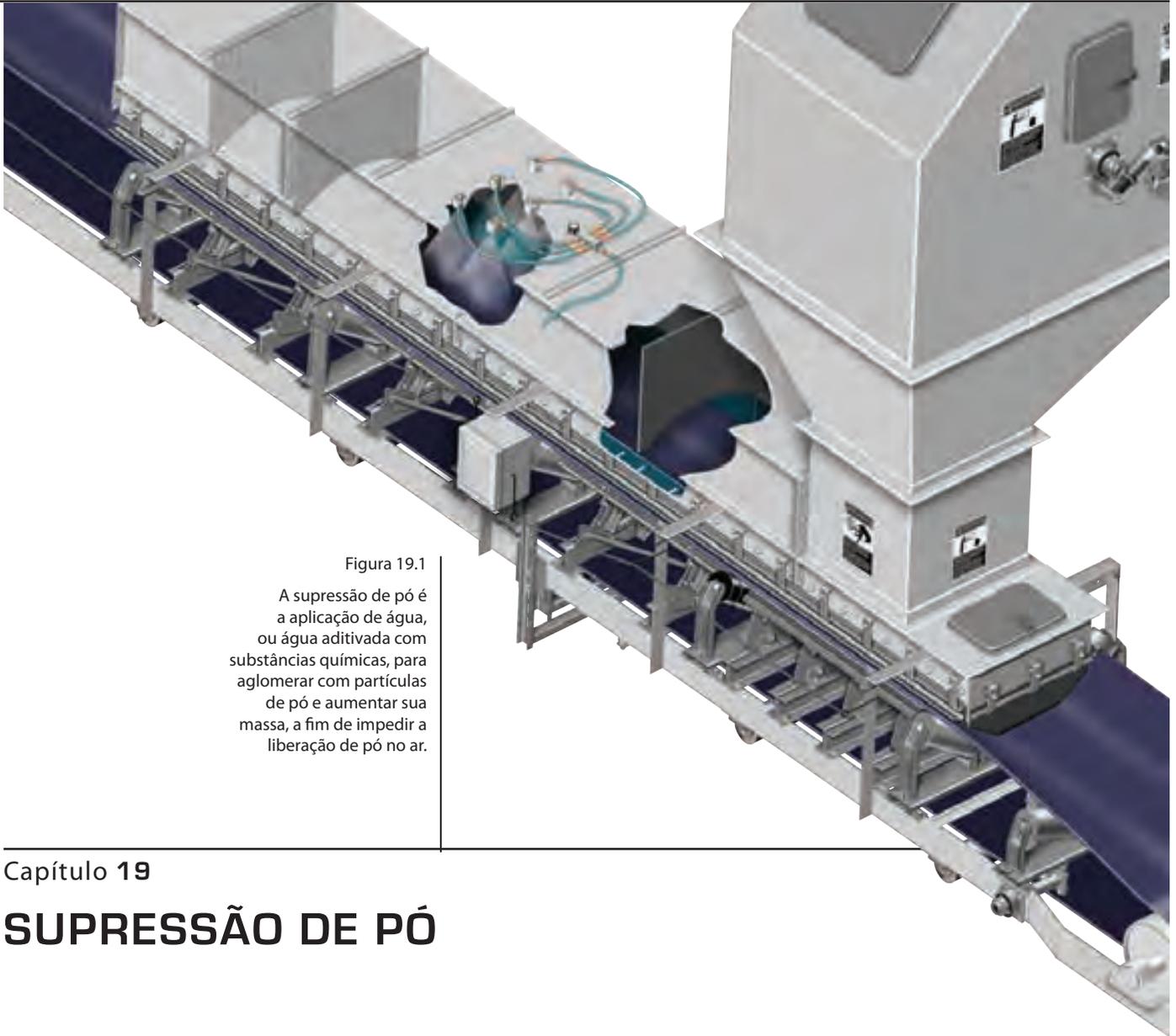


Figura 19.1

A supressão de pó é a aplicação de água, ou água aditivada com substâncias químicas, para aglomerar com partículas de pó e aumentar sua massa, a fim de impedir a liberação de pó no ar.

19

Capítulo 19

SUPRESSÃO DE PÓ

Supressão de Pó	305
Supressão de Água	307
Supressão por Neblina	309
Adicionando Substâncias Químicas	311
Supressão por Espuma	312
Substâncias Químicas Residuais	313
Sistemas e Localização	315
Questão de Segurança	317
Manutenção do Sistema	316
Especificações Mais Utilizadas	317
Aplicações Comuns de Sistemas de Supressão	318
Tópicos Avançados	319
Supressão de Pó: Uma Peça do Quebra-Cabeça	319

Neste Capítulo...

Este capítulo examinará vários tipos de sistemas de supressão de pó, inclusive sistemas de jato de água ou água aditivada, sistemas de espuma e sistemas de neblina. Serão tratados os resultados e as vantagens dos sistemas, bem como as diretrizes gerais de aplicação dos vários métodos. Esse material pretende ser descritivo em vez de prescritivo. Qualquer aplicação dessas informações deve ser conduzida por profissionais experientes, com conhecimentos sobre a aplicação específica.

A supressão de pó é a aplicação de água, ou água aditivada com substâncias químicas, para aglomerar com partículas de pó e aumentar sua massa, a fim de impedir a liberação de pó no ar. A água, ou a mistura de água e químicos, pode ser aplicada tanto a um corpo de material – para impedir que os resíduos sejam carregados no ar – quanto no ar acima do corpo de material – para gerar uma cortina ou barreira que devolva os resíduos molhados ao material.

Há uma série de sistemas utilizados para esse objetivo, desde sistemas de jato de água de “mangueiras de jardim” até sistemas sofisticados, projetados e automatizados que aplicam água – com ou sem adição de substâncias químicas – como jato, espuma ou neblina (**Figura 19.1**).

Uma vantagem dos sistemas de supressão de água é que o material tratado não precisa ser controlado novamente para ser reprocessado, como ele seria no sistema de coleção de pó. O pó suprimido é devolvido ao fluxo principal do material transportado e, então, continua no processo, sem precisar de outros equipamentos de tratamento de materiais para retomar o material.

Um sistema de supressão de pó não pode ser recomendado em qualquer caso em que o material reaja negativamente à adição de umidade ou no retorno do pó ao processo.

São disponibilizadas algumas diretrizes gerais sobre a aplicabilidade dos diferentes métodos de supressão de pó (**Tabela 19.1**).

Os custos contínuos de instalação e de operação para consumo de substâncias químicas e manutenção e devem ser considerados. Outra consideração na seleção do sistema é a disponibilidade de fontes como água, ar comprimido e energia elétrica.

Um jato de água pleno pode apresentar os custos de operação mais baixos, mas também pode ser a solução menos eficaz.

Questões de Tamanho

O princípio básico dos sistemas de supressão de pó é de que as partículas de pó (espalhadas no ar ou contidas no corpo do material a granel tratado) tendem a interagir mais com partículas de água do mesmo tamanho relativo.

Quando as gotas de água se misturam e se aglomeram com as partículas de pó, as partículas mais pesadas resultantes caem de volta ao corpo do material. Para uma eficiência máxima, as gotas de água do sistema de supressão de pó devem ser mantidas dentro da faixa de tamanho específica do pó espalhado no ar. Se as gotas de água são muito grandes, as partículas menores de pó normalmente vão “seguir o vácuo” em torno delas, impelidas pelo ar em torno das gotas (**Figura 19.2**). Se as gotas de água têm tamanho apropriado e são fornecidas em quantidade suficiente para a área determinada, as gotas serão ligadas às partículas do material e cairão do ar.

O segredo é fornecer gotas do sistema de supressão de pó do mesmo tamanho que as partículas de pó e na mesma proximidade, para oferecer a melhor e máxima oportunidade de interação entre os dois. Com os sistemas de jato de água mais simples, são geradas pequenas gotas adicionais pelo lançamento de mais água. Quanto mais água for lançada, melhor será a oportunidade de geração de gotas de água de tamanho adequado. Sistemas de jato de água e surfactante melhoram a eficiência de captura pelo controle da capacidade de umedecimento da água através da adição de surfactantes, permitem uma redução na quantidade de água fornecida. Os sistemas de supressão por neblina e por espuma ocorrem por outros métodos – atomização e substâncias químicas, respectivamente – para gerar as gotas pequenas

SUPRESSÃO DE PÓ

Avaliando as Opções

A seleção da melhor solução para controle de pó para cada aplicação depende de uma série de fatores. A resposta é um entendimento do material, das condições de aplicação e do nível de desempenho necessário.

Tabela 19.1

Matriz de Aplicação de Supressão de Pó							
Tipos de Sistema de Supressão de Pó	Aplicações						
	Ponto de Transferência	Demolidores e Trituradores	Pilhas de Estoque	Estação de Descarga de Vagões	Trippers	Carregamento de Embarcação	Descarga de Embarcação
Jato de Água	X			X			
Neblina de Água	X						
Neblina de Água + Ar	X			X		X	
Jato de Água + Surfactante	X		X	X	X	X	X
Espuma	X	X	X		X	X	
Supressão de Pó de Sistema Híbrido + Coleta Passiva	X	X					
Supressão de Pó de Sistema Híbrido + Coleta Ativa	X	X		X			X

Obs: Jato de Água + Surfactante e Espuma são melhores quando é necessário um efeito residual (pontos múltiplos de aplicação, demolidores, longas distâncias entre os pontos de aplicação, empilhadoras, etc.). Jato de Água, Nuvem de Água e Nuvem de Água + Ar são melhores quando não é necessário um efeito residual. Alguns tipos de materiais e/ou processos não permitem a adição de nenhuma substância química.

necessárias para capturar o pó com eficácia.

Um ingrediente fundamental na seleção de um sistema de supressão de pó é o entendimento das características do material que está sendo tratado. Alguns materiais, como o cimento, são incompatíveis com água; portanto, deve-se evitar a supressão. As partículas de pó de alguns materiais ligam-se prontamente à água, enquanto que as partículas de outros não. A adição de um surfactante pode melhorar a capacidade da água de se ligar a esses materiais normalmente hidrofóbicos. Um fornecedor de substâncias químicas para supressão deve ser consultado para determinar a eficácia de uma determinada substância

química com qualquer material específico. Deve ser obtido um conhecimento completo das ramificações de adição de uma mistura a um material e a um processo antes da implantação de qualquer método de supressão de pó.

SUPRESSÃO DE ÁGUA

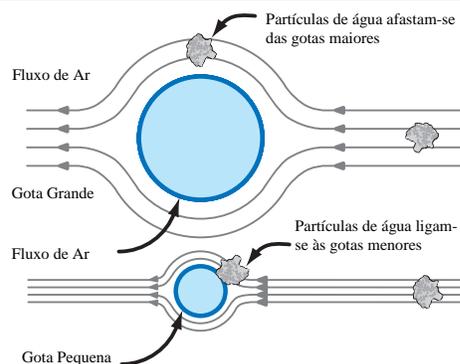
Supressão com Água

Talvez o método mais antigo de controlar pó fugitivo seja a aplicação de água em jato sobre o corpo do material. Molhando os resíduos conforme eles se encostam ao material a granel, ou conforme eles são carregados pelo ar, o peso de cada partícula é aumentado, tornando-a menos propensa a se espalhar pelo ar. A umidade aumenta a força coesiva entre as partículas de pó, tornando-as mais propensas a acumularem-se – gerando agrupamentos maiores e mais pesados de partículas – e dificultando o movimento do ar para carregar resíduos. É mais eficaz aplicar água através de uma série de mangueiras de tamanho adequado no ponto onde o material se espalha no ar, como durante a descarga da polia dianteira no chute de transferência.

A água também pode ser aplicada para

Figura 19.2

As partículas de pó podem “seguir o vácuo” em torno das gotas de água maiores, mas ligam-se prontamente a gotas de mesmo tamanho.



gerar uma “cortina” em torno do ponto de transferência. Os resíduos de pó espalhados no ar entrarão em contato com essa “barreira” de água, aumentando sua massa – removendo-os do fluxo de ar.

Os jatos de água mais eficazes são os sistemas de baixa velocidade. Jatos de alta velocidade podem adicionar velocidade ao ar e às partículas de pó no ar. Essa energia é prejudicial à tarefa de devolver o pó ao corpo do material.

Os Prós e Contras dos Jatos de Água

Sistemas de supressão com base em água tornam-se mais sofisticados conforme a engenharia avança na tecnologia da “mangueira de água”, na tentativa de melhorar os resultados. A eficácia dos sistemas de jato de água depende da velocidade da água aplicada, do tamanho das gotas e do local e do número de mangueiras a jato. As técnicas para melhorar a supressão de pó por jato de água incluem redução no tamanho das gotas, aumento na frequência de gotas ou queda na tensão superficial da gota, facilitando a mistura das gotas com as partículas de pó.

Os sistemas de jato de água oferecem algumas vantagens. Os sistemas de aplicação são de desenho e projeto relativamente simples. Água geralmente não é cara, relativamente fácil de obter e normalmente segura para o ambiente e para os trabalhadores expostos. Sistemas de supressão de pó que usam água são sistemas relativamente simples e não requerem o uso de tampas ou isolamentos caros e elaborados. Podem ser feitas mudanças após o uso inicial, com gastos e ociosidade mínimos. São simples de instalar, menos sujeitos a problemas de vento ou velocidade do ar e, devido aos orifícios largos nas mangueiras a jato, normalmente não requerem água filtrada. Os sistemas são comumente mais baratos de instalar e ocupam bem menos espaço que os sistemas “secos” de coleção de pó.

Infelizmente, a aplicação de água também possui diversas adversidades. Restrições no consumo de água fresca são comuns em permissões de operação de minerações, bem como em muitas outras operações industriais. A maioria dos sistemas de supressão por água deve usar água de reuso em vez de água potável, que é mais cara. Essa água processada pode possuir contaminantes ou substâncias

químicas que podem coagular ou corroer os componentes do jato. O uso de água pode provocar a corrosão acelerada dos componentes e das estruturas do transportador.

Outro resultado é que essa água possui um efeito residual mínimo – uma vez que a água evapora, o efeito de supressão de pó é anulado. Além disso, gotas grandes de água não são boas para a fixação a partículas pequenas de pó: para aumentar o resultado, muitas vezes é aplicada mais água, o que pode criar problemas de limpeza e eliminação.

São adicionados vários níveis de umidade nos sistemas típicos de supressão de pó (**Tabela 19.2**).

Com Água, Quanto Mais, Pior

Um jato de água pode aparentar ser a forma menos cara de controle de pó disponível, uma vez que a água processada é praticamente irrestrita em muitas operações e pode ser aplicada através de sistemas de baixa tecnologia. Essa justificativa de custos pode ser uma consideração falsa, uma vez que a adição de água pode afetar negativamente a operação de tratamento de materiais. Muitos materiais a granel são hidrofóbicos – eles possuem uma tensão superficial e são avessos à combinação com água. Na tentativa de alcançar uma supressão eficaz, a quantidade de água é aumentada. Como o material não se mistura bem com a água, algumas partículas permanecem secas, e outras ficam muito molhadas. O material seco continuará gerando pó, possivelmente causando a adição de mais água ainda e agravando o problema. O material muito molhado causará problemas de manuseio, inclusive acúmulos nas calhas-guia, telas aderidas, com redução da eficiência e vida útil, além de material morto nas correias transportadoras. O excesso de água pode provocar deslizamento e desregulagem na correia, e isso pode aumentar a possibilidade de acúmulo de resíduos molhados (consequentemente aderentes) dentro dos chutes e em torno do ponto de transferência. Ao aplicar água a materiais nos sistemas de transporte, uma boa máxima é: “quanto mais, pior”.

Outro problema que ocorre em sistemas de supressão com “água processada” é a possibilidade de excesso de umidade no material, que pode diminuir o desempenho

de geração de energia ou outros sistemas de processamento térmico. O excesso de água adicionado ao carvão ou ao coque usado para combustíveis de ebulição resulta em uma penalidade térmica que pode ter um efeito degradante nas taxas de aquecimento. Quanto mais água é adicionada, maior é a penalidade.

Penalidade Térmica para a Adição de Umidade

Há uma penalidade de desempenho substancial adicionada à combustão e outros processos térmicos, quando a quantidade de água do combustível é aumentada significativamente. Em aplicações como usinas de carvão e indústrias de cimento, a água adicionada ao material envolvido deve ser “queimada” pelo processo. Isso pode reduzir drasticamente a eficácia da operação e aumentar os custos com combustíveis.

Alguns materiais a granel estão suscetíveis a variar naturalmente o conteúdo de umidade de sua exposição ao ambiente no armazenamento ou durante o transporte. Muitos materiais a granel, como o carvão, são higroscópicos, o que significa que eles podem absorver umidade do ar. O carvão tem a capacidade de absorver a umidade livre a níveis de 2% a 45% do seu peso. Essa absorção ocorre rapidamente, com

ganho de peso de 1,5% a 5,5% nos primeiros 15 minutos de exposição. O estado de equilíbrio ocorre dentro de 3 a 5 dias de exposição. Muitas vezes, essas mudanças naturais são muito mais significativas do que a quantidade de água adicionada por um sistema de controle de pó bem elaborado e mantido. Qualquer adição de água pode representar um aumento de custo ao sistema e afetar a frequência de calor e a eficiência da fábrica. Portanto, os esforços para minimizar a adição de umidade devem ser cuidadosamente considerados.

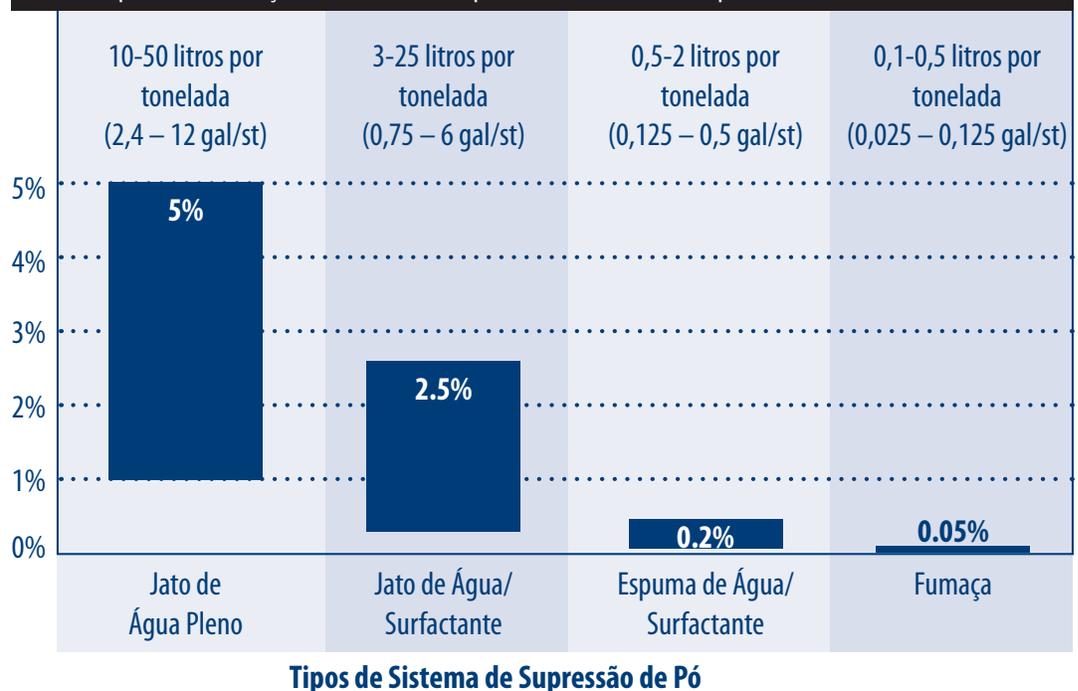
Com o poder calorífico do carvão abrangendo de 16.300 quilojoules por quilograma (7000 BTU/lbm), para lignito, a 27.900 quilojoules por quilograma (12.000 BTU/lb_m), para carvão betuminoso, uma usina perde consideravelmente calor de 1 a 1,5 quilogramas por tonelada (1,9 a 3,3 lb_m/st) para cada 1% de umidade adicionada à operação de tratamento de carvão. A usina deve adquirir, manusear e queimar mais combustível para compensar a umidade adicionada. (*Consultar Tópicos Avançados: Penalidade Térmica em uma Usina de Carvão.*)

Melhorando a Supressão com Base em Água

Como o sistema de jato de água requer um alto volume de adição de umidade para

Tabela 19.2

Taxas Típicas de Adição de Umidade para Sistemas de Supressão de Pó



uma supressão de pó eficaz, ele está sujeito a uma penalidade térmica alta. Quantidades significativas de água podem gerar problemas no manuseio dos materiais.

Devem ser considerados outros métodos para melhorar a supressão de pó com base em água, à medida que limita a adição de umidade. Essas soluções incluem gerar um jato de névoa ou “neblina”, ou usar aditivos químicos para modificar a água.

SUPRESSÃO POR NEBLINA

Sistemas de Supressão por Fumaça

O uso de uma neblina de água para supressão de pó é um dos métodos para otimizar a aplicação de água aos materiais secos. Esses sistemas usam mangueiras especiais para produzir gotas de água extremamente pequenas em uma “neblina” ou névoa dispersa (**Figura 19.3**). Essas gotas se misturam e acumulam-se com as partículas de pó de tamanho semelhantes, com partículas resultantes mais pesadas caindo de volta ao corpo do material. Os sistemas de neblina são baseados no conhecimento de que as gotas de água de um sistema de supressão úmido devem ser mantidas dentro de um tamanho específico para controlar o pó com eficácia. Se as gotas de água são muito grandes, as partículas de pó menores normalmente seguem o vácuo em sua volta, afastadas pelo ar em torno das gotas.

Os sistemas de neblina fornecem gotas ultrafinas que maximizam o potencial de captura da água, enquanto minimiza a quantidade de água adicionada ao produto. A atomização reduz a tensão superficial das gotas de água, enquanto aumenta o número de gotas em uma determinada área.

Os sistemas de neblina geralmente adicionam níveis baixos de umidade ao material, normalmente na faixa de 0,1% a 0,05% (1/10 a 1/20 de 1%) pelo peso do material. Essas quantidades, normalmente menores que 0,5 litro por tonelada (1 pt/st), minimizarão qualquer degradação do material.

Há dois métodos de produção de neblina de água:

A. Atomização de dois líquidos.

Um método produz a neblina a partir de água e ar comprimido, passando os dois elementos através de uma mangueira de dois líquidos. Aqui, o fornecimento externo de ar é o veículo que fragmenta a água na névoa de gotas usada para capturar o pó. O fornecimento de ar comprimido proporciona um gasto adicional para a instalação e operação desse sistema. O custo da produção de ar comprimido também deve ser considerado na economia do sistema. Outra preocupação é a consequência da injeção adicional de ar na equação de controle de pó de um ponto de transferência, que pode estimular mais o movimento do pó. No entanto, esse método permite o uso da água processada que tenha sido simplesmente filtrada para remover qualquer material que possa aderir às mangueiras.

B. Atomização de líquido único.

O segundo sistema usa um fluxo ultrafino de água produzida por mangueiras atomizantes de líquido único. Ele não requer ar comprimido ou qualquer outro fornecimento de energia além da eletricidade usada para operar a bomba. Ele requer o uso de água potável – ou que a água processada seja filtrada e tratada – para reduzir os problemas com entupimento da mangueira. As mangueiras de líquido único usam atomização hidráulica para gerar a neblina. Nesse método, um pequeno fluxo de água é forçado sob alta pressão – até 14 megapascal (2.000 lbf / in.²), embora mais tipicamente 34 a 69 megapascal (5.000 a 10.000 lbf / in.²) – através de um pequeno orifício que espirra as gotas de água em partículas microscópicas. A energia gerada pela bomba de alta pressão é usada para atomizar as gotas de águas, em vez de aumentar a velocidade da água,



Figura 19.3

Os sistemas de supressão de pó por neblina usam mangueiras especiais para criar uma névoa de gotículas.

minimizando, portanto, o ar desprendido. Ao eliminar os requisitos do ar comprimido, as mangueiras de líquido único simplificam a instalação e reduzem os custos de operação. Para manter os pequenos orifícios limpos, o material suspenso deve ser removido da água, e o pH da água deve ser controlado. O baixo volume de água aplicado facilita relativamente o sucesso da filtração e da ionização.

Localização dos Sistemas de Neblina

A instalação dos sistemas de neblina é um pouco incomum: nela, os sistemas de neblina são elaborados para tratar o ar em volta do material, em vez do material em si. Portanto, o ponto de aplicação da névoa geralmente é próximo ao fim do ponto de transferência (**Figura 19.4**). Essa localização permite que o material se assente e que qualquer uso dos sistemas de coleta passiva ou ativa de pó identifique o ar repleto de pó sem riscos de anular o meio de filtragem com as partículas umedecidas.

As mangueiras de geração de neblina são instaladas para cobrir a largura total da área coberta do transportador (**Figura 19.5**). É

recomendado que a altura da calha-guia do ponto de transferência seja de no mínimo 600 milímetros (24 in.), para permitir que o cone de saída das mangueiras atinja a cobertura ideal e preencha o isolamento. O padrão de jato da mangueira deve ser projetado para que o material espalhado no ar passe pela cortina de neblina sem direcionar o jato diretamente sobre o corpo principal do material. O jato é direcionado acima do material, em vez de sobre ele.

O padrão do jato das mangueiras de neblina não deve ser direcionado sobre qualquer superfície, e as mangueiras devem ser protegidas de serem atingidas pelo material a granel.

Prós e Contras dos Sistemas de Neblina

Os sistemas de neblina oferecem um controle de pó combinado com custos de operação e instalação econômica. Os custos de operação do sistema são baixos comparados aos sistemas de coleta de pó convencionais.

Um sistema de neblina bem elaborado fornece controle de pó no ponto da aplicação, sem a necessidade de aditivos químicos. Isso é especialmente importante para processos como transporte de talhas de madeira destinadas à fabricação de papel. Muitas fábricas se preocupam com a aplicação de substâncias químicas que possam afetar negativamente a celulose ou degradar a qualidade do produto final. Como os sistemas de neblina adicionam água sem nenhum aditivo, eles protegem a integridade do processo.

Com os sistemas de neblina, a adição total de umidade ao material a granel pode baixar entre 0,1% a 0,05%. Isso torna os sistemas de supressão por neblina atraentes para indústrias como de produção de limo e cimento, que não toleram excesso de umidade.

Devido ao tamanho pequeno do orifício das mangueiras, normalmente é necessário água potável para os sistemas de supressão por neblina. Geralmente é necessária filtração para remover os materiais suspensos pelo suprimento de água. As mangueiras podem entupir se o suprimento de água estiver contaminado, ou se o sistema de tratamento de água não for realizado nos intervalos necessários. Devem ser providenciadas

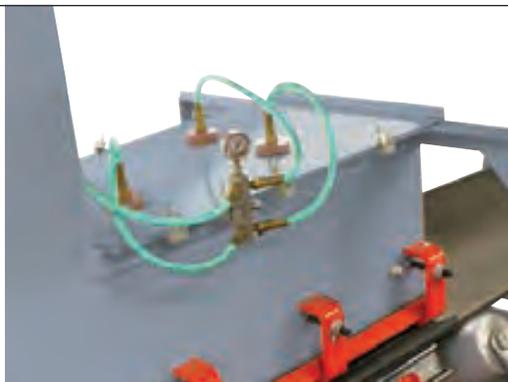
Figura 19.4

Os sistemas de supressão por vedação são aplicados próximos ao fim do isolamento do ponto de transferência.



Figura 19.5

As mangueiras de geração de neblina são instaladas para cobrir a largura total da área coberta do transportador.



preparações como drenagens e encanamento aquecido para fábricas em ambientes frios.

Outra consideração importante na escolha de um sistema de neblina é o volume e a velocidade do ar na área aberta em torno do ponto de transferência ou do chute. Sistemas de neblina que usam mangueiras de líquido único (aquelas que não precisam de ar comprimido) tendem a ser mais compatíveis com sistemas projetados que controlam o movimento do ar através de um ponto de transferência. Esses sistemas não devem ser usados em aplicações “abertas”. Para um desempenho realmente eficaz, os sistemas de supressão de pó por neblina requerem um isolamento efetivo em torno do ponto de transferência, para minimizar o movimento turbulento do ar em alta velocidade através do sistema. Como as gotas são pequenas, a neblina e o pó podem ser carregados para fora da área de tratamento, nos equipamentos próximos, por meio do ar, que deixa o chute em alta velocidade.

Outro resultado potencial da aplicação de neblina é que essa forma de tratamento de pó é específica para pontos de aplicação. O controle de pó somente é alcançado no ponto de aplicação; o benefício é pequeno ou nulo. Embora um sistema possa muitas vezes oferecer mais controle que um ponto de transferência, podem ser necessários muitos equipamentos de neblina para um sistema de transporte complexo com muitos pontos de transferência. O investimento capital pode inviabilizar o sistema de neblina, se o sistema de transporte for muito caro.

ADICIONANDO SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS

Adicionando Substâncias Químicas à Água

É uma prática comum “aprimorar” o desempenho de supressão de pó de água pela adição de surfactantes – agentes de ação superficial. A adição dessas substâncias químicas melhora as características de umedecimento da água, reduzindo o uso geral da água e minimizando os resultados associados ao excesso de adição de umidade.

Se o pó de carvão, do coque de petróleo ou de material semelhante cair em uma poça de água, as partículas de pó podem, se não

manuseadas, permanecer na borda da poça por horas. Esse fenômeno ocorre porque esses materiais são hidrofóbicos – eles não se misturam com água. Como não é prático alterar a natureza das partículas de pó para aumentar sua afinidade com água, são adicionadas substâncias químicas para alterar as partículas de água, para que elas atraiam ou ao menos se juntem a elas.

Ao adicionar surfactantes, a tensão superficial da água é reduzida, permitindo que as partículas de pó fiquem molhadas. Surfactantes são substâncias que, quando adicionadas à água, melhoram a capacidade da água de umedecer superfícies e formar gotículas. Os surfactantes diminuem a tensão superficial da água e aumentam a atração interna entre as moléculas de água, resultando em uma formação de gotas aprimorada.

Para entender a tensão superficial, imagine uma gota de água sobre uma superfície leve e nivelada. Ela geralmente forma uma bolha líquida com lados bem definidos. É a tensão superficial da água que impede as laterais da bolha de cederem. Uma gota de água que tenha sido misturada a um surfactante – como detergente – não formará uma bolha, pois sua tensão superficial foi drasticamente reduzida. As “paredes” da gota não conseguem suportar o peso da gota, pois as forças que sustentam as paredes foram alteradas. Esse é o motivo da aplicação da tecnologia de surfactantes para o controle de pó. Se as gotas de água não tiverem mais uma superfície que seja uma barreira para o contato com as partículas de pó, então, as colisões aleatórias entre as gotas de água e o pó resultarão no umedecimento e alargamento dos resíduos ao ponto de eles caírem da suspensão no ar.

Escolhendo um Surfactante

O número de surfactantes e misturas de surfactantes atualmente em uso é muito grande. Uma série de empresas químicas possuem produtos formulados para tratar especificamente das necessidades de controle de pó. Escolher a taxa de adição e o produto correto para uma determinada aplicação requer testes de material, bem como conhecimento do processo e do método da aplicação.

As objeções aos sistemas de supressão por água aditivada com substâncias químicas incluem os custos constantes de aquisição

de aditivos químicos. Os custos podem ser mais altos, principalmente considerando a mortificação e depreciação do equipamento.

Além disso, esses sistemas requerem manutenção regular, o que gera gastos com mão de obra para os custos fixos de operação.

Como a contaminação do material ou do processo pode ser uma preocupação em algumas indústrias, a adição de substâncias químicas deve ser revista nesse aspecto. É importante que os aditivos químicos sejam compatíveis com o processo, com os materiais a granel e com o equipamento do sistema; inclusive com as correias transportadoras. Embora o uso de um surfactante reduza a quantidade de água adicionada ao pó do material, os jatos de água/surfactante podem adicionar ainda mais água que o nível aceitável. É uma prática comum para o fornecedor de substâncias químicas oferecer amostras para o cliente testar os efeitos sobre o produto final.

Aplicação por Jatos ou Espuma

Uma vez que um agente de umedecimento eficaz tenha sido selecionado, deve ser feita a decisão sobre a aplicação no material como jato molhado, conforme discutido, ou como espuma. Os dois sistemas oferecem vantagens. Em termos gerais, a taxa de adição de umidade de um sistema de jato molhado é mais alta do que de um sistema de geração de espuma. Embora a taxa de diluição seja mais baixa para o sistema de supressão por espuma, a expansão da espuma permite proporcionar uma supressão eficaz com menos umidade adicionada aos materiais (**Tabela 19.3**). Pesquisas recentes têm melhorado a tecnologia de surfactantes a ponto de algumas misturas poderem ser aplicadas como jato em níveis menores de supressão de um sistema de espuma, enquanto fornecem uma boa supressão de pó. Isso proporciona o benefício de adição limitada de umidade com custo mínimo de substâncias químicas, devido às

taxas mais altas de diluição com os surfactantes aplicados ao jato.

SUPRESSÃO POR ESPUMA

Supressão de Pó por Espuma

O uso de surfactantes com água melhora a probabilidade de as partículas de pó colidirem com as gotas e de essas colisões resultarem na supressão do pó. É evidente que o objetivo é maximizar a área superficial das gotas de água disponíveis para fazê-las tocar as partículas o máximo possível, limitando, portanto, a quantidade de água necessária. Para isso, alguns fornecedores oferecem sistemas de supressão de pó que geram uma espuma química (**Figura 19.6**). Como a umidade está em forma de espuma, sua área superficial é consideravelmente aumentada, melhorando a chance de contato entre o pó e a água. Algumas bolhas de espuma atraem e retêm as partículas de pó através do acúmulo. Outras bolhas estouram em contato com as partículas de pó, liberando gotículas que se ligam às partículas menores, mais difíceis de capturar e mais nocivas à saúde humana. Com a adição de umidade de 0,2% a 0,4%, os sistemas de espuma adicionam apenas 2 litros por tonelada (2 qt/st) de material. Nesses níveis, os sistemas de supressão por espuma geralmente adicionam menos que 10% da umidade que os sistemas de jato de água direto aplicam.

Consequentemente, os sistemas de espuma são bem-vindos onde o suprimento de água é limitado ou onde o excesso de água pode prejudicar o desempenho do material, como em usinas de carvão. Além disso, a água reduzida implica poucos problemas com a coagulação da tela e com aderência de materiais aos isolamentos e aos componentes mecânicos.

Adicionar ar à mistura de água e surfactante e passar esse composto por um aparelho de

Tabela 19.3

	Níveis Máximos Típicos de Adição de Umidade			
	Jato de Água	Água com Surfactante	Espuma	Neblina
Taxa Nominal de Adição de Umidade	5%	2,5%	0,20%	0,05%
Adição de Água	5.455 l/h (1.200 gal/h)	2.725 l/h (600 gal/h)	218 l/h (48 gal/h)	54,5 l/h (12 gal/h)
Taxa Água-Química	N/A	1:5000	1:100	N/A
Taxa de Uso de Substâncias Químicas	N/A	0,44 l/h (0,096 g/h)	2,2 l/h (0,48 g/h)	N/A

mistura gera a espuma. O ajuste da relação ar/água/químico infectante e outros fatores controláveis permitem que o engenheiro da aplicação gere uma espuma que abranja características desde muito molhado até seco, como “espuma de barbear”, a fim de criar a espuma mais eficaz para cada aplicação. A espuma bem formada pode expandir a área superficial de uma quantidade de água em 60 a 80 vezes. Isso considera o controle de pó eficaz com taxas baixas de adição de umidade.

O sistema de aplicação de espuma para supressão de pó começa com a mistura da água com uma substância química que gere espuma. A água e o aditivo são medidos juntos, através de uma bomba de proporção, e a mistura resultante é processada por um regulador de fluxo para alimentar o sistema (**Figura 19.7**). Um segundo regulador de fluxo controla o suprimento de ar comprimido. A solução de água/substância e o ar chegam por mangueiras separadas em um tubo de espuma, onde eles se misturam para formar a espuma. A espuma percorre então os canos para as mangueiras de aplicação instaladas na lateral ou na parte superior do equipamento ou do ponto de transferência (**Figura 19.8**).

Limitações da Supressão por Espuma

Embora muitas aplicações sejam beneficiadas pela tecnologia de espuma, há algumas adversidades nesse processo. Os surfactantes que produzem as espumas mais procuradas nem sempre são os melhores agentes de umedecimento para os materiais sendo tratados. Alguns fornecedores focam em substâncias químicas para produzir uma espuma estável, sem considerar se a espuma resultante tem qualquer valor na superação da natureza hidrofóbica do material. É crucial que as substâncias químicas forneçam um umedecimento eficaz do material tratado antes de se considerar a geração de espuma.

A geração de espuma requer ar comprimido. Se um suprimento de ar comprimido não está prontamente disponível no local de aplicação, um compressor deve ser instalado e tratado.

De modo geral, o equipamento de aplicação de espuma é ligeiramente mais caro que o equipamento de jato de água, e normalmente requer manutenção adicional.

Enfim, a quantidade de surfactante exigida para gerar espuma é de certa forma maior que a quantidade de substância química normalmente adicionada ao sistema de jato molhado. O volume de surfactante em uma determinada quantidade de água é mais alto; no entanto, devido à expansão da espuma, a quantidade de umidade aplicada ao material é menor. O custo adicional para essa concentração aumentada de substância aditiva pode ser equilibrado por uma redução na penalidade térmica sobre o desempenho do combustível resultante de uma queda substancial na umidade adicional (**Tabela 19.4**).

SUBSTÂNCIAS QUÍMICAS RESIDUAIS

Agentes de Supressão por Substâncias Químicas Residuais

Os surfactantes umedecem as partículas de pó para que elas se acumulem, evitando, portanto, que elas se espalhem no ar. Uma vez que a solução se evapora, o efeito de supressão dos surfactantes normais acaba. Em muitos casos, no entanto, a supressão



Figura 19.6

A supressão de pó por espuma gera uma espuma seca que expande a área superficial da água em 60 a 80 vezes sua superfície anterior.



Figura 19.7

No sistema de proporção, a água e o surfactante são misturados, e a solução resultante e o ar comprimido são enviados de forma independente para os tubos de espuma.

de pó é necessária não apenas à medida que os materiais se movimentam através dos vários pontos de transferências, mas também após os materiais atingirem seus locais de armazenamento. Nesses casos, é prudente considerar o uso de um sistema de espuma ou jato de água/surfactante com um efeito residual de longa duração. A supressão de pó por resíduos é valiosa ao se considerar a supressão de pó para:

- A. Áreas grandes com vários pontos de aplicação.
- B. Longas distâncias entre pontos de aplicação.
- C. Empilhadeiras ou trippers.
- D. Britadores ou trituradores.
- E. Pontos de transferência elevados, onde seria difícil a aplicação de supressão de pó.

Um sistema de supressão residual bem elaborado possibilita controlar o pó fugitivo sobre uma área extensa pela aplicação da solução em alguns pontos estratégicos. Em contrapartida, usar sistemas de água e/ou neblina para áreas grandes exigirá vários pontos de aplicação, inclusive diversas estações de bombeamento; linhas de ar, água e substâncias químicas mais longas; maior capacidade de bombeamento; e mais mangueiras de aplicação – todos os quais podem tornar o sistema consideravelmente mais caro e, em alguns casos, não tão eficaz.

O carvão transportado de descarregadores para pilhas de armazenamento abertas pode permanecer lá por muito tempo. O material armazenado nas pilhas descobertas está sujeito a variações no clima, inclusive vento, sol e precipitação. O aquecimento do

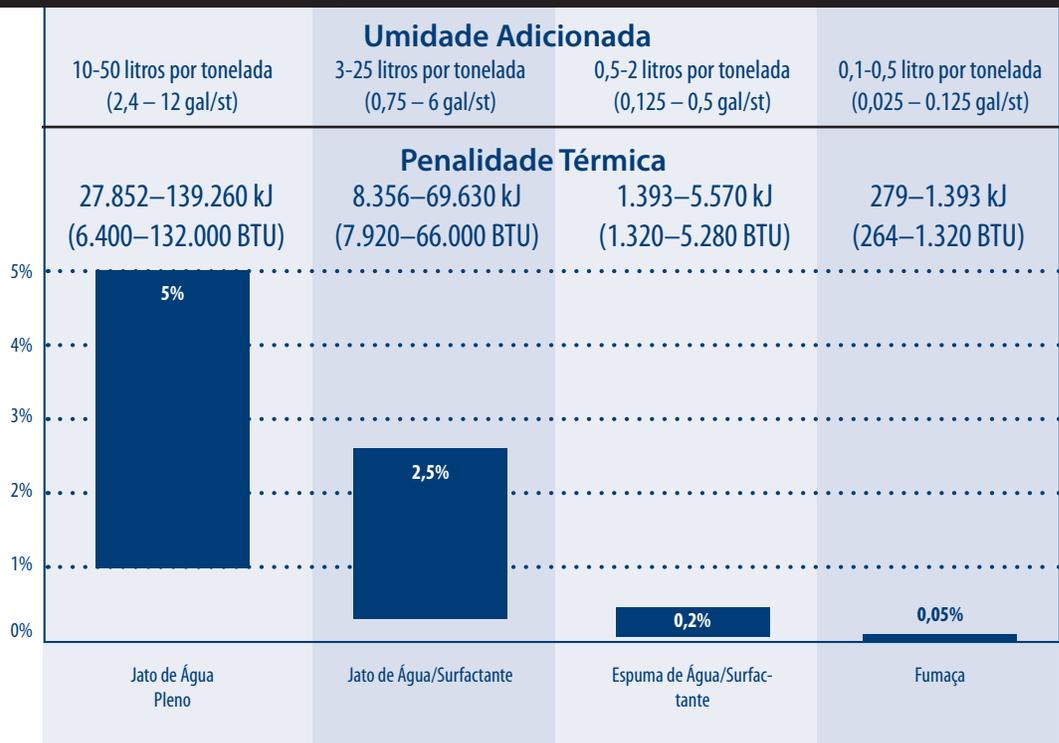
Figura 19.8

A solução de água/surfactante e o ar são combinados em um tubo de espuma e fornecidos para as mangueiras de aplicação.



Tabela 19.4

Penalidade Térmica da Adição de Umidade em uma Usina de Carvão



Tipos de Sistema de Supressão de Pó

Obs.: Umidade Adicionada – litros por tonelada (gal/st); Penalidade Térmica – quilojoules (BTU)

sol pode evaporar a umidade do material armazenado, provavelmente permitindo que ele seja carregado pelo vento. A erosão do vento gera grandes quantidades de pó que podem se assentar nas casas e nos campos das redondezas. Quando o carvão armazenado é solicitado, ele pode estar seco e apresentar problemas de pó tão grandes quanto ele tinha durante o manuseio inicial. Os materiais que geram pó, como o coque calcinado ou as pellets de minério de ferro, podem precisar de controle de pó desde o ponto de produção até o ponto de uso final. Isso pode equivaler a várias semanas e milhares de quilômetros. Nesses casos, pode ser mais econômico aplicar um surfactante residual aos materiais do que aplicar surfactantes e água nos diversos locais, por todo o sistema de tratamento de materiais. Há uma variedade de surfactantes residuais disponíveis.

Efeitos de Longa Duração

O objetivo de um supressor residual é aglomerar as partículas umas nas outras, ou em partículas maiores, e depois reter a estrutura junto, mesmo após a umidade evaporar. Em alguns casos, é usado um material higroscópico, como o cloreto de cálcio, que retarda a capacidade da umidade de deixar o material tratado. A vantagem dessa abordagem pode ser o custo de tratamento mais baixo. Os ligantes mais convencionais incluem lignina, taninos, piche, polímeros e resinas. Quando combinados a surfactantes para ajudar no umedecimento, esses compostos cobrem as partículas maiores e, então, agem como uma cola para atrair e reter as partículas finas.

A aplicação de ligantes residuais tende a ser mais cara que as aplicações de surfactantes, pois devem ser aplicados a concentrações mais altas. Embora os ligantes sejam menos caros por quilograma (lbm), eles geralmente são aplicados a taxas de diluição variando de 50 a 1 até 200 a 1 (2,0% a 0,5%).

É importante mencionar que, com o uso de uma substância química residual, uma fábrica pode reduzir o número de pontos de aplicação necessários, reduzindo, por sua vez, a quantidade de manutenção necessária.

Ao escolher um ligante, é especialmente importante conhecer os efeitos que ele terá sobre o equipamento de transferência e sobre

a correia transportadora. Se o ligante adere bem ao material, ele pode fazê-lo com o equipamento de transferência. A aplicação adequada do produto se torna crucial, pois usar o jato do ligante sobre o equipamento do processo, ou sobre correias vazias, pode resultar em problemas consideráveis de manutenção e produção.

Um fato importante na seleção de um ligante é o efeito que a substância química possuirá sobre o material sendo tratado e sobre o ambiente. Se o ligante for aplicado a um material em uma pilha de estoque, e essa pilha de estoque for exposta à chuva, partes de um ligante solúvel em água podem acabar em desligamento e provocar uma questão ambiental. Muitos fabricantes de substâncias químicas apenas fornecem ligantes que sejam compatíveis com o ambiente; no entanto, essa é uma questão que deve ser levantada com o fornecedor da substância.

SISTEMAS E LOCALIZAÇÃO

Sistemas Híbridos: adicionando Supressão à Contenção ou à Coleta

A seleção de um sistema de controle de pó deve ser baseada no material, nas causas de geração de pó e nas especificidades do(s) ponto(s) de aplicação. É importante fazer uma análise completa de geração de pó, a fim de detectar não apenas os pontos de geração de material fugitivo mais problemáticos, mas identificar as causas verdadeiras da geração de pó e de escape, a fim de controlar a situação.

Em alguns casos, deve ser considerado um sistema híbrido combinando um sistema de supressão de pó com outros sistemas – contenção ou coleção de pó passiva ou ativa. Isso pode gerar o melhor desempenho possível com custos mínimos de instalação, operação e manutenção. É importante consultar um especialista na aplicação dos sistemas de controle e de supressão de pó para desenvolver uma solução para qualquer aplicação específica.

Local, Local e Local

Em qualquer sistema de supressão de pó é importante selecionar o(s) melhor(es) ponto(s) de aplicação, não apenas para aumentar a eficácia, mas também para reduzir os custos de instalação, operação e manutenção. Os locais

escolhidos para colocação das mangueiras e o padrão de distribuição são tão importantes, se não mais do que a seleção da substância química a ser aplicada (**Figura 19.9**). Mesmo o programa melhor elaborado não terá sucesso se a substância supressora não for distribuída no local correto para permitir a mistura do supressor e dos resíduos de pó.

O sucesso do esforço de supressão no ponto de transferência depende da mistura adequada de materiais e do supressor. Se o supressor for simplesmente água, ou uma mistura de água/surfactante como jato ou espuma, é melhor localizar o sistema de supressão no ponto em que os materiais deixam a polia dianteira. Conforme os materiais deixam a polia dianteira, eles se espalham, e o ar penetra no fluxo de materiais transportados. O supressor será direcionado para os materiais pela pressão negativa do ar. Conforme o supressor e os materiais transportados passarem pelo chute, eles continuarão se misturando, proporcionando uma dispersão eficaz.

A supressão por espuma normalmente é mais

eficaz quando aplicada no ponto de descarga de um misturador ou do transportador, onde o corpo do material está misturado e espalhado (**Figura 19.10**). Aqui, as forças do movimento do material dobrarão o supressor no fluxo de material conforme ele se mover através do ponto de transferência e na correia transportadora. A aplicação do supressor nesse ponto permite que a espuma penetre no fluxo de material e capture cada partícula, em vez de permanecer na camada externa do material.

A Importância da Qualidade da Água

A qualidade da água desempenha um papel importante na eficácia de qualquer programa de supressão de pó. A capacidade de gerar uma espuma aceitável depende amplamente da qualidade da água usada. Dependendo do sistema de supressão de água utilizado, é importante filtrar a água, removendo as partículas entre 5 e 40 microns, e ter a água o mais próximo possível do pH neutro.

Se as características da água disponível na fábrica forem conhecidas, podem ser aplicados os sistemas apropriados para filtragem da água. Esse conhecimento também facilitará a prevenção de possíveis falhas – inclusive o entupimento das mangueiras e a falha prematura das bombas – e a manutenção da taxa de fluxo necessária.

MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Sem dúvida, uma das causas mais comuns de falha nos sistemas de supressão de pó é a falta de manutenção preventiva. As mangueiras devem ser verificadas; os filtros devem ser limpos; as bombas lubrificadas; os níveis químicos verificados; as configurações da aplicação checadas, e as taxas de fluxo de água e ar ajustadas regularmente, ou mesmo o melhor sistema estará destinado a falhar. É importante consultar as instruções do fabricante para diretrizes sobre os procedimentos e intervalos de serviço adequados dos componentes do sistema.

Alguns fornecedores de substâncias químicas e equipamento de supressão de pó agora oferecem um serviço de rotina como parte do pacote do seu sistema. É prudente considerar essa solução, uma vez que ela dispensará a equipe de operação e manutenção interna para outras tarefas, enquanto garantirá a operação do

19

Figura 19.9

A localização do ponto de aplicação é crucial para o sucesso de qualquer sistema de supressão de pó.



Figura 19.10

A supressão por espuma é mais eficaz quando aplicada onde o material é misturado, como na descarga de um britador ou do transportador.



sistema de supressão de pó.

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

As especificações típicas a seguir pertencem apenas aos sistemas de supressão de pó por espuma.

A. Mistura espumada.

A área de carga do transportador será equipada com um sistema de supressão de pó que aplica uma mistura espumosa de substâncias químicas supressoras e água para minimizar o escape do pó no ar.

B. Aditivo.

O sistema de supressão de pó funcionará pela medição de um aditivo de supressão de pó a um suprimento de água, gerando uma mistura espumosa de água e suplemento e aplicando essa mistura sobre o corpo do material. Essa mistura estimulará a

aglomeração das partículas finas e inibirá o espalhamento do pó.

C. Módulo de bombas.

O sistema de supressão de pó incluirá um módulo de bombas, contendo uma bomba de proporção [0 a 76 litros por minuto (0 a 20 gal/min)] com a adição de 0,2% a 1,5% de aditivo, um regulador [170 a 520 quilopascals (25-75 lbf/in.²)], uma válvula de escape e um medidor de fluxo [0 a 76 litros por minuto (0 a 20 gal/min)].

D. Câmara de espuma.

O ar e a mistura de água/aditivo serão combinados em uma câmara de espuma. As entradas das linhas de água/aditivo e de ar serão equipadas com válvulas de checagem para impedir o fluxo reverso. Uma barra de ar localizada na câmara de espuma permitirá que o controle da pressão do ar gere uma espuma totalmente desenvolvida.



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Fundamental para qualquer questão de segurança é a atenção devida à relação entre os sistemas de água e elétrico que alimentam o sistema de supressão e, de fato, o transportador inteiro. Os sistemas devem ser aterrados adequadamente, e a água não deve ser direcionada diretamente sobre eles.

Como muitos sistemas de supressão de pó movimentam a água ou o ar sob algum nível de pressão, é importante ter atenção com o sistema de encanamento, seja de canos, mangueiras ou uma combinação. A pressão de linha ou a bomba deve ser regulada nos níveis adequados, e os mecanismos de liberação adequados devem estar disponíveis. Antes de realizar o trabalho em um sistema de encanamento, deve-se ter cuidado para garantir que a pressão nas linhas seja liberada e a eletricidade da(s) bomba(s) seja propriamente suspensa.

Os sistemas de supressão de pó em ambientes frios devem incorporar medidas para manter o sistema operando em condições de resfriamento, ou o sistema deve

ser projetado para operar apenas quando a temperatura estiver acima do resfriamento. Os sistemas devem ser elaborados para garantir que eles não gerarão riscos de segurança, como emendas de gelo – nas estradas, passarelas ou escadas – ou corpos de material congelados dentro de um canal que exija a entrada de funcionários em espaços confinados, para remover o bloqueio de materiais.

Os fornecedores de aditivos químicos devem fornecer Planilhas de Dados de Segurança do Material (*Material Safety Data Sheets – MSDS*) que relacionem todos os registros de segurança, riscos à saúde e questões ambientais.

É importante seguir os procedimentos de desligar/ bloquear/ sinalizar adequados ao instalar e regular os sistemas de supressão de pó.

E. Mangueiras.

A espuma produzida será aplicada ao material sobre o transportador através de até oito mangueiras “pé de pato” conectadas a comprimentos uniformes de mangueira. As mangueiras serão retidas em posição na parede de chute para permitir uma remoção simples para manutenção.

APLICAÇÕES COMUNS DE SISTEMA DE SUPRESSÃO

Aplicação de Supressão de Pó 1

Uma correia está transportando uma demanda da mina. Essa correia tem o suporte adequado na área de carga, e o chute de transferência está vedado de forma eficaz. Um anemômetro fazendo leituras na saída da área de carga do transportador mostra que a velocidade de saída do ar é de 0,25 metros por segundo (50 ft/min).

Material Demanda da Mina
 Ponto de Transf. Vedado Eficazmente
 Velocidade do Ar..... 0,25 m/s (50 ft/min)
 Método de Supressão Neblina

Essa é uma boa aplicação para um sistema de neblina, pois o material não é sensível a água, a contenção é boa, e a velocidade do ar está abaixo de 1,0 metros por segundo (200 ft/min). (Consultar Capítulo 17: Panorama de Controle de Pó, Figura 17.10.)

As mangueiras devem ser colocadas na parte superior da área de fixação do chute de transferência. As cortinas de pó devem ser colocadas de cada lado das mangueiras para reduzir o fluxo de ar, permitindo que a neblina remova o pó do ar (Figura 19.11).

Aplicação de Supressão de Pó 2

Uma correia em uma fábrica de agregados

está transportando calcário. O ponto de transferência não possui isolamento.

Material Calcário Britado
 Ponto de Transf. Sem Isolamento
 Velocidade do Ar..... Desconhecida
 Método de Supressão Espuma

Essa é uma boa aplicação para um sistema de espuma, pois o material não é sensível à umidade, mas não há chute para controlar o movimento do ar.

A espuma pode ser aplicada ao calcário à medida que ele sai da polia dianteira enquanto o material está misturado. Isso permitirá que a umidade cubra toda a superfície do material. Cobrir toda a superfície com umidade impedirá a geração de pó quando o material for colocado na correia (Figura 19.12).

Aplicação de Supressão de Pó 3

O transportador está transportando carvão. O chute de transferência está vedado e suportado adequadamente. Um anemômetro fazendo a leitura no fim da área de fixação mostra que a velocidade de saída do fluxo de ar é de 1,5 metros por segundo (300 ft/min).

Material Carvão
 Ponto de Transf. Vedado e Suportado
 Velocidade do Ar..... 1,5 m/s (300 ft/min)
 Método de Supressão Espuma

Essa é uma boa aplicação para um sistema de espuma, aplicado em combinação com uma reconstrução do(s) ponto(s) de transferência do transportador. A alta velocidade do ar indica que o isolamento do ponto de transferência não é grande o suficiente para reduzir o ar. Alta velocidade normalmente significa que grandes quantidades de pó serão geradas. O ponto de transferência deve ser estendido no comprimento, e a altura deve ser aumentada, para reduzir o ar e permitir que o pó se assente.

O material é sensível à umidade; assim, a quantidade de água deve ser minimizada. A espuma pode ser aplicada no material quando ele estiver misturado. Isso permitirá que a umidade cubra todas as superfícies do material. Cobrir todas as superfícies com umidade impedirá a geração de pó quando o material for colocado na correia.

A umidade também terá um efeito residual

Figura 19.11

As mangueiras devem ser colocadas na parte superior da área de fixação do chute de transferência. As cortinas de pó devem ser colocadas em cada lado das mangueiras para reduzir o fluxo de ar, permitindo que a neblina remova o pó do ar.



e poderá manter o carvão úmido por todo o caminho, até a saída do transportador (**Figura 19.13**).

Aplicação de Supressão de Pó 4

Um elevador de caçamba está descarregando carvão de uma barçaça. Não há chute de transferência; logo, o descarregador está exposto a correntes de ar.

Material.....	Carvão
Ponto de Transf.....	Nenhum
Velocidade do Ar.....	Ambiente
Método de Supressão.....	Água/Surfactante

Essa é uma boa aplicação para supressão com água e surfactante, pois o material não é sensível à água, e a contenção acerca do material é pequena. A água com aditivo de surfactante permite gotas de água maiores que o método somente com água, e esse sistema não será afetado pelas correntes de ar. As mangueiras devem ser colocadas em torno da escavadeira para permitir que a água/surfactante se misture para “chover” sobre a barçaça, conforme ela é descarregada (**Figura 19.14**).

TÓPICOS AVANÇADOS

Penalidade Térmica em uma Usina de Carvão

Uma usina de 270 megawatts (36.2000 hp) pode queimar aproximadamente 82 toneladas por hora (90 st/h), 24 horas por dia, sete dias por semana. Isso significa 13.776 toneladas por semana (15.120 st/semana). Mesmo permitindo um intervalo de manutenção de duas semanas, o consumo anual de carvão dessa usina seria maior que 688.000 toneladas por ano/50 semanas (759.000 st/50 semanas/ano).

A usina recebe seu carvão em trens compostos por 120 vagões, cada um com capacidade de 91 toneladas (100 st). Com a capacidade total do trem de 10.920 toneladas (12.000 st), a usina precisará receber aproximadamente 1,25 trens por semana, ou 5 trens por mês. Isso é aproximadamente 60 trens por ano. Essas possibilidades variarão dependendo do tipo (saída de calor) de carvão específico utilizado.

A penalidade térmica é a quantidade de carvão que deve ser queimada apenas para remover a umidade adicionada ao carvão pelo

sistema de supressão de pó. É igual a entre 1,0 e 1,6 quilogramas por tonelada (1,9 a 3,3 lbm/st) para cada porcentagem de água adicionada ao carvão.

A uma taxa de 0,1 de 1% de carvão usado para eliminar esse 1% de umidade adicional, a usina perderá calor de 10.440 a 17.500 quilogramas (22.800 a 39.600 lbm) de carvão por carga de trem, ou aproximadamente 0,1 a 0,2 de um vagão de trem. Isso equivale a algo em torno de 6 e 12 vagões por ano – talvez 1 vagão por mês – queimado, apenas para eliminar a umidade adicional (**Tabela 19.5**).

SUPRESSÃO DE PÓ: UMA PEÇA DO QUEBRA-CABEÇA

Finalizando...

A supressão de pó é mais adequada para



Figura 19.12

Aplicar espuma com a carga misturada permitirá que a umidade cubra todas as superfícies do material para impedir a geração de pó.



Figura 19.13

A umidade terá um efeito residual e poderá manter o carvão úmido por todo o caminho, até a saída do transportador.



Tabela 19.5

Penalidade Térmica em uma Usina de Carvão		
	Métrica	Imperial
Unidade para medir calor/energia	Quilojoule (kJ)	Unidade Térmica Britânica (British Thermal Unit - BTU)
Peso da água	1 kg/l	8,33 lb _m /gal
Energia para vaporizar a água	2.675 kJ para vaporizar 1 kg (cerca de 0,5 L) de água das Condições Padrão de Temperatura e Pressão (CPTP)	1.150 BTU para vaporizar 1 lbm (cerca de 1 pt) de água da Standard Temperature and Pressure (STP)
Unidade de carvão	tonelada (1.000 kg)	tonelada curta (2.000 lb)
Água necessária para elevar o conteúdo úmido da unidade de carvão em 1%	10 kg (10 L)	20 lb _m (2,4 gal)
Calor necessário para queimar esse 1% de água adicional da unidade (ton/st) de carvão	26750 kJ (2,675 kJ/kg x 10 kg)	23.000 BTU (1.150 BTU/lb _m x 20 lb _m)
Conteúdo de calor do carvão Fonte: Dados de Carvão: Uma Referência, publicado pela Administração de Informações de Energia do Departamento Americano de Energia. Conversão métrica da Martin.	Betuminoso = 27.900 kJ/kg Sub-Betuminoso = 20.900 kJ/kg Lignito = 16.300 kJ/kg	Betuminoso = 12.000 BTU/lb _m Sub-Betuminoso = 9.000 BTU/lb _m Lignito = 7.000 BTU/lb _m
Quantidade de carvão exigida para fornecer o calor necessário para queimar 1% de água de 1 tonelada (1 st) de carvão	Calor Necessário (kJ) dividido pelo Conteúdo de Calor (kJ/kg) = kg	Calor Necessário (BTU) dividido pelo Conteúdo de Calor (BTU/lb) = lb _m
	26.750 / kJ/kg = kg	23.000 / BTU/lb _m = lb _m
	Betuminoso 0,96 kg	Betuminoso 1,9 lb _m
	Sub-Betuminoso 1,3 kg Lignito 1,6 kg	Sub-Betuminoso 2,55 lb _m Lignito 3,3 lb _m
Resumo	Leva de 0,96 kg a 1,6 kg para queimar 1% de água adicionada a uma tonelada de carvão.	Leva de 1,9 lb _m a 3,3 lbm de carvão para queimar 1% de água adicionada a uma tonelada curta de carvão.
Em porcentagem	Equivale a 0,0096 a 0,016 do carvão (1/10 to 1/6 de 1 %)	Equivale a 0,0095 a 0,0165 do carvão (1/10 a 1/6 de 1 %)
Conteúdo do vagão	91 tons (91000 kg)	100 st (200.000 lb _m)
Perda de cada vagão	~87 a 146 kg	~190 a 330 lb _m
Perda de cada trem de 120 vagões	~10440 a 17.500 kg/carga de trem ou entre 1/10 e 1/5 de uma carga de vagão/trem	~22.800 a 39.600 lbm/carga de trem ou entre 1/10 e 1/5 de uma carga de vagão/trem
Caso essa usina de 270 megawatts (36.2000 hp) receba 60 trens por ano:		
Perda anual	~625000 a 1,1 milhões de kg ou ~625 a 1.100 tons ou 6 a 12 cargas de vagão/ano	~1,35 a 2,4 milhões de lbm ou ~684 a 1.188 st ou 6 a 12 cargas de vagão/ano

espaços isolados de tamanho razoável. É difícil aplicar e controlar qualquer uma das várias formas de supressão de pó em áreas abertas ou estruturas internas largas, como um vagão ou caminhões de transporte. Os resultados aceitáveis nessas aplicações podem exigir uma combinação de confinamento, supressão e coleta.

A supressão de pó não funciona sozinha como a resposta ideal para controle de materiais fugitivos. Um sistema de supressão de pó, escolhido, projetado e regulado adequadamente, pode fornecer uma parte crucial do programa total de controle de materiais.

A Seguir...

Este capítulo sobre Supressão de Pó é o terceiro capítulo da seção Controle de Pó, depois de Panorama de Controle de Pó e Controle Passivo de Pó. O capítulo seguinte, o último relacionado a controle de pó, continua o assunto de controle ativo de pó, com foco em Coleção de Pó.



Figura 19.14

Uma aplicação de roda de barril não isolada é boa para o sistema de supressão de pó com água/surfactante.

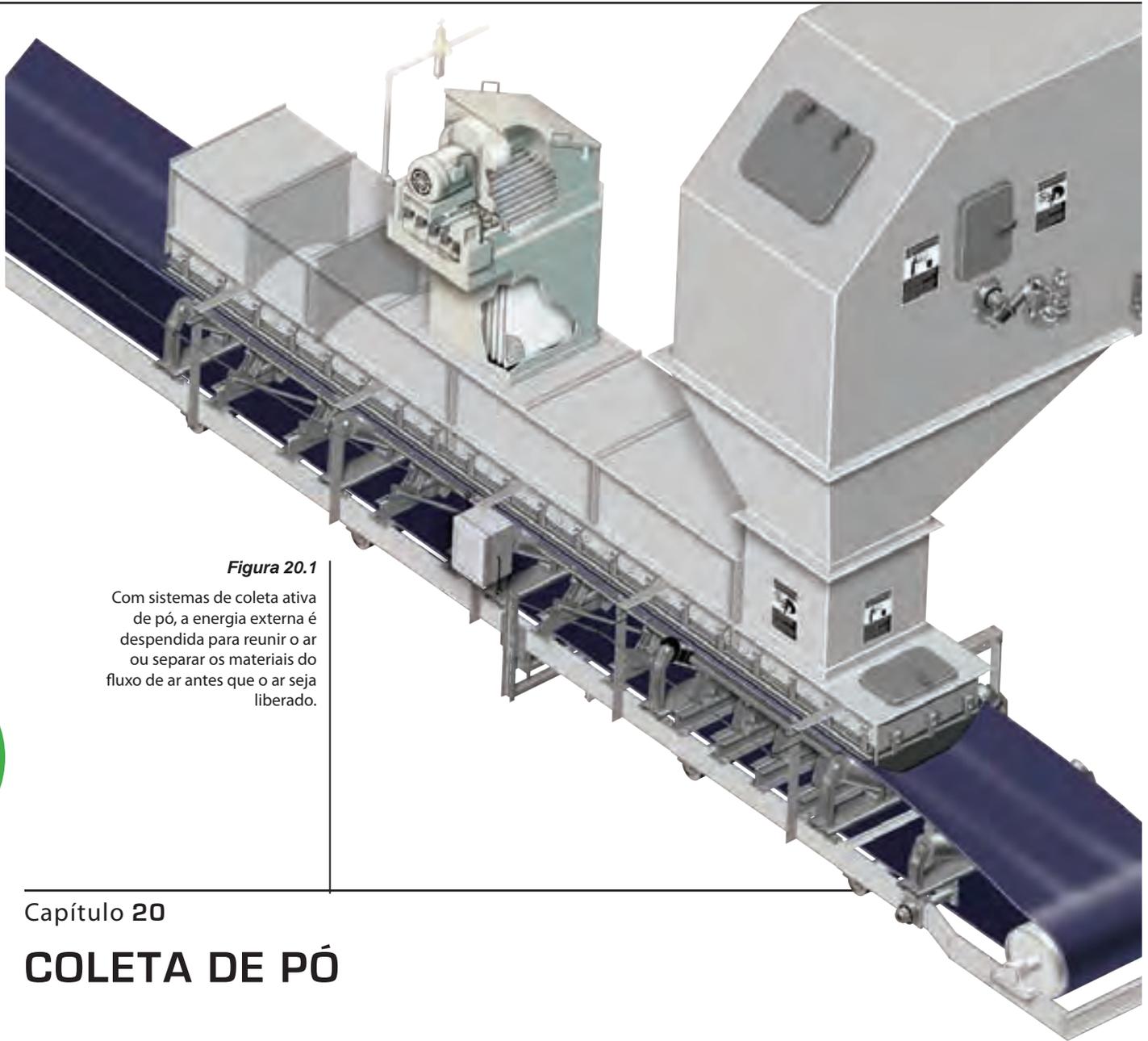


Figura 20.1

Com sistemas de coleta ativa de pó, a energia externa é despendida para reunir o ar ou separar os materiais do fluxo de ar antes que o ar seja liberado.

20

Capítulo 20

COLETA DE PÓ

Coleta de Pó	323
Tecnologias de Coleta	324
Sistema Central, de Unidade e Removível	328
Tamanho e Localização	330
Panes	331
Manutenção do Sistema	332
Especificações Mais Utilizadas	332
Questão de Segurança	333
Aplicação Típica de Coleta de Pó	333
Tópicos Avançados	334
Coleta de Pó: Uma Peça do Quebra-Cabeça	335

Neste Capítulo...

Neste capítulo serão discutidos os cinco principais tipos de sistemas de coleta ativa de pó, visando às vantagens e desvantagens de cada um. Também serão comparados coletores de pó centrais, de unidade e removíveis. Estão inclusos o tamanho e a localização dos coletores de pó, bem como algumas das quedas dos sistemas de coleta de pó. Os tópicos avançados incluem seleção e aplicação do sistema de coleta de pó removível, bem como três tipos de velocidade de ar e sua relação com o controle de pó.

A coleta de pó – passagem do ar contendo pó através de alguma forma de sistema de filtragem ou separação – é a peça final no sistema de controle de pó.

Há sistemas de coleta de pó ativos e passivos. Um sistema passivo permite meramente que o ar se locomova através do sistema de filtragem, enquanto os sistemas ativos funcionam como um limpador a vácuo para puxar e soltar ar através de um método de filtragem de remoção de materiais. (*Consultar Capítulo 18: Controle Passivo de Pó, para mais informações sobre os métodos passivos de coleta.*) Este capítulo discute os sistemas de coleta ativa de pó (**Figura 20.1**), em que a energia interna é despendida para reunir o ar ou separar os materiais do fluxo de ar antes que o ar seja liberado.

COLETA DE PÓ

Sistemas de Coleta de Pó

Os sistemas mecânicos de coleta de pó são instalados para tirar o ar contendo pó da fonte de pó, como a área de carga de um transportador, além de separar o pó do ar e liberar o ar limpo. Um sistema típico de coleta de pó consiste em quatro componentes principais (**Figura 20.2**):

- Coletor (es) ou curva(s) superior de exaustão para capturar o pó na(s) fonte(s).
- Rede de dutos para transportar a mistura de pó/ar capturada para um coletor.
- Aparelho de coleta, filtragem ou separação para remover o pó do ar.
- Ventilador e motor para fornecer a energia e o volume de sucção necessários.

Considerações para os Sistemas de Coleta

de Pó

Os sistemas de coleta de pó variam amplamente em modelo, operação, eficácia, requisitos de espaço, construção e custos de operação e manutenção. A seleção de um sistema deve incluir uma revisão dos seguintes fatores:

A. Concentração de pó.

Em operações de tratamento de material a granel, as concentrações de pó normalmente variam de 230 a 23.000 miligramas por metro cúbico (0,1 a 10,0 lbm / ft³) de pó, e o tamanho da partícula pode variar de 0,2 a 100 microns (µm). A seleção de um coletor deve ser baseada no nível de limpeza ou eficiência necessário.

B. Características do fluxo de ar.

As características do ar poluído (ou sujo) podem ter um impacto significativo sobre a seleção do coletor. Os fatores incluem temperatura, conteúdo úmido e umidade relativa.

C. Características do pó.

As propriedades do pó são importantes para a escolha de um sistema de coleta de pó. As concentrações de moderadas a pesadas do pó de muitos materiais, como areia de sílica e minérios de metal, podem ser naturalmente abrasivas, higroscópicas ou aderentes. O tamanho e a forma das partículas determinarão a aplicabilidade dos coletores de material; a natureza combustível de muitas partículas determina o uso de precipitadores eletrostáticos.

D. Método de descarte.

O método de descarte do pó coletado variará com a natureza e a quantidade de material, o processo geral da fábrica e o tipo de coletor usado. Os coletores não podem descarregar continuamente ou em lotes. Os materiais secos podem gerar problemas

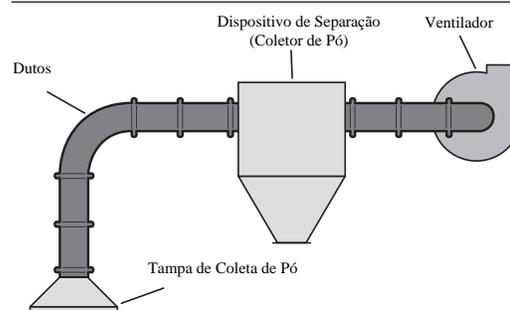


Figura 20.2

Os componentes básicos de um sistema de coleta de pó incluem coletores, redes de dutos, aparelhos de filtragem e ventilador e motor.

secundários de pó durante a descarga e o descarte. O descarte de lama pode ser outro problema de tratamento de materiais para um coletor úmido. Podem ocorrer problemas de poluição de água se o lixo da água não for tratado adequadamente.

TECNOLOGIAS DE COLETA

Tecnologias de Separação de Pó

Há uma série de abordagens específicas usadas para remover pó do ar, cada uma com seus próprios benefícios e desvantagens. Os cinco principais tipos de sistemas de coleta ativa de pó usados na indústria incluem:

- A. Separadores por inércia (normalmente chamados de ciclones).
- B. Lavadores de gás (purificadores).
- C. Precipitadores eletrostáticos.
- D. Coletores de filtro de cartucho.
- E. Coletores de pó de tecido (normalmente chamados de mangas).

Separadores por Inércia

Os separadores por inércia separam o pó do fluxo de ar usando uma combinação de forças centrífuga, gravitacional e de inércia. Essas forças movem o pó para uma área onde as forças exercidas pelo fluxo de ar sejam mínimas.

Os três tipos primários de separadores por inércia são:

- A. Câmaras de assentamento ativo.
- B. Câmaras defletoras (chicana).
- C. Ciclones ou coletores centrífugos.

As câmaras de assentamento ativo operam sob a premissa de que confinar o fluxo de ar para reduzi-lo permitirá que as partículas caiam do ar. As câmaras defletoras, semelhantes às câmaras de assentamento ativo, mas com chicanas para reduzir e redirecionar o ar, também permitem que as partículas caiam do ar. As câmaras de assentamento ativo e defletoras não são amplamente usadas como um método único de coleta para uma fábrica ou processo, devido às exigências de seus tamanhos e à fraca eficiência.

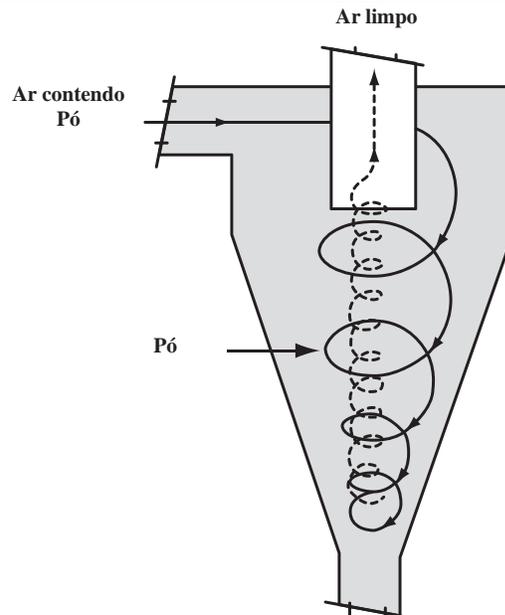
Os ciclones são os mais comumente usados entre esses sistemas de separadores por inércia. Eles geram um vórtice – um tornado interno – que “atira” o pó para fora do fluxo de ar (Figura 20.3). Esse fluxo de ar de redemoinho gerado dentro da estrutura gera uma força centrífuga, lançando as partículas de pó para fora na direção das laterais da unidade. Após acertar as laterais, as partículas se aglomeram em partículas maiores e caem do fluxo de ar em um ponto de coleta, ou saída de descarga, no fundo da unidade.

Há separadores de um ciclone que geram dois vórtices em um isolamento. O vórtice principal lança o pó grosso em movimento espiral para baixo, enquanto um vórtice interno pequeno gira para cima do fundo, carregando as partículas para cima na direção do filtro. As unidades de ciclones múltiplos contêm uma série de ciclones de diâmetro pequeno operando paralelamente, com uma entrada e uma saída comuns. Cada uma dessas unidades cria os dois vórtices vistos no separador de um ciclone. Essas unidades de múltiplos ciclones tendem a ser mais eficientes, pois elas são mais altas, fornecendo um tempo maior para o ar permanecer dentro – e são menores em diâmetro –, proporcionando uma força centrífuga maior. Os ciclones devem manter uma taxa alta de fluxo de ar a fim de manter o processo de separação.

Para melhorar a eficiência de alguns ciclones, particularmente aqueles que processam

Figura 20.3

Os sistemas de coleta de pó “ciclone” criam um vórtice – um tornado interno – que “atira” o pó para fora do fluxo de ar.



partículas finas, a superfície de coleta dessas unidades pode ser umedecida com água.

Os sistemas de separadores por inércia muitas vezes são usados como pré-limpadores para reduzir a carga de trabalho em sistemas de coleta de pó mais eficientes, pois eles não fornecem uma coleta adequadamente eficiente de partículas finas ou respiráveis. O desempenho é comprometido em condições de alta umidade. Na ausência de problemas de entupimento, esses sistemas podem operar com baixos custos de manutenção, pois eles não possuem partes transitórias.

Purificadores

Em sistemas de purificadores, um líquido (geralmente água) é espirrado na direção do fluxo de ar contendo pó (**Figura 20.4**). As partículas de pó são capturadas pelas gotas de água e caem da suspensão no ar. A mistura de pó e água é liberada do fundo do coletor como lama e passa por um sistema de assentamento ou clarificação para remover os materiais.

Uma vantagem dos sistemas de purificadores é de que eles podem ser usados em aplicações de alta temperatura. Há uma chance pequena de o pó escapar e espalhar-se no ar novamente, e os riscos de incêndio e explosão relacionados aos purificadores são mínimos. Os lavadores de gás também fornecem a oportunidade de coletar matéria em partícula (pó) e gases, oferecendo, assim, um benefício duplo para algumas operações.

Os purificadores também apresentam algumas desvantagens. Uma desvantagem é de que esses sistemas possuem altos custos de manutenção e operação e podem requerer proteção de resfriamento para operações em ambiente frio. Para condições de pó pesado, esses sistemas muitas vezes precisam de um pré-limpador, como o ciclone. Esses sistemas apresentam exigências altas de energia. Pode haver problemas de corrosão com o manuseio de água e esgoto. O tratamento da água normalmente é necessário para a água contaminada do sistema. A recuperação dos materiais do lixo do purificador geralmente é difícil.

Precipitadores Eletrostáticos

Os precipitadores eletrostáticos muitas vezes

são usados para tratar volumes grandes de ar repleto de pó em amplas faixas de temperatura e pressão. Esses sistemas aplicam uma carga elétrica negativa, ionizando as partículas conforme elas passam pela área de coleta (**Figura 20.5**). As partículas energizadas são então atraídas e aderidas a placas de eletrodos carregados positivamente dentro da área de coleta. O “tremor” ou vibração desses eletrodos descarrega então o pó aglomerado, permitindo que ele se mova na direção das placas pela gravidade.

Os quatro componentes principais de todos os precipitadores eletrostáticos são:

- Uma fonte de energia, para fornecer uma corrente unidirecional de alta tensão.
- Uma seção ionizante, para atribuir uma carga à matéria particulada no fluxo de ar.
- Um meio de remover a matéria particulada coletada.

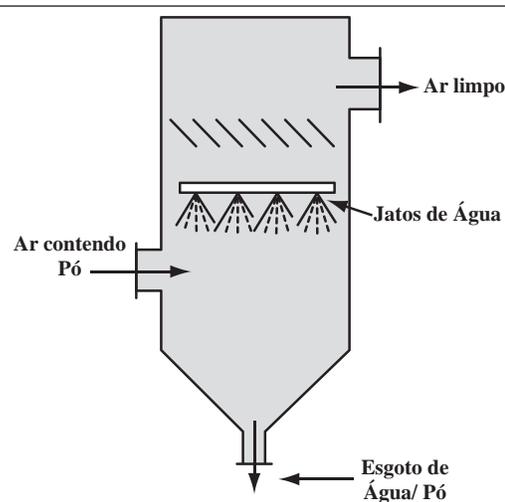


Figura 20.4

Nos sistemas purificadores, um líquido (normalmente água) é espirrado na direção do fluxo de ar contendo pó. As partículas de pó são capturadas pelas gotas de água e caem da suspensão do ar.

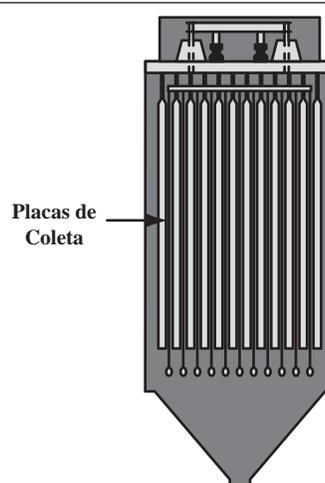


Figura 20.5

Os precipitadores eletrostáticos aplicam uma carga elétrica negativa, ionizando as partículas conforme elas passam pela área de coleta. As partículas energizadas são então atraídas e aderidas a placas de eletrodos carregados positivamente, posicionadas dentro da área de coleta.

D. Um compartimento para isolar a área do precipitador.

Há dois tipos principais de precipitadores:

A. Precipitador de uma fase, de alta tensão.

Os precipitadores de uma fase combinam ionização e coleta em uma única etapa. Eles são comumente referidos como precipitadores de Cottrell.

B. Precipitadores de duas fases, de baixa tensão

Os precipitadores de duas fases usam um princípio semelhante ao dos precipitadores de uma fase; no entanto, a seção ionizante é acompanhada por uma seção de coleta.

Os precipitadores podem ser 99% eficazes com pó, inclusive partículas submicroscópicas, mas eles não funcionam bem com cinzas provenientes da combustão de carvão com baixo teor de enxofre, devido à sua alta resistividade elétrica. Eles funcionam com outros materiais, inclusive materiais aderentes e corrosivos, em ambientes de alta temperatura ou alto fluxo de ar, com consumo mínimo de energia. Esses sistemas requerem um investimento de capital alto. São necessárias medidas de segurança para evitar a exposição da equipe à alta tensão do sistema. Os precipitadores podem causar uma ameaça de explosão quando gases combustíveis são coletados em torno do sistema elétrico.

Coletores de Filtro de Cartucho

Os coletores de filtro de cartucho colocam cartuchos de plástico ou metal perfurado contendo um meio de filtragem não costurado e pregado dentro da estrutura de coleta de pó. O

meio de filtragem usado nesses sistemas fornece uma ampla área superficial de coleta em um tamanho de unidade menor que outros sistemas de coleta de pó. Como resultado, o tamanho do sistema geral pode ser reduzido.

Esses sistemas estão disponíveis em sistemas de uso único – trocando o filtro enquanto desativado – e sistemas de lavagem por jato de pulso – permitindo uma limpeza contínua.

As desvantagens desses sistemas incluem o custo relativamente alto de substituição de cartuchos. O alto teor de umidade nos materiais coletados pode causar o entupimento do meio de filtragem, e o próprio sistema requer níveis de manutenção mais altos do que outros métodos de coleta. Os filtros de cartucho geralmente não são recomendados para materiais abrasivos ou aplicações onde sejam percebidas altas temperaturas.

Coletores de Pó de Tecido

Talvez a tecnologia de separação de pó mais comum seja o uso de coletores de pano, que são colocados em estruturas normalmente chamadas de mangas (**Figura 20.6**). Os coletores de tecido usam filtragem para separar a matéria particulada de pó do fluxo de ar. Eles são um dos tipos mais eficazes e rentáveis de coletores de pó disponíveis e podem atingir uma eficácia de coleta de mais de 99% para matéria particulada de 1 µm ou menos.

Os coletores de tecido usam o próprio pó para ajudar na filtragem. É formado um “pedaço” de pó coletado nas superfícies dos sacos de filtragem, e as partículas de pó são capturadas conforme elas passam pelos sacos.

As mangas – feitas de material de fibra de vidro, sintético ou algodão feltrado, em um formato de tubo ou envelope – precisam ser limpas periodicamente, para reduzir o nível de “pedaços” de pó e permitir que o ar atravesse o saco sem sobrecarregar o ventilador de exaustão.

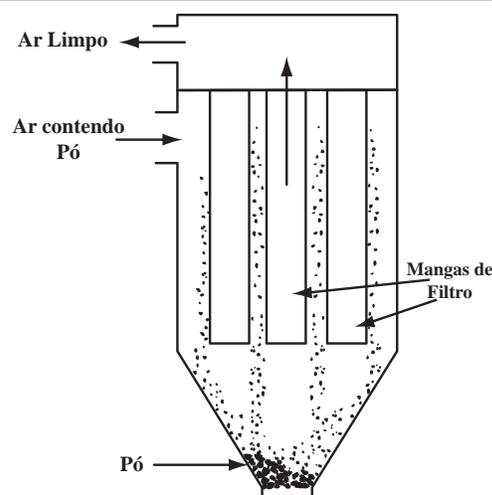
Princípios Básicos

Há três princípios básicos para operações de coletores de pó de tecido ou mangas:

A. A eficiência de limpeza depende do acúmulo de pó na superfície do filtro: o

Figura 20.6

A tecnologia de separação de pó mais comum é o uso de coletores de tecido, que são colocados em estruturas normalmente chamadas de mangas. Os coletores de pano usam filtragem para separar a matéria particulada de pó do fluxo de ar.



desempenho é melhor em um filtro com um pouco de material acumulado do que em um filtro novo.

- B. A quantidade de fluxo de ar depende da permeabilidade do meio de filtração, da quantidade de pó no fluxo de ar, da quantidade de acúmulo antes da limpeza do filtro e da potência do fluxo reverso de limpeza.
- C. Quanto mais permeável for o tecido do filtro, menor será a eficiência da sua coleta, com ou sem acúmulo de pó.

Os coletores podem ser elaborados para “fluxo superior” – em que o ar sujo passa pelo coletor, com o ar limpo saindo dos filtros na parte superior do coletor – ou para “fluxo inferior” – com o ar sujo entrando na parte superior e passando pelo coletor, com o ar limpo saindo pelo fundo. O modelo de fluxo inferior opera a favor da ação de limpeza e geralmente é mais eficiente.

Limpeza do Filtro

A limpeza do filtro de manga pode ser feita sob demanda – quando o filtro está completamente cheio, conforme determinado por uma queda de pressão especificada acerca do meio de filtração. A limpeza automatizada pode ser feita como o sistema desativado – quando o coletor está desligado – ou ativado – que permite uma operação de coleta ininterrupta.

Os três métodos comuns de limpeza são:

A. Choque mecânico.

Com o choque mecânico, o ar passa de dentro para fora do saco, com o pó capturado dentro do saco. Os sacos são limpos balançando a barra de montagem superior, de onde o saco é suspenso. Isso é realizado com o sistema desativado: o sistema precisa ser suspenso para limpeza.

B. Fluxo reverso de ar.

Com sistemas reversos de ar, os sacos são ajustados no fundo. O ar passa pelo saco de dentro, com o material sendo coletado dentro. Os sacos são limpos injetando ar limpo no coletor de pó, em uma direção reversa, para que o saco tenha colapsos parciais, fazendo o bolo de pó bater na lateral do saco e cair no fundo. O sistema

precisa ser desligado para limpeza.

C. Jato reverso.

Os sistemas de jato reverso proporcionam limpeza com o sistema ativado. Com o sistema de jato reverso, os sacos de filtração são ajustados na parte superior da manga e suspensos por gaiolas de metal. O ar sujo segue de fora para dentro dos sacos, deixando o pó do lado de fora do saco. O ar limpo passa pelo saco e sai no topo da gaiola (**Figura 20.7**). Os sacos são limpos descarregando um jato de ar comprimido em sua parte superior. O lavador venturi no topo do saco acelera o ar comprimido. Como a duração do jato de ar comprimido é curta (normalmente um décimo de segundo), ele age como bolhas de movimento rápido, que passam pela lateral do saco e quebram o bolo de pó, que cai no compartimento de coleta (**Figura 20.8**).

Os sistemas de jato reverso oferecem uma limpeza mais completa que os modelos de limpeza por choque ou ar reverso. A característica de limpeza contínua permite que eles operem em uma razão ar-meio mais alta; assim, a eficiência de limpeza é maior, e as exigências de espaço são menores que de outros modelos.

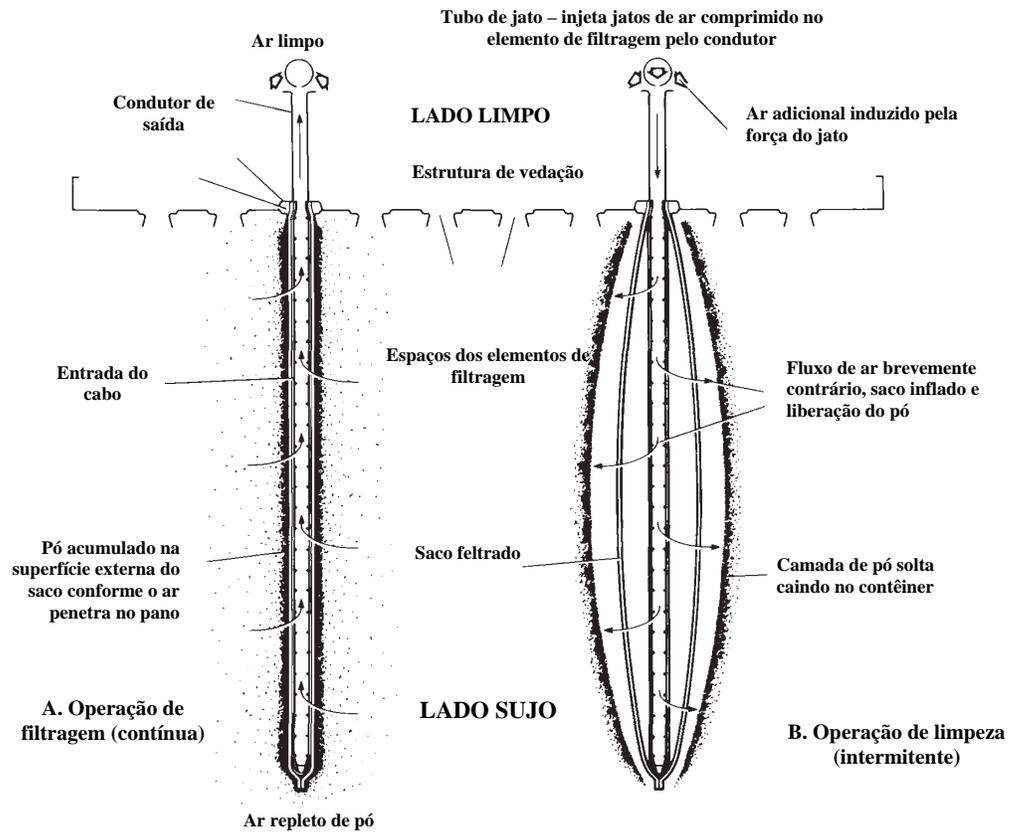
Um sistema de coleta com filtros de manga de pano pode ser até 99% eficaz na remoção de emissões respiráveis de pó. Os sacos de filtração são relativamente baratos em comparação com outros métodos, e o vasto número de fabricantes no mercado garante competitividade de oferta. As desvantagens desses sistemas incluem problemas em aplicações acima de 260°C (500°F) ou em condições de alta umidade. Alguns sistemas requerem entrada para a manga para substituição dos sacos de filtração, com exposição da equipe a um espaço confinado – com a preocupação de altos níveis de pó e a possibilidade de uma faísca provocar uma explosão.

Ventiladores e Motores

O sistema de ventilador e motor fornece energia mecânica para mover o ar contaminado de uma fonte geradora de pó através de um coletor de pó. Os ventiladores centrífugos e de fluxo axial são os dois principais tipos de ventiladores industriais usados para mover o ar pelos sistemas de coleta de pó.

Figura 20.7

Com o sistema de jato reverso, os sacos de filtragem são ajustados no alto da manga e suportados por gaiolas de metal. O ar sujo segue de fora para dentro dos sacos, deixando o pó do lado de fora do saco. O ar limpo passa pelo saco e sai por cima da gaiola.



Esses ventiladores são conduzidos por motores elétricos. Há motores abertos e totalmente isolados disponíveis nos modelos à prova de ignição e verificados quanto a risco, para proteção contra riscos de incêndio em ambientes carregados por pó potencialmente perigoso.

Os fornecedores dos sistemas de coleta de pó terão recomendações para tipos e tamanhos de motor e ventilador.

SISTEMA CENTRAL, DE UNIDADE E REMOVÍVEL

Sistemas Centrais

O método central de tratamento de coleta de pó a partir do ar de um sistema de transporte deveria conectar todos os pontos de coleta individuais por meio de dutos a um único coletor de pó, que seria instalado em um único local afastado (**Figura 20.9**). Esse coletor conteria ventiladores, filtros e um compartimento de coleta. O sistema de filtragem trataria todo o pó extraído do sistema de transporte inteiro, coletando-o para descarte ou devolvendo-o ao transportador ou ao processo em um ponto conveniente.

Os sistemas centrais são particularmente adequados quando o processo apresenta todos os pontos de geração de pó operando ao mesmo tempo e/ou são desejáveis para processar todo o pó em um lugar. Eles também são úteis quando há um espaço limitado perto dos transportadores para o equipamento de processamento e de coleta de pó ou onde o risco de explosão requer que o coletor de pó seja posicionado a uma distância segura. Em alguns processos, é melhor remover as partículas finas do fluxo principal de material. Os coletores centrais de pó podem ser

Figura 20.8

Os sistemas de jato reverso proporcionam limpeza com sistema desligado. Com a limpeza de jato reverso, os filtros são limpos, descarregando um jato de ar comprimido nos sacos na parte superior. Esse ar passa pela lateral do saco e quebra o bolo de pó, que cai no compartimento de coleta.



preferidos no tratamento de pó quente, pois sua temperatura pode ser reduzida conforme o pó percorre o coletor central ou pela adição de “ar fresco” no fluxo.

As desvantagens do sistema central de coleta de pó são suas exigências para engenharia mais complexa e sistemas compridos de dutos. Como os pontos de coleta de pó devem operar ao mesmo tempo, o método central pode apresentar custos mais altos de operação. A necessidade de reparo de qualquer componente requer que o sistema inteiro seja desligado. O motor do ventilador para um coletor central pode ser muito grande, devido ao aumento na pressão estática e às perdas da rede de dutos conforme o sistema aumenta. O pó coletado precisará de outro sistema de tratamento de material, que, se não tiver tamanho e operação adequados, pode, por sua vez, gerar seus próprios problemas de pó.

Sistemas de Unidade

Os sistemas de unidade consistem-se em pequenos coletores internos de pó aplicados em pontos de geração de pó individuais ou convenientemente agrupados (**Figura 20.10**). As unidades de coleta são localizadas próximo ao maquinário do processo a que elas servem, reduzindo a necessidade de dutos. Normalmente, esses sistemas de unidade de coleta de pó empregam filtros de pano para pó fino, com coletores “ciclone” usados para aplicações de pó grosso.

Os sistemas de unidade são beneficiados pela redução de dutos e pela diminuição resultante de custos de projeção e instalação. Esses sistemas oferecem gastos de operação

reduzidos, pois algumas das unidades podem precisar funcionar intermitentemente. Cada unidade pode ser reparada independentemente, sem a necessidade de desligar o sistema inteiro de coleta de pó.

O método de unidade requer espaço adjacente a cada fonte de pó. O descarte de pó de cada coletor de unidade pode exigir outros mecanismos de tratamento de pó.

As vantagens dos coletores de unidade incluem pouca necessidade de espaço, retorno do pó coletado para o fluxo principal de material e baixo custo inicial. No entanto, sua capacidade individual de retenção de pó, serviços de reparo e os períodos de manutenção são sacrificados para conseguir esse espaço pequeno.

Coletores Removíveis

Uma extensão do conceito de unidade é o sistema removível, no qual o sistema de

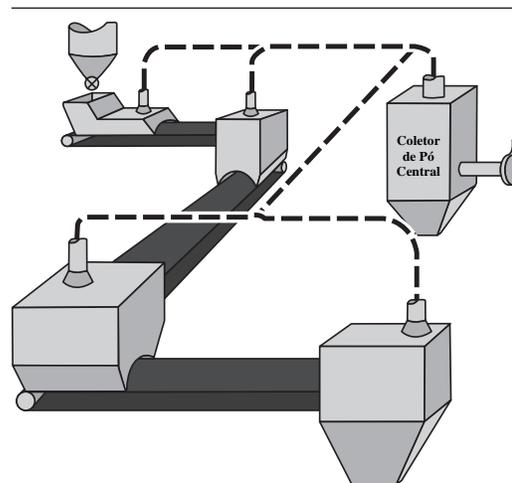


Figura 20.9

Um sistema central de coleta de pó usa um único sistema de coleta (manga) para remover o pó de uma série de pontos diferentes de operações na fábrica.

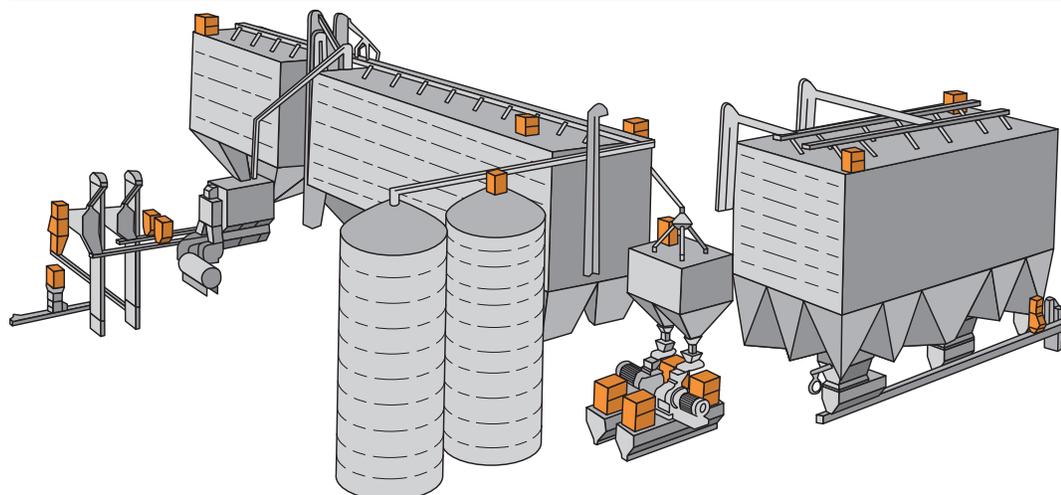


Figura 20.10

O sistema de unidade coloca coletores de pó menores próximo a pontos de geração de pó individuais ou convenientemente agrupados. (Obs.: Os coletores de pó são mostrados em laranja.)

coleta de pó é incorporado ao próprio ponto de geração de pó (**Figura 20.11**). O filtro é construído no isolamento em torno do ponto de geração de pó, com o objetivo de controlar o pó na sua fonte. O pó não é “extraído”; ele é coletado e periodicamente descarregado no fluxo de materiais dentro do isolamento.

Os coletores de pó removíveis controlam a contaminação na fonte. Instalados acima dos pontos de transferência ou em outras fontes de pó, eles são pequenos e de coleta interna, consistindo em um ventilador e uma forma de filtro de pó (**Figura 20.12**). Esses

Figura 20.11

Os sistemas inseríveis colocam coletores de pó removíveis dentro do equipamento de geração de pó, como os pontos de transferência do transportador.



Figura 20.12

Os coletores de pó inseríveis controlam a contaminação na sua fonte. Instalados acima dos pontos de transferência ou em outras fontes de pó, eles são pequenos e de coleta interna, consistindo em um ventilador e uma forma de filtro de pó.



Figura 20.13

Os coletores inseríveis são adequados para operações de geração de pó portáteis, isoladas ou individuais, como silos, pontos de transferência ou transportadores móveis.



coletores podem usar a pressão positiva do ar transportado, ou eles podem ser carregados pelo ventilador. Os sistemas são elaborados para permitir que os cartuchos ou envelopes de filtragem sejam distribuídos vertical, horizontalmente ou em qualquer ângulo. Os coletores removíveis eliminam dutos, reduzindo os custos de instalação, bem como custos de energia durante a operação. Eles são adequados para operações portáteis, isoladas ou individuais de geração de pó, como silos, pontos de transferência ou transportadores móveis (**Figura 20.13**).

Uma vantagem principal desse sistema é a eliminação da rede de dutos. O sistema inserível muitas vezes é mais econômico que o sistema centralizado ou de unidade, a menos que haja muitos pontos próximos que requeiram controle de pó. Como a pressão estática é muito baixa e não há perdas na pressão devido à rede de dutos, o motor do ventilador normalmente é menor que em outros sistemas. O sistema removível operará apenas quando necessário – quando a peça do equipamento sobre a qual ele é instalado estiver operando –, reduzindo as exigências de energia. O pó é devolvido ao processo no ponto da geração, não sendo necessário, portanto, um sistema separado de descarte e tratamento de pó.

As desvantagens do sistema removível incluem o uso de ar comprimido para limpar o filtro. Os sistemas de ar comprimido em muitas fábricas já estão operando a uma capacidade, de forma que a adição de um sistema de limpeza de jato reverso no padrão do sistema pode sobrecarregar o sistema de ar da fábrica. Além disso, o uso de ar comprimido para devolver o pó à sua fonte pode causar a fuga de um bolo de pó das áreas de entrada ou saída do sistema.

TAMANHO E LOCALIZAÇÃO

Material de Filtragem e Tamanho

Após especificar um estilo de sistema de coleta de pó, a próxima etapa é selecionar o material para o meio de filtragem. Selecionar um meio de filtragem de tamanho e material correto é uma função crucial. Avanços no desenho de filtragem permitem que o projetista especifique o material e o estilo apropriado para uma aplicação com base nas especificações do pó a ser coletado. Por exemplo, se o pó coletado está a uma temperatura próxima ao

limite de um filtro padrão, pode ser escolhido um meio de alta temperatura. Com materiais combustíveis, deve ser usado um meio de filtragem antiestático.

Muitos fabricantes de filtros publicam listas de relação ar-tecido para seus vários produtos. A relação ar-tecido é definida como o fluxo de ar em metros cúbicos por segundo (ft^3/min), dividido pela área do meio de filtragem em metros quadrados (ft^2). A relação ar-tecido adequado depende do tipo e da concentração de pó e do tipo de meio de filtragem. Essas listas devem servir como diretrizes, sendo modificadas por variáveis como tamanho da partícula de pó, temperatura do processo e presença de umidade. O representante do fornecedor de sistemas pode oferecer informações detalhadas de aplicação.

A maioria dos meios de filtragem requer um bolo de pó na sua superfície para atingir a eficiência de coleta desejada. Muitas pessoas pensam que, quanto mais limpos os sacos, mais baixa a emissão. Isso não é verdadeiro: limpar excessivamente os sacos de pó diminuirá o benefício do bolo de pó no filtro e, portanto, reduzirá a eficiência da operação.

Os fabricantes de coletores de pó normalmente oferecem uma opção valiosa em um controle Delta P (ΔP), um dispositivo que “pulsa” automaticamente a manga para limpar os filtros que a pressão diferencial – a diferença entre o lado limpo e o lado sujo do filtro – aumenta acima do valor recomendado.

Tamanho e Localização das Captações de Pó

Um antigo dito popular diz: “As três coisas mais importantes para um negócio rentável são local, local e local”. A mesma verdade se aplica à coleta de pó: o elemento mais crucial na elaboração de um sistema de coleta de pó é a localização dos pontos de pó.

É importante que os resíduos de material tenham uma chance de se assentar, seja por conta própria, ou seja com a adição de um sistema de supressão de pó, antes que os pontos de coleta de pó sejam alcançados. Caso contrário, será desperdiçada energia com a remoção de pó que terá se assentado sozinho rapidamente, e o sistema de supressão de pó será maior e mais caro do que o necessário. A localização deve ser escolhida para minimizar a

captura de partículas grossas, que se assentam rapidamente, e, em vez disso, capturar apenas pó fino.

Para os pontos de transferência, normalmente são necessários vários pontos de foco de coleta de pó (**Figura 20.14**). O ponto de foco principal de coleta de pó é posicionado aproximadamente a duas vezes a largura da correia após o ponto de carga, para coletar três quartos do volume de ar em movimento. Muitas vezes, um ponto de foco de coleta de pó é localizado na área de entrada da correia do ponto de transferência (na caixa traseira e exatamente antes da área de carga). Esse ponto de pó deve tomar aproximadamente um quarto do movimento do ar total calculado (**Figura 20.15**).

O Tamanho de um Sistema de Coleta

O livro da Conferência Americana de Higiênistas Industriais do Governo (American Conference of Governmental Industrial Hygienists), *Industrial Ventilation*, é uma fonte bastante utilizada para informações sobre sistemas de controle de pó. Originalmente publicado em 1951, esse livro oferece cálculos padrão para muitas situações de controle de pó, inclusive pontos de transferência do transportador. No entanto, embora as especificações fornecidas no *Industrial Ventilations* possam demonstrar utilidade em algumas circunstâncias, esse volume não deve ser considerado como referência para sistemas de transporte. Experiências têm mostrado que muitos dos dados do *Industrial Ventilations* não são mais apropriados para pontos de transferência. Fornecedores de referência que possuem experiências práticas em projeção, instalação e manutenção de sistemas de coleta de pó para transportadores com correias têm desenvolvido métodos novos e mais sofisticados de medir e posicionar sistemas de coleta de pó.

PANES

Panes nos Sistemas de Coleta de Pó

Sistemas de coleta secos para limpar o ar carregado de pó funcionam bem em ambientes quentes e frios. Esses sistemas de pó, independentemente da seleção de um sistema de coleta central, de unidade ou removível, podem exigir uma quantidade grande de espaço para equipamentos e rede de dutos, tornando sua instalação cara. Os custos de operação e

manutenção são multiplicados conforme o tamanho do sistema aumenta. Mudanças ou alterações necessárias após o início do uso do sistema podem ser difíceis de implantar sem a modificação do sistema inteiro. Mesmo a substituição do saco de filtragem pode ser cara e consumir tempo. Um vazamento em um saco de filtragem pode afetar a eficiência do coletor inteiro; pode ser difícil identificar e substituir o filtro com vazamento. Se o pó coletado deve ser devolvido ao fluxo de material, deve-se tomar cuidado para impedir que o pó entre novamente no ar, demandando coleta no próximo ponto de foco.

Talvez o maior problema na medição de um coletor de pó seja a variação nas propriedades e quantidade de material a granel sendo transportado. O sistema de coleta de pó deve ser elaborado e operado para as piores condições, mesmo que se espere que essas condições ocorram apenas em ocasiões raras.

Tratamento dos Materiais Coletados

A exigência final em qualquer sistema de controle de pó é o fornecimento de um

mecanismo para eliminar o pó após sua coleta. As etapas que devem ser consideradas incluem a remoção do pó do coletor, a condução do pó, seu armazenamento e seu tratamento para reúso ou descarte.

O tratamento do material coletado pode ser um problema, particularmente se o material precisar ser devolvido ao processo. Deve-se ter cuidado para evitar que o processo seja afetado através da introdução de uma sobrecarga de partículas finas em um ponto. Além disso, o pó coletado deve ser devolvido ao corpo principal do material de forma que evite a reenergização do pó, senão ele precisaria ser coletado novamente no próximo ponto de foco. Como as partículas de pó coletadas são suficientemente pequenas para se espalhar no ar novamente, elas muitas vezes estão sujeitas a um processo extra de combinação. O pó coletado pode ser colocado em um misturador, um moedor ou um equipamento de pelota antes de ser reintroduzido ao sistema geral de tratamento de material. Em algumas indústrias, o pó coletado não pode ser reintroduzido ao processo e, portanto, deve ser enviado a uma vala ou de alguma outra forma despejado como lixo.

Figura 20.14

Muitos pontos de transferência requerem mais de um local de foco de pó, com o foco principal posicionado aproximadamente a dois terços da largura da correia após o ponto de carga.

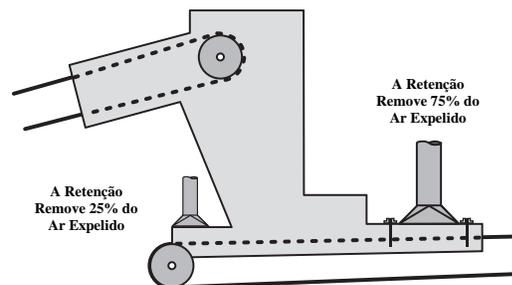
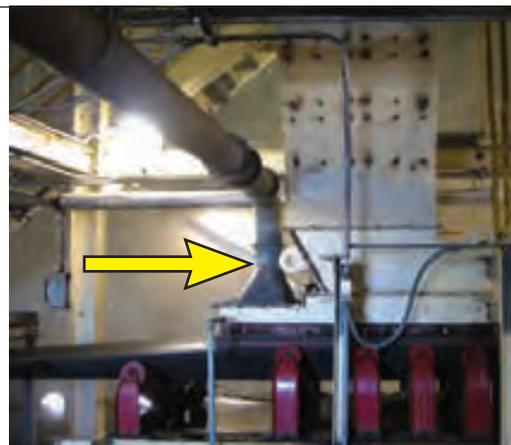


Figura 20.15

Uma retenção secundária de pó é localizada na área de entrada da correia do ponto de transferência (na caixa de vedação traseira e exatamente antes da área de carga).



MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Devem ser feitas consultas com os fornecedores de sistemas de controle de pó para determinar os procedimentos e intervalos de reparo necessários para manter a operação eficaz.

É importante que os sistemas de controle de pó sejam elaborados para permitir acesso adequado ao isolamento e para permitir inspeção e reparos dos sacos de filtragem e de outros componentes.

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

A. Coletor de pó.

O ponto de transferência do transportador será equipado com um sistema de coleta de pó para capturar partículas espalhadas no ar e devolvê-las ao corpo principal do material sem o uso de outros equipamentos de tratamento de pó.

B. Local do ponto de transferência.

Esse coletor de pó será instalado dentro do isolamento do ponto de transferência, para que ele possa operar sem dutos ou ventiladores de alta potência que seriam necessários para mover o ar carregado de pó para a manga central.

C. Ventilador integral

O ventilador integral do coletor de pó puxará o ar repleto de pó através de seus elementos de filtração dentro do isolamento.

D. Bolsas de filtração.

O sistema de coleta de pó incorporará uma série de sacos de filtração no formato de envelopes, montados com uma armação de cabos, para um fluxo de ar ideal e uma limpeza completa. Esse sistema de filtração captará 99% de todas as partículas maiores que um micrão. Os filtros devem ser utilizáveis do lado de ar limpo da unidade coletora.

E. Limpeza de jato reverso.

A limpeza periódica dos filtros será realizada com um jato reverso automático de ar comprimido nos sacos de filtração. Isso criará uma reversão momentânea do fluxo de ar, inflando o elemento do filtro para desprender o pó acumulado. O bolo coletado do filtro será devolvido para o fluxo principal de material.

F. Portas de acesso.

Uma porta de acesso removível permitirá o

acesso à câmara de ar limpo.

G. Medidas de segurança.

Para minimizar o risco de explosão ou incêndio, deverão ser utilizados um ventilador sem faíscas com um motor indicado para o teor de perigo apropriado, filtros de pó aterrados e arames de aço inoxidável dentro do compartimento de coleta de pó com qualquer sistema de coleta de pó.

APLICAÇÃO TÍPICA DE COLETA DE PÓ

Uma correia em uma usina de concreto está sendo prejudicada com excesso de quantidade de pó escapando do chute de transferência. A calha-guia é bem construída, mas não pode ser expandida de forma nenhuma.

Material Cimento

Ponto de Transf. . Bom, mas sem possibilidade de expansão

Fluxo de Ar 0,75 m³/s (1600 ft³/min)

Método de Coleta Coletor Removível

Essa é uma boa aplicação para um coletor de pó removível. Há um problema de pó. O ponto de transferência já está estabelecido, mas não pode ser expandido para usar controle passivo de pó. O fluxo de ar é muito grande para usar um saco de filtração passiva.

O coletor removível colocará o pó coletado de volta no transportador como pedras



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Conforme observado neste livro, há riscos significativos de incêndio e explosão em qualquer área isolada, como dentro de um coletor de pó, onde a matéria particulada espalhada no ar pode se concentrar. (*Consultar Capítulo 17: Panorama de Controle de Pó.*)

Deve ser observado que muitos sistemas de coleta de pó constituem espaços isolados que requerem procedimentos e permissões de entrada ao espaço confinado. As precauções correspondentes devem ser tomadas ao delegar à equipe a inspeção ou manutenção dos filtros ou de outros componentes.

maiores, eliminando a necessidade de uma operação secundária para tratar o pó coletado. O coletor removível também manterá a carga relativamente valiosa na correia transportadora.

O coletor removível seria instalado no ponto de transferência da correia transportadora perto da saída do chute de transferência. Ele puxaria o excesso de ar e pó através de uma série de filtros. Em intervalos regulares, o ar seria pulsado através dos filtros, e as partículas de pó, agora aglomeradas, cairiam de volta sobre o transportador.

TÓPICOS AVANÇADOS

Seleção de Aplicação de um Sistema Coletor de Pó Removível

Um coletor removível é uma peça de coleta interna do equipamento de coleta de pó. Para medir o tamanho adequado de um, é necessário conhecer o fluxo total de ar, a inflamabilidade do material e as restrições básicas de tamanho da área na parte superior do chute de transferência. O projetista também precisa saber a relação ar-tecido e o coletor a ser considerado. Esse valor pode ser obtido a partir do fabricante do coletor e normalmente é baseado no material transportado.

A seguir, há dois exemplos demonstrando o processo necessário para selecionar um coletor removível e o efeito da relação ar-tecido sobre essa seleção:

A. Chute de carvão antracito.

Dados: Um chute de carvão antracito gera 50 metros cúbicos por minuto ($1.750 \text{ ft}^3/\text{min}$) de ar; o coletor requer uma relação ar-tecido de 2,75 metros por minuto ($9 \text{ ft}/\text{min}$) para esse carvão.

Encontrar: Os requisitos básicos de um coletor de pó removível.

Solução: Para encontrar a área total do meio de filtragem necessário, deve-se dividir o fluxo de ar pela relação ar-tecido; deve-se considerar a inflamabilidade do material.

Dado que esse material é carvão, essa aplicação exigiria um coletor de pó inserível que fosse indicado para o teor de risco adequado.

Resposta: Essa aplicação precisaria de um coletor de pó removível que puxasse 50 metros cúbicos por minuto ($1.750 \text{ ft}^3/\text{min}$), tivesse 18 metros quadrados (194 ft^2) de meio de filtragem e fosse indicado para o grau de risco adequado.

B. Chute de carvão sub-betuminoso.

Dados: Um chute de carvão sub-betuminoso gera 50 metros cúbicos por minuto ($1.750 \text{ ft}^3/\text{min}$) de ar; o coletor requer uma relação ar-tecido de 2,1 metros por minuto ($7 \text{ ft}/\text{min}$) para esse carvão.

Encontrar: Os requisitos básicos de um coletor de pó inserível.

Solução: Para encontrar a área total do meio de filtragem necessário, deve-se dividir o fluxo de ar pela relação ar-tecido; deve-se considerar o combustibilidade do material.

Dado que esse material é carvão, essa aplicação exigiria um coletor de pó inserível que fosse indicado para o grau de risco adequado.

Resposta: Essa aplicação precisaria de um coletor de pó removível que puxasse 50 metros cúbicos por minuto ($1.750 \text{ ft}^3/\text{min}$), tivesse 24 metros quadrados (250 ft^2) de meio de filtragem e fosse indicado para o teor de risco adequado.

Os 24 metros quadrados (250 ft^2) da unidade do coletor de pó inserível serão substancialmente maior do que o coletor no exemplo anterior; assim, o compartimento físico - a área acima do chute de transferência - deve ser verificado.

Velocidade do Ar e Controle de Pó

Entender e controlar a velocidade do ar - velocidade de retenção, velocidade de captura e velocidade de transporte - influenciará consideravelmente a quantidade de pó que se espalha no ar.

Velocidade de Retenção

A velocidade de retenção de um material é a velocidade do ar necessário para erguer a partícula de pó de uma posição de descanso ao fluxo de ar. A velocidade de retenção para um material depende do tamanho e do teor de umidade das suas partículas finas. A velocidade de retenção para a maioria dos materiais está

na faixa de 1 a 1,25 metros por segundo (200 a 250 ft/min), com as partículas menores e mais secas mais próximas do limite baixo da faixa de velocidade e as partículas maiores e mais úmidas mais próximas do limite alto.

Velocidade de Captura

Uma vez que a partícula de pó esteja suspensa no ar, a quantidade de velocidade de ar necessária para coletar as partículas de pó em movimento dentro do sistema de coleta de pó é chamada de velocidade de captura. A velocidade de captura depende da distância de localização da partícula de pó em relação ao dispositivo de captura (retenção) e do tamanho e teor de umidade da partícula de pó. Os compartimentos de coleta elaborados mais adequadamente exigem que a velocidade de captura esteja na faixa de 1 a 3,5 metros por segundo (200 a 700 ft/min), com as velocidades mais altas de captura para as partículas de pó maiores e mais pesadas, e as velocidades de captura mais baixas para partículas de pó mais leves, com menos umidade.

Há uma fórmula simples para determinar a velocidade de captura das partículas de pó com base em sua densidade e diâmetro (**Equação 20.1**).

É possível calcular a velocidade de saída do ar à partir de um determinado ponto de transferência e, então, operar de volta para calcular o tamanho das partículas que cairiam no fluxo de ar antes que elas deixasse o ponto de transferência.

Velocidade de Transporte

A velocidade de transporte é a velocidade do ar necessária para manter uma partícula de pó espalhada no ar em suspensão nos dutos que transportam pó para o coletor de pó. Essas velocidades de transporte são baseadas no tamanho da partícula de pó (**Tabela 20.1**).

COLETA DE PÓ: UMA PEÇA DO QUEBRA-CABEÇA

Finalizando...

Este capítulo apresentou apenas um panorama das capacidades e considerações dos equipamentos de controle e coleta de pó. Seria aconselhável consultar os fornecedores especializados nesses equipamentos para

receber recomendações específicas.

Embora sejam contribuições valiosas aos sistemas de tratamento de material, os sistemas coletores de pó são apenas uma peça do quebra-cabeça do controle de pó. Quanto mais um ponto de transferência é bem-sucedido em minimizar a quantidade de ar induzido e em carregar a carga na direção e na velocidade da correia, menos pó no ar será gerado. Quanto mais bem sucedido o isolamento e a vedação de um ponto de transferência ou um transportador forem, menos pó fugitivo será liberado. Quanto mais bem-sucedidos um sistema de supressão de pó for, menos pó estará presente no ar para ser coletado. A aplicação bem-sucedida dos princípios de isolamento e supressão serve para minimizar o tamanho necessário de um sistema coletor de pó – e reduzir o desgaste e o risco de sobrecarga naquele sistema. Uma pirâmide composta pelos três sistemas – isolamento, supressão e coleta – permite que uma usina tenha sucesso em controlar a quantidade de pó liberada no ambiente.

Muitos projetos de controle de pó têm produzido resultados menos que esperados quando o equipamento é mal aplicado, ou quando são utilizadas regras simples para sistemas de medição. Seleção, instalação e manutenção bem-sucedidas de sistemas de controle de pó requerem conhecimento especializado, que esteja disponível por fornecedores de equipamentos ou seus representantes autorizados.

A Seguir...

Este capítulo sobre Coleta de Pó é o quarto e último capítulo na seção sobre Controle de Pó. Com o capítulo seguinte começa a seção sobre Conceitos de Vanguarda com uma discussão sobre Transportadores de Precisos, Seguros e Produtivos, desde seu Projeto, seguido por Chutes de Fluxo Projetados no Capítulo 22 e Transportadores Sustentados por Ar no Capítulo 23. Os capítulos 24 e 25 focarão Sistemas de Lavagem de Correia e Ciência de Materiais.

Equation 20.1

Velocidade de captura das partículas de pó

$v_t = k \rho_s D^2$			
Dados: Uma partícula que possui 0,006 metros (0,020 ft) de diâmetro e uma densidade de partícula de 800 quilogramas por metros cúbicos (50 lb _m /ft ³). Encontrar: A velocidade de captura da partícula.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
v_t	Velocidade de Captura de uma Partícula em Queda no Ar	metros por segundo	pés por segundo
k	Fator de Conversão	3,187 X 10 ³	15,6 X 10 ³
ρ_s	Densidade da Partícula	800 kg/m ³	50 lb _m /ft ³
D	Diâmetro da Partícula	0,006 m	0,02 ft
Métrico: $v_t = 3,187 \times 10^3 \times 800 \times 0,006^2 = 91,8$			
Imperial: $v_t = 15,6 \times 10^3 \times 50 \times 0,02^2 = 312$			
v_t	Velocidade de Captura de uma Partícula em Queda no Ar	91,8 m/s	312 ft/s

Tabela 20.1

Velocidades de Transporte de Pó com Base no Tamanho de Partículas de Pó		
Material	Métrico	Imperial
Pós Finos Leves (farinha, PRB, carvão)	10 m/s	2,000 ft/min
Pós Finos Secos (areia, cimento)	15 m/s	3,000 ft/min
Pó Industrial Médio	18 m/s	3,500 ft/min
Pó Grosso (pó de escavação)	20 a 23 m/s	4,000 a 4,500 ft/min
Pó Úmido ou Pesado (carvão subterrâneo)	23 m/s e mais	4,500 ft/min e mais

REFERÊNCIAS

- 20.1 dustcollectorexports.com oferece um tutorial útil e detalhado sobre vários sistemas de coleção de pó. Esse site sem fins lucrativos fornece informações de base e links para uma série de fornecedores de equipamentos de coleção de pó.
- 20.2 Mody, Vinit and Jakhete, Raj. (1988). *Dust Control Handbook (Pollution Technology Review No. 161)*, ISBN-10: 0815511825/ISBN-13: 978-0815511823. Park Ridge, New Jersey: Noyes Data Corporation.

Seção 5

CONCEITOS DE VANGUARDA

• Capítulo 21	340
TRANSPORTADORES PRECISOS, SEGUROS E PRODUTIVOS DESDE SEU PROJETO	
• Capítulo 22	348
CHUTES DE FLUXO PROJETADOS	
• Capítulo 23	364
TRANSPORTADORES A AR	
• Capítulo 24	376
SISTEMAS DE LAVAGEM DE CORREIA	
• Capítulo 25	398
CIÊNCIA DE MATERIAIS	

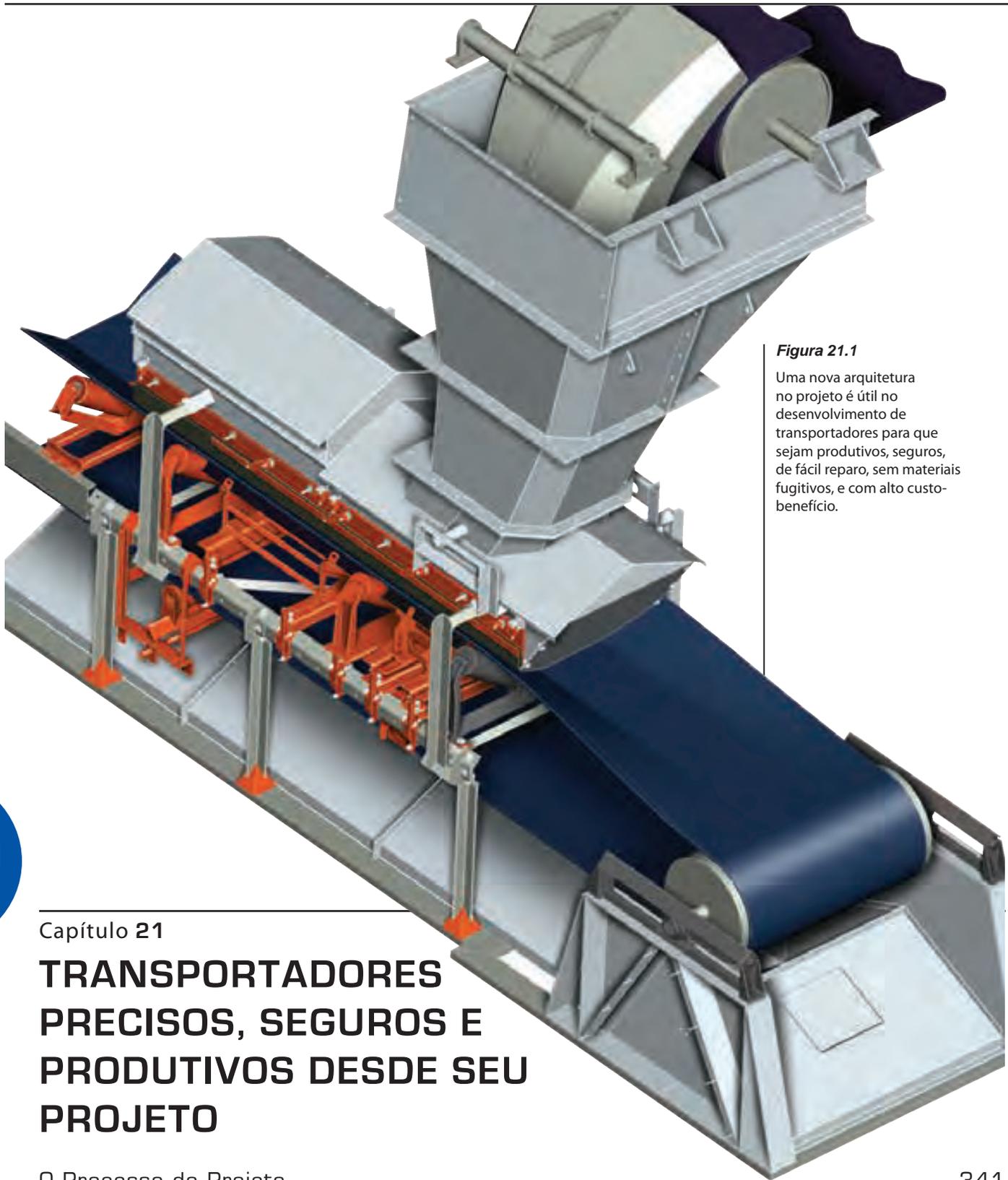


Figura 21.1

Uma nova arquitetura no projeto é útil no desenvolvimento de transportadores para que sejam produtivos, seguros, de fácil reparo, sem materiais fugitivos, e com alto custo-benefício.

21

Capítulo 21

TRANSPORTADORES PRECISOS, SEGUROS E PRODUTIVOS DESDE SEU PROJETO

O Processo do Projeto	341
Projeto Seguro	342
Projeto Limpo	343
Projeto Produtivo	346
Uma Nova Arquitetura	347

Neste Capítulo...

Neste capítulo, a arquitetura tradicional do projeto dos transportadores – 1: capacidade; 2: respeito a regras incluindo segurança; e 3: preço baixo – é questionada. Uma nova arquitetura de projeto, com transportadores que não somente possuam capacidade e respeitem regulamentos, mas também sejam limpos (controle de materiais fugitivos); seguros (de fácil manuseio); e produtivos (custo-benefício e com possibilidade de melhorias); Essa é nossa proposta (**Figura 21.1**).

Desde a invenção da correia transportadora, houveram mudanças substanciais em regras de segurança, proteção ambiental, padrões de construção e capacidade de transporte exigidos desses sistemas. Infelizmente, os detalhes de projeto e fabricação de correias transportadoras ainda são regidos por “regras de aproximação” e métodos de projeto que foram transmitidos de uma geração de projetistas para a seguinte. Apesar dos avanços na informática para predefinir ações, carcaças sintéticas para correias e melhores tecnologias de controle, os sistemas de transporte ainda são projetados como há 50 anos.

A maioria dos contratos de projetos de construção e engenharia são fechados em função de preço. A prática atual dos fornecedores é dar um lance com base no preço por quilograma de fabricação, com tempo mínimo de projeto, a fim de serem competitivos no sistema de baixa oferta. Devido a essas pressões competitivas, é uma prática comum os fornecedores basearem uma proposta em especificações, esboços e projetos que tenham sido implementados previamente em um sistema similar. Lamentavelmente, para os proprietários, operadores e mecânicos dos transportadores, essa prática normalmente resulta em um projeto de 50 anos de idade, a preços bastante atuais. Se o sistema foi projetado com uma visão ultrapassada, é provável que ele não consiga atender às expectativas atuais.

Esse capítulo demonstra como projetar componentes e partes importantes de transportadores de maneira a deixar precisos, seguros e produtivos os sistemas de transporte de materiais a granel.

O PROCESSO DO PROJETO

Como dito por George E. Dieter, “projetar é se engajar em alguma coisa nova ou organizar coisas já existentes de forma a satisfazer uma reconhecida necessidade da sociedade” (*Referência 21.1*). Projeto é tanto arte quanto ciência. O processo do projeto de cada companhia difere, mas em geral inclui:

- A. Definição de problema.
- B. Reunião de informações.
- C. Geração de conceito e avaliação.
- D. Modelagem e simulações.
- E. Seleção de materiais.
- F. Revisão de risco, confiabilidade e segurança.
- G. Avaliação de custos.
- H. Desenho detalhado.
- I. Divulgação do projeto.

Os pormenores desse processo não serão discutidos em detalhes aqui, mas é importante notar que o processo começa com a identificação de uma necessidade e a definição do problema. Esse primeiro passo, apesar de importante, tem geralmente uma visão genérica. Com base em como o estatuto do problema é definido, o resultado final pode diferenciar notoriamente.

A proposta de um sistema de correia transportadora é encontrar um meio de movimentar um ou mais materiais em grande quantidade de um ponto a outro. O sistema de correia transportadora pode ser quebrado em várias seções ou zonas, com o detalhe e o projeto dessas seções sendo examinados de novos e distintos pontos de vista. Uma definição de problema tradicional seria como transportar um material de tipo, tamanho e quantidade específicos do ponto A ao ponto B. Se os requisitos forem expandidos para incluir considerações sobre segurança e minimização de escape e acúmulo de materiais fugitivos, então, todo o sistema transportador é visto de uma perspectiva diferente. Quando fatores adicionais – tais como facilidade de instalação, manutenção e limpeza; padronização de componentes; e criação de um projeto de custo efetivo e atualizável – estão inclusos, um sistema de correia transportadora projetado sob esses critérios é bem diferente do típico sistema transportador feito hoje.

Para começar a mudar para projetos mais novos e modernos – projetos onde precisão, segurança e facilidade de reparo também sejam incluídos em suas considerações iniciais–, uma nova e mais compreensível visão de como grandes quantidades de materiais são trabalhados deve ser investigada.

PROJETO SEGURO

Os colaboradores são o recurso mais importante de qualquer mina ou operação industrial; por essa razão, engenheiros e projetistas deveriam incorporar funcionalidade nos projetos para melhorar a segurança. Enquanto os projetos vêm mudando pouco, o ambiente de trabalho tem mudado significativamente. Restrições além de levantamento, requerimentos para desligar/ bloquear/ sinalizar, regulação de acesso a áreas restritas, uma série de outros procedimentos de segurança têm sido estabelecidos. Ao mesmo tempo, há uma pressão crescente por produção contínua e sempre evolutiva.

Aplicar princípios de projeto para ajudar a garantir segurança ao trabalhador deveria envolver o uso de grades de proteção e a implementação de novos modelos que devem promover a facilidade de limpeza ao redor do transportador e a troca de equipamentos, além de treinamento de funcionários para maior consciência em qualificação adequada e regras de segurança.

Grades de Proteção

Para proteger melhor as pessoas de ficarem em contato direto com componentes do transportador, uma opção é instalar grades de proteção em torno de todo o transportador (**Figura 21.2**). Essas grades de proteção devem ser instaladas em volta de todas as localizações, ponto de pressão e em qualquer lugar onde o pessoal possa estar em contato com partes móveis. Grades de proteção

devem ser projetadas para fácil instalação e remoção, a fim de permitir à equipe de serviço autorizado realizar funções solicitadas segura e eficientemente e para garantir que as grades sejam retornadas ao seu lugar quando o serviço for finalizado. (*Veja Capítulo 2: Segurança.*)

Manutenção Durante a Operação

Com tantos transportadores trabalhando sem parar, intervalos programados são muito bem-vindos. Quando se lida com materiais a granel, problemas ocorrem e equipamentos falham prematuramente, resultando em perda de produtividade, limpeza de emergência e necessidade de reparos.

Muitos padrões de segurança pelo mundo reconhecem que certos procedimentos de manutenção devem ser realizados enquanto o equipamento está em operação. Esses padrões permitem, com exceções à regra, que o equipamento seja desligado para serviço. As exceções são feitas para que apenas o pessoal autorizado e treinado para alertas de perigos potenciais possam ajustar o equipamento que esteja em operação. De fato, a regra nos padrões de segurança (conforme especificado no documento ISO/ EN 14121 da Organização Internacional para Padronização - International Organization for Standardization - ISO) está longe de restrições de tarefas específicas e voltada para restrições de riscos qualificados, baseados em uma análise formal de risco. Quando uma situação pode ser encarada de forma que o risco de dano pessoal do equipamento de serviço, enquanto o equipamento está ligado, é na verdade igual ao risco de dano pessoal, ou menor do que ele, enquanto o equipamento de serviço está desligado, bloqueado e sinalizado, novos padrões de segurança vão reconhecer que o procedimento de mais baixo risco é a aproximação.

Alguns componentes de sistema de correias transportadoras requerem serviço frequente para manter eficiência otimizada (por exemplo, raspadores de correia). No controle de materiais fugitivos e na possibilidade de um transportador correr continuamente, raspadores de correia são muito importantes. Devido a questões de segurança, a maioria das operações proíbe a manutenção dos raspadores de correias enquanto o transportador está em operação. A falta de habilidade na

Figura 21.2

Grades de proteção são instaladas para proteger o pessoal da fábrica de contatos perigosos com equipamento.



manutenção em um raspador de correia pode levar a problemas de materiais de retorno e vazamentos que geram perigos de segurança. Raspadores de correias e outros componentes de transportador podem ser projetados para serem reparados seguramente enquanto a correia estiver operando (**Figura 21.3**). Há modelos disponíveis no mercado.

PROJETO LIMPO

Projetos limpos são importantes para manter um sistema de manuseio de material produtivo e seguro. Independentemente se na mina ou em outras indústrias, não é possível operar um sistema de transportador que esteja 100% livre de material fugitivo (**Figura 21.4**). Projetos iniciais fracos, falta de acompanhamento de manutenção, variabilidade das propriedades do material a granel, sobrecarga do transportador e uso constante de componentes do sistema são fortes contribuintes para escapes inesperados de materiais fugitivos.

Muitos detalhes do modelo contribuem para criar um sistema de transporte o mais livre possível de materiais fugitivos. Incorporar estruturas resistentes a pó, projeto apropriado das calhas-guia, limpadores de desgaste externos, tamanho das polias adequado e alternativas de alinhamento da correia; garantir que a área de trabalho esteja limpa e livre de componentes de utilidade; e permitir futura atualização são questões que devem ser discutidas para melhorar operações de manuseio de materiais. Há várias tecnologias pioneiras que podem ser incorporadas em um sistema transportador para melhorar seu controle de material. Essas opções incluem chutes de fluxo projetados (veja o Capítulo 22: *Chutes de Fluxo Projetados*), transportadores aéreos (veja o Capítulo 23: *Transportadores a Ar*) e sistemas de lavagem de correias (veja o Capítulo 24: *Sistemas de Lavagem de Correias*).

Técnicas modernas em 3D de desenho e fabricação tornam acessível organizar componentes por meios não tradicionais, sem aumentar muito os custos desses sistemas. Um dos detalhes mais simples é garantir que os componentes sejam orientados de modo a gerar o mínimo de superfícies planas sobre as quais materiais fugitivos possam se acumular (**Figura 21.5**).

Estruturas e Componentes Resistentes a Pó

Limpar transportadores é uma necessidade. Eliminando espaços onde materiais fugitivos possam se acumular, os requisitos de limpeza são reduzidos e simplificados. Partes de estruturas horizontais devem ser postas em ângulos de 45° sempre que possível, a fim de descartar o material. Fazendo isso é improvável que membros da equipe de limpeza tenham que alcançar a parte de baixo da correia com ferramentas para remover acúmulos.

Em partes estruturais que não podem ser alteradas, para se reduzir acúmulos de pó, estas devem ser equipadas com placas de pó ou tampas para reduzir resquícios de materiais em áreas de difícil limpeza (**Figura 21.6**).

Placas de suporte e tampas de gotejamento devem ser projetadas para eliminar o material



Figura 21.3

Ferramentas especializadas e projetos seguros tornam o serviço de limpeza de correia mais fácil.



Figura 21.4

Materiais fugitivos acumulam-se em superfícies planas.

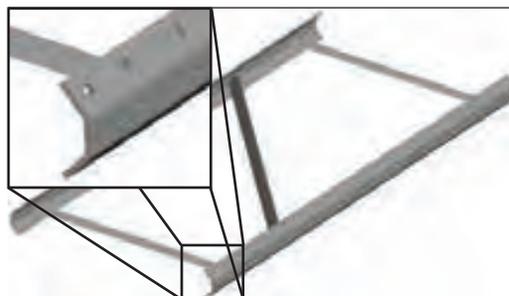


Figura 21.5

A minimização de superfícies planas, incluindo vigas e calhas-guias, pode reduzir o acúmulo de materiais.

no lado externo do transportador onde material fugitivo possa ser coletado com maior facilidade (**Figura 21.7**). Para auxiliar na redução de geração de pó, e garantir que qualquer material fugitivo passe para o lado de fora do transportador, essas “tampas” deveriam ser projetadas para aplicação com uso de vibradores.

Altura das Calhas-guia

Figura 21.6

O Martin® Dust Caps impede o acúmulo de materiais nas adjacências dos apoios do transportador de correia e nas superfícies planas para reduzir a corrosão e os riscos de incêndio.



Figura 21.7

Placas de suporte angulares sob a área de carga do transportador vão direcionar materiais fugitivos para o lado de fora da estrutura.



Figura 21.8

O desenho convencional de placa de desgaste a coloca dentro da calha-guia.



A altura das calhas-guia (parede de chute) citada em *Transportadores de Correia para Materiais a Granel*, Sexta Edição, da Associação dos Fabricantes de Equipamentos Transportadores (do inglês, CEMA) e em outras referências e padrões, é baseada no cascalho de lado mais largo que será carregado no transportador sem as coberturas das calhas-guia. Hoje, muitas calhas-guia são cobertas a fim de conter o pó. É recomendado que calhas-guia sejam projetadas para acomodar o ar suspenso acima do material a granel. (Veja o Capítulo 11: *Calhas-Guia*.) Isso leva a um requisito que é no mínimo duas vezes a altura que o CEMA recomenda para calhas-guia abertas. (Veja o Capítulo 11: *Calhas-Guia para maiores informações sobre calcular a altura apropriada para calhas-guia cobertas em cima*.) Calhas-guia superiores devem ser projetadas para incluir pressão significativa, a fim de evitar acúmulo de material.

Chapa de Desgaste Externo

Há anos, a prática tem sido anexar a chapa de desgaste do lado de dentro da calha-guia. A chapa de desgaste é então posicionada entre o material a granel e a calha-guia (**Figura 21.8**). A calha-guia serve como membro estrutural que suporta ambas, a chapa de desgaste e a vedação da calha-guia. Se montadas incorretamente, as chapas de desgaste falharão em proteger a vedação da calha-guia do desgaste e de algumas vezes prender o material contra a correia, fazendo um sulco ou danificando de outra forma a correia. Na sua configuração tradicional, com as chapas de desgaste montadas do lado de dentro da calha-guia, a inspeção e a troca são difíceis, devido à localização das chapas de desgaste atrás das calhas-guia. Trocar as chapas de desgaste montadas do lado de dentro da calha-guia é um trabalho complicado e requer a manipulação de partes pesadas em ambientes estreitos e, às vezes, até envolvendo entrada de área restrita (espaço confinado).

A chapa de desgaste reposicionada de forma que fique do lado de fora da calha-guia – onde possa ser facilmente inspecionada, minuciosamente instalada e facilmente reposta – é uma modificação potencialmente simples, e que poupa várias horas de manutenção (**Figura 21.9**). A calha-guia proporciona suporte estrutural. Elevando-a acima da camada de fluxo normal do material a granel,

e implementando uma pequena mudança de projeto para os grampos da vedação da calha-guia habilita-se a chapa de desgaste a ser instalada do lado de fora das calhas-guia. A chapa de desgaste também pode ser ajustável às instalações mais precisamente.

Tamanho das Polias

Por décadas, o tamanho das polias traseira e de descarga tem sido selecionado a partir de tabelas publicadas por fabricantes de correia, com diâmetros mínimos de polias baseados em custos mínimos e proporcionando nível de tensão seguros para a correia. Para determinar o tamanho correto das polias deve-se considerar também a facilidade de acesso para o serviço. Uma polia de diâmetro maior - com um diâmetro de, no mínimo, 600 milímetros (24 polegadas) - permitiria um espaço adequado entre os ciclos de carga e de retorno para a instalação de um chute de proteção de polia traseira e, se necessário, um chute de retorno da correia (**Figura 21.10**). O espaço adicional que poderia ser suprido entre os ciclos de retorno e de carga da correia permite uma inspeção mais fácil para os chutes e oferece espaço adequado para o limpador (V-Plow) retirar materiais fugitivos da correia. Uma polia maior na descarga da correia proporciona o espaço necessário para a instalação de raspadores de correia em ótima posição de funcionamento. O custo adicional de se acrescentarem polias maiores é compensado pelo custo economizado, derivado do efetivo controle de materiais fugitivos e das horas de baixo rendimento e menos manutenção.

Alinhadores de Correia

Desalinhamento de correia é a maior causa de vazamento; por isso, é necessária muita atenção aos equipamentos de alinhamento de correia, a fim de manter a correia centralizada à estrutura. Em um esforço para manter os custos de uma nova instalação baixos, alinhadores são comumente supridos em vez de dispositivos de teste de correia em várias novas instalações. Alinhadores normalmente acabam presos de um lado ou de outro, em uma tentativa de compensar, por uma situação além da capacidade do dispositivo, ou para proteger o dispositivo do uso excessivo pela correia correr continuamente de um só lado. Correias transportadoras normalmente correm de um lado a outro devido condições tais como

carga fora de centro, questões de alinhamento da estrutura do transportador, problemas de alinhamento de componentes do transportador, condições climáticas ou uma variedade de outros fatores. Pedacos inconsistentes de cabos ou cordas, usados para prender alinhadores, na proximidade das correias móveis, são perigosos para a segurança. Essa questão pode ser exacerbada trocando condições ou preferências do operador que requerem um alinhador fixo para segurar a correia em uma direção pela manhã e ser trocado para alinhá-la na direção oposta à tarde.

Na ausência do alinhamento apropriado da estrutura do transportador, substituindo e/ou alinhando componentes do transportador que estejam causando problemas de alinhamento de correia, garantindo que a carga esteja corretamente centralizada ou instalando um ou mais dispositivos de alinhamento de correia para alinhar apropriadamente a correia, os alinhadores podem ser corrigidos com um mecanismo que permite que eles sejam fixados ou presos em posição adequada, sem recorrer a materiais não seguros como fios ou cordas (**Figura 21.11**).

Conduítes e Canaletas

Transportadores proporcionam superfícies convenientes para passar eletrodutos e componentes elétricos. Por décadas, eletrodutos e canaletas elétricas têm sido instalados ao longo da estrutura do transportador com pouca



Figura 21.9

Chapas de desgaste instaladas do lado de fora da calha-guia é uma modificação potencialmente simples, que poupa várias horas de manutenção.



Figura 21.10

O diâmetro da polia traseira deve ser selecionado visando ter clareza plena para a instalação e o reparo de um limpador (V-Plow).

atenção aos efeitos da localização na instalação, manutenção e operação dos componentes do transportador. Esse aspecto é particularmente notável nas zonas de carga e descarga do sistema de correia transportadora. Por exemplo, é comum ver chutes enterrados atrás de uma teia de eletrodutos que foi instalada depois que o chute foi posicionado (**Figura 21.12**). Chutes precisam estar habilitados para ejetar objetos estranhos do transportador, no local selecionado pelo projetista.

Os eletrodutos e conduítes nas zonas de descarga e de carregamento, em particular, devem correr em locais onde eles não interfiram no acesso a componentes que são essenciais ao controle de materiais fugitivos. O principal conduíte deve ser posicionado acima, com o conduíte flexível solto onde for necessário proporcionar força ou comunicação com os componentes. Ao longo do ciclo de carga do transportador, a estrutura pode ser usada para sustentar eletrodutos, contanto que não interfira no acesso ao serviço ou reduza a efetividade dos componentes individuais.

PROJETO PRODUTIVO

Seguindo princípios de projeto que estabelecem sistemas transportadores seguros,

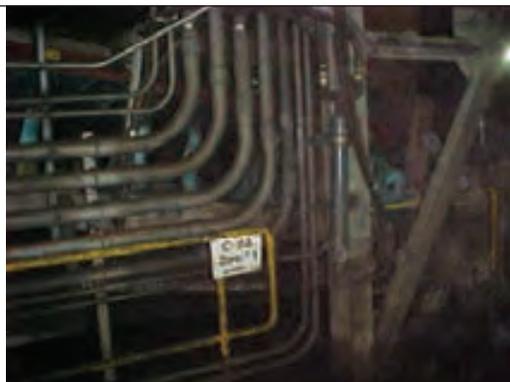
Figura 21.11

Esse alinhador pode ser travado e fixado no local, de forma segura, sem necessidade de prendê-lo com uma corda ou cabo.



Figura 21.12

Conduítes colocados ao longo do transportador tornam impossível o acesso para manutenção.



de fácil manuseio e fáceis de limpar, obtêm-se sistemas operacionais melhores e mais produtivos. Uma operação mais limpa e segura é normalmente uma operação mais produtiva ao longo do tempo. Questões de segurança normalmente correspondem à condições inseguras de operação, o que também age em detrimento ao equipamento. Pó espalhado no ar pode encontrar o seu destino em pulmões e rolamentos; material pode se acumular sob e sobre passagens e transportadores, levando a riscos de deslizamento e quedas. Essas condições de operação não seguras não são apenas perigosas para a integridade física dos colaboradores, mas também para a condição do equipamento do transportador. Quando o equipamento é desligado para reparos não programados, ele pode não ser produtivo.

Custo-benefício

O custo total da aquisição, incluindo o custo por quilo (ou libras) de manuseio com sobras de material, deve ser considerado no projeto e nas decisões de compra. Infelizmente, o processo mais rentável discutido anteriormente, que considera apenas a compra inicial, tem atrasado a evolução dos modelos precisos, seguros e produtivos. Enquanto o preço inicial de compra pode ser mais baixo para um sistema sem possibilidade de ajustes e substituições de componentes no futuro, os altos custos requeridos para instalar e fazer corretamente a manutenção de componentes, a limpeza de materiais fugitivos e de equipamentos adicionais vai exceder em muito os custos de um sistema que leva esses fatores em consideração no projeto inicial.

Utilizam-se componentes padrão, onde fizer sentido economicamente no projeto, porque alguma economia de compra pode ser feita. Com alguma previsão e algumas mudanças leves no projeto, componentes padrão (estruturas, calhas-guia, etc.) podem normalmente ser adaptados a esses novos princípios de projeto. O uso de componentes padrão pode proporcionar a facilidade de instalação e substituição devido à padronização através da usina. Projetar o sistema para facilidade de atualização, fazendo componentes de alinhamento montados (**Figura 21.13**) e de fácil reparo, pode reduzir a ociosidade e o controle de materiais fugitivos.

Atualizável

Projetistas rotineiramente consideram a capacidade de atualizações, mas eles raramente incluem medidas provisórias para os componentes se atualizarem. Um sistema Trac-Mount proporciona flexibilidade para instalar rapidamente diferentes componentes para a solução de problemas. O uso de uma placa de montagem de furos pré-projetada na estrutura em torno do ponto de transferência do transportador permite a rápida e fácil instalação de um novo ou improvisado sistema (**Figura 21.14**). Uma placa de furos uniformes para montagem de acessórios vai encorajar componentes suplementares a adaptar projetos modulares, fixação ou grampos para fáceis atualizações. A utilização de desenhos de estruturas de plataforma – que incorpora alinhamento, modularidade e atualização fácil – vai encorajar projetistas a continuar a modernizar a forma como se lida com materiais a granel hoje e no futuro.

UMA NOVA ARQUITETURA

Finalizando...

Técnicas modernas de desenho – tais como modelagem 3D para fabricação, Análise de Elementos Finitos (do inglês, FEA) para a estrutura e Modelagem de Elemento Discreto (do inglês, DEM) para o desenho de chutes – podem ser usadas para melhorar a confiabilidade, produtividade e segurança do transportador, enquanto reduzem o custo total da aquisição. Para alcançar projetos limpos, seguros e produtivos, projetistas devem considerar uma nova arquitetura para decisões de projeto:

- A. Capacidade.
- B. Segurança e respeito às normas.
- C. Controle de materiais fugitivos.
- D. Facilidade de manuseio.
- E. Vantagens no custo.
- F. Capacidade de atualização.

Decisões relacionadas ao projeto do sistema transportador ou à seleção de componentes individuais devem seguir uma arquitetura para garantir que o melhor desenho possível seja criado.

No futuro, todos os sistemas de manuseio de materiais a granel deverão incorporar projetos para mover seguramente a quantidade



Figura 21.13

Esse trilho universal permite a manutenção deslizando para dentro e para fora.



Figura 21.14

Uma braçadeira de grampo permite a simples instalação de um sistema de alinhamento para componentes de suporte da correia.

requerida de material do ponto A para o ponto B, de uma forma de fácil serviço, de alto custo-benefício e que controle pó e que cada vez mais materiais fugitivos.

A Seguir...

Este capítulo, Transportadores Precisos, Seguros e Produtivos desde seu Projeto, o primeiro capítulo da seção Conceitos de Vanguarda, discutiui a sabedoria de projetar sistemas de manuseio de materiais a granel que podem custar mais inicialmente, mas podem economizar dinheiro a longo prazo. O próximo capítulo, Chutes de Fluxo Projetados, é o primeiro de três capítulos que apresentam projetos para sistemas de transporte mais limpos, seguros e produtivos.

REFERENCES

- 21.1 Dieter, George E. (1999). *Engineering Design: A Materials and Processing Approach*, Terceira Edição. McGraw-Hill.

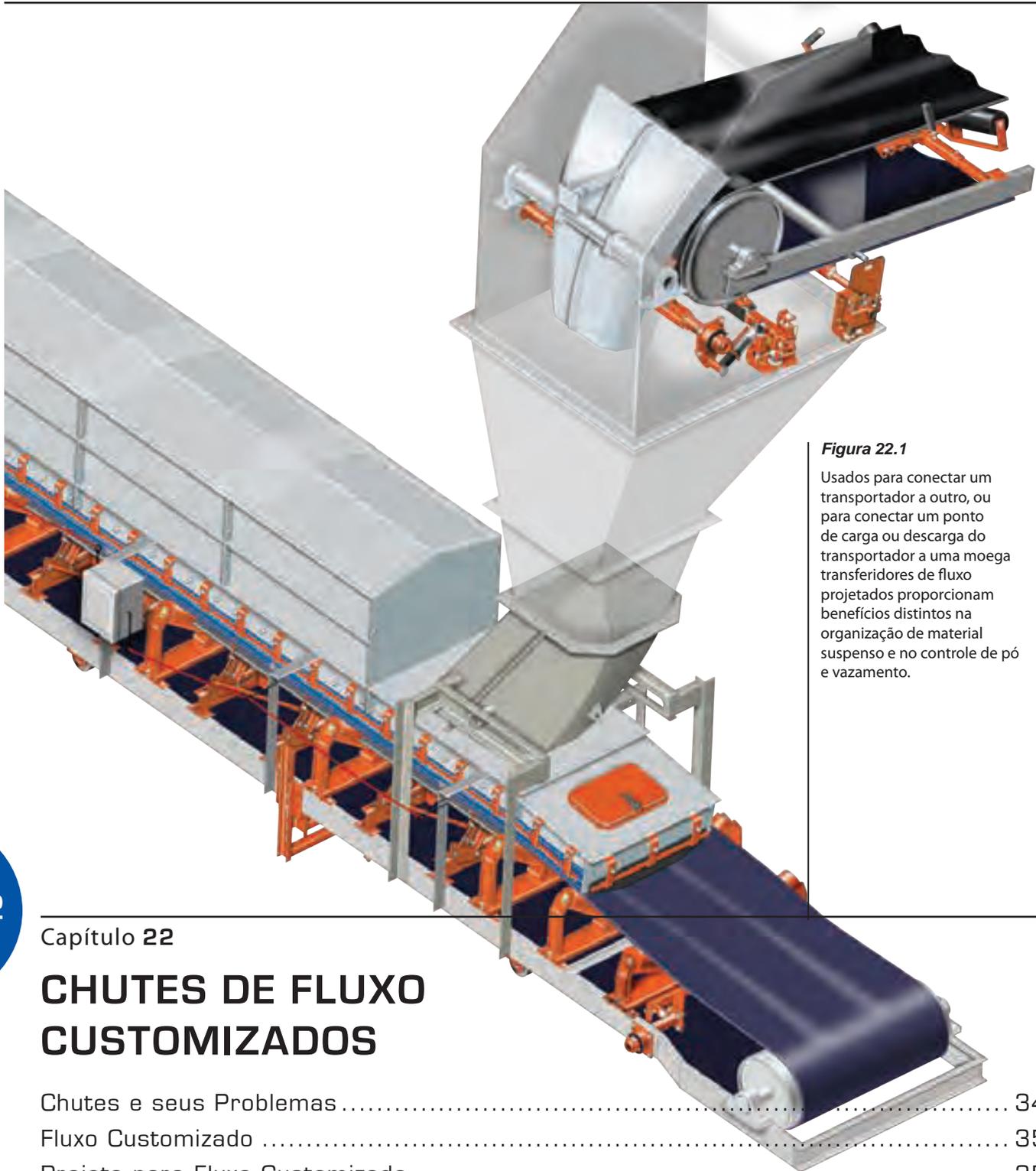


Figura 22.1

Usados para conectar um transportador a outro, ou para conectar um ponto de carga ou descarga do transportador a uma moega transferidores de fluxo projetados proporcionam benefícios distintos na organização de material suspenso e no controle de pó e vazamento.

Capítulo 22

CHUTES DE FLUXO CUSTOMIZADOS

Chutes e seus Problemas	349
Fluxo Customizado	350
Projeto para Fluxo Customizado	353
Instalação de Sistemas de Fluxo Customizado	358
Manutenção do Sistema	359
Especificações Mais Utilizadas	359
Questão de Segurança	360
Tópicos Avançados	360
O Retorno de Chutes Customizados	361

Neste Capítulo...

Neste capítulo nós discutiremos os benefícios dos chutes de fluxo customizados e os meios para resolver problemas comuns com chutes de transferência. Os componentes dos chutes customizados – a curva superior, a curva inferior e a zona de “assentamento” – serão definidos. Nós também descreveremos o processo usado para desenhá-los, junto com a informação necessária aos projetistas para fazê-lo.

Um desenvolvimento de ponta que melhora o transporte de materiais a granel é o advento dos chutes de fluxo customizados (**Figura 22.1**). Usados para conectar um transportador a outro ou para conectar um ponto de carga ou descarga do transportador ao canal de armazenamento ou outra etapa do processo, os transferidores de fluxo customizados proporcionam benefícios distintos na organização de material suspenso e no controle e vazamento de pó.

Particularmente desenhados para cada aplicação individual, os chutes de fluxo customizados controlam o fluxo de material do transportador de descarga ao transportador receptor. (*Veja o Capítulo 8: Chutes de Transferência Convencionais.*) Um chute de fluxo customizado bem projetado mantém um perfil de material consolidado, que minimiza a geração de pó e desgaste, acompanhando todas as funções de um chute de transferência:

- A. Alimentar o transportador receptor na direção do tráfego.
- B. Centralizar a carga.
- C. Minimizar o impacto na correia receptora.
- D. Suprir o material à velocidade do transportador receptor.
- E. Retornar os limpadores da correia ao principal material suspenso.
- F. Minimizar a geração e a liberação de pó.

Embora o investimento inicial em um chute de fluxo customizado possa ser maior do que o custo de um chute de transferência convencional, o retorno do investimento para a usina será imediato, por meio de gastos de operação e manutenção reduzidos. Problemas como dano à correia, substituição prematura delas e dos chutes, entupimento de chutes, vazamento, pó, combustão espontânea

e degradação do material são altamente reduzidos, senão eliminados, em razão do fluxo do material controlado, que trafega por meio de um chute de transferência de fluxo customizado.

CHUTES E SEUS PROBLEMAS

A engenharia de sistemas de manuseio de materiais a granel foi largamente baseada em experiências, “regras adquiridas em campo”, e palpites. Mas agora computadores sofisticados e pacotes de *softwares* proporcionam tecnologias de desenho e modelagem que permitem melhor compreensão e organização do fluxo de materiais. Esses sistemas de *software* e *hardware* permitem ao projetista trabalhar por meio de uma gama de interações que determinam como um sistema irá se comportar com um material específico – em uma gama de condições, do melhor ao pior cenário. Um computador proporciona o tipo de poder de cálculo requerido para desenvolver os modelos e gerar as iterações – fazendo pequenos ajustes de desenho passo a passo, que consideram a comparação de soluções alternativas para melhorar o manuseio de materiais a granel.

Tradicionalmente, tem havido poucas considerações destinadas ao fluxo de materiais por meio do chute, para garantir que o chute seja grande o suficiente para acomodar o fluxo do material e o uso minimizado. É uma prática comum que os chutes sejam genéricos em tamanho para reduzir o entupimento e o controle de pó, mas isso na verdade representa um inconveniente na metodologia do projeto. Chutes eram mantidos como caixas para impedir o aumento dos gastos para fabricação. Em função desses ângulos dos chutes terem sido projetados baseados nos ângulos de reposição, eles ficam propensos a resíduos e bloqueios. Com mudanças na direção do fluxo de transportador para transportador, e da energia para baixo do movimento do material, os chutes podem sofrer desgaste nas suas paredes de metal e na superfície da correia receptora ou na calha-guia.

Chutes tradicionalmente desenhados geram pó, lançando uma onda de material descontrolado para fora do final do transportador e permitindo que esse material espalhe. O movimento do material desloca o ar conforme o corpo do material é difundido.

O ar passa através do fluxo do material, dispersando então e permitindo a entrada de pequenas partículas de pó. O chute tradicional essencialmente cria um “efeito chaminé” por adicionar pó ao ar deslocado e em movimento.

Além disso, as áreas receptoras são tipicamente pequenas e sem suporte e liberam pó. Quando o fluxo dos materiais “aterriça” no transportador, o perfil do material é comprimido, e o ar induzido é retirado. Esse ar leva consigo as partículas menores de materiais como pó através do ar. Um fluxo confinado inconsistentemente vai carregar grandes quantidades de ar induzido. Então mais pó é retirado. Se o material for deixado movendo-se pelo chute em um fluxo turbulento – com o que se pode chamar de “fluxo bilhar”, onde os minérios se chocam uns nos outros e nas paredes da chute –, os minérios vão se degradar, criando mais pó, que pode ser carregado para fora do ambiente fechado.

FLUXO CUSTOMIZADO

O Que é Fluxo Customizado?

Chutes com “fluxo customizado” são baseados na aplicação dos princípios da mecânica dos fluidos e na compreensão do movimento de partículas. Fluxo de material customizado é baseado no controle do movimento do material conforme ele sai do transportador de descarga ou do silo ou funil. A direção e a velocidade do fluxo podem ser orientadas através de mudanças súbitas, guiando-o abaixo, pela superfície, com valores de fricção conhecidos. Modificações graduais de curso vão minimizar a geração de pó e centralizar a carga na correia. Isso permite que a energia perdida pela fricção seja calculada e

determinada.

O Que é um Chute de Fluxo Customizado?

Desenvolvido a partir de testes de material sofisticado e simulações de fluxo por computador, os chutes de fluxo customizados são desenhados para satisfazer os requisitos operacionais da usina, de modo que o material fique em movimento contínuo, apesar do chute de transferência, com o material movendo-se num fluxo coeso e unido.

Isso vai minimizar a quantidade de ar induzido carregado pelo trajeto com o fluxo de material. Como resultado, há menos ar liberado e menos pó no ar. (**Figura 22.2**). Além disso, a fluxo é direto ou canalizado, de modo que o material é colocado suavemente na correia receptora, minimizando impacto e queima da correia.

Nesse caso o material se move suavemente, desliza uniformemente num “fluxo quase líquido”; melhor do que permitir que os cascalhos se choquem um no outro num tradicional modelo “fluxo-bilhar”.

Benefício do Fluxo Customizado

Há uma série de benefícios a receber com a instalação de um chute de fluxo customizado em uma fábrica. Eles incluem:

A. Controle passivo de pó.

Eles reduzem o escape de pó enquanto minimizam, ou eliminam, a necessidade de métodos ativos de coleta.

B. Taxa de fluxo de material aumentada.

Eliminam chutes como um funil de produção.

C. Resquícios e bloqueios de materiais reduzidos.

Eles reduzem ou previnem o entupimento de chutes.

D. Impacto de carga reduzido.

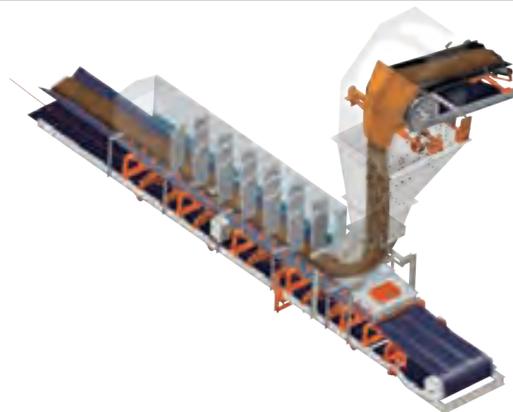
Estendem a vida útil da correia reduzindo danos e queimaduras.

E. Degradação de material reduzida.

Eles minimizam a geração de pó.

Figura 22.2

Em um chute de transferência bem projetado, o material é mantido como um fluxo coeso, unido, minimizando a quantidade de ar induzida. Por isso, há menos ar liberado e menos pó no ar.



F. Posicionamento controlado de carga.

Previnem danos de desvios, vazamento e centralização da correia.

Deve ser notado, porém, que chutes de fluxo customizados são projetados para acomodar uma gama de parâmetros. Mudanças no desempenho desses chutes (e no desgaste dos alinhadores dentro deles) ocorrerão quando condições variarem, incluindo:

A. Taxas de fluxo inconsistentes.

Variações de mais de 20% do fluxo determinado, além de inicialização e desligamento.

B. Características de material inconsistentes.

Variações de mais de 20% em qualquer atributo das amostras de material testadas prioritariamente ao desenho do sistema.

C. Condições ambientais inconsistentes.

Variações que geram alterações no material, tais como precipitação que muda o conteúdo da mistura em mais de 10% das características fixadas.

Componentes de Chutes de Fluxo Customizados

Um chute de fluxo customizado incorpora uma geometria que captura e concentra o fluxo de material conforme ele trafega pelo chute, o qual tem o duplo benefício de minimizar a aeração e prevenir o acúmulo de materiais dentro da chute. Prevenir o acúmulo de materiais dentro de um chute é particularmente importante quando se lida com materiais combustíveis, tais como carvão.

Chutes customizados empregam tipicamente um modelo chamado transferidor “*hood and spoon*”, ou seja “curva superior e curva inferior”. Esse modelo é composto por um chute de descarga “*hood*” - curva superior-, no topo do sistema, e um chute receptor “*spoon*” - curva inferior -, que coloca o material na correia sendo carregada. Os chutes com curvas superiores e inferiores são tipicamente instalados como um par, embora uma situação de manuseio de materiais requeira apenas um ou outro. Esses componentes são projetados de forma personalizada, usando as características do material transportado e dos materiais usados para a construção da chute. O diferencial do

sistema de chute com curvas superior e inferior é confinar o fluxo de material, reduzindo o entranhamento do ar e minimizando as forças de impacto, enquanto coloca o material na direção própria da correia receptora com impacto mínimo - ou “derramamento” - para reduzir vazamento, queimadura, pó e dano. Esse carregamento controlado também previne carregamento unilateral de material que causa desalinhamento da correia.

Além disso, muitos chutes de fluxo customizados incorporam uma área adicional para o isolamento de pó - chamada de área de assentamento ou área de retenção. Assim, o ar corrente acima da fluxo de material diminui a velocidade, de forma que o pó residual possa se assentar no transportador.

Chute curva superior - hood

Instalado na descarga, o chute com curva superior captura e isola o fluxo de material móvel a um ângulo de baixo impacto (**Figura 22.3**). Isso minimiza a força de impacto, resíduos e desgaste. Esse chute redireciona o fluxo de material verticalmente, de forma que ele flua suavemente em direção ao sistema transportador (**Figura 22.4**). Uma vez que o fluxo é vertical, então, a direção do fluxo de material é gentilmente modificada para alinhar o fluxo com o transportador receptor.

Chute curva inferior - spoon

Esse chute é instalado na base do chute de transferência, onde recebe o fluxo material e coloca-o na correia receptora (**Figura 22.5**). O chute com curva inferior é desenhado para gentilmente carregar o material sobre o transportador receptor, de modo que a carga esteja se movendo na mesma direção e perto da velocidade da correia. Direcionando o fluxo de material concentrado sobre o centro da correia

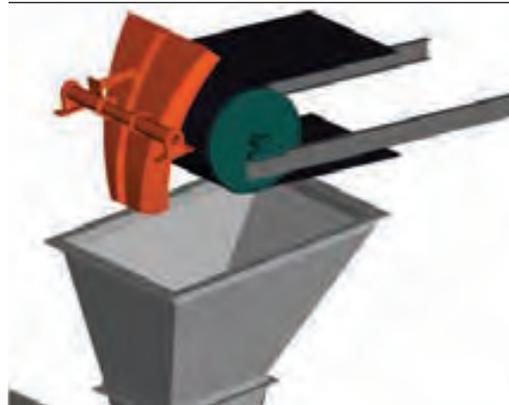


Figura 22.3

Instalado na descarga, um chute com curva superior captura e isola o fluxo de material em movimento a um ângulo de baixo impacto.

Figura 22.4

Um chute com curva superior é instalado para redirecionar o fluxo de material verticalmente, de modo que ele flua suavemente em direção ao sistema transportador abaixo.

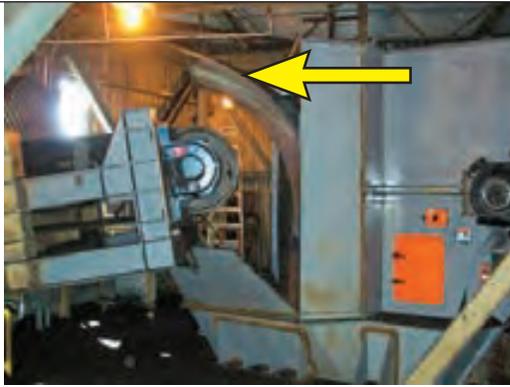


Figura 22.5

Um chute com curva inferior é instalado na base do chute de transferência, onde ele recebe o fluxo de material e coloca-o na correia receptora.



Figura 22.6

Dirigindo o fluxo de material concentrado para o centro da correia receptora com velocidade e ângulo adequados, o chute com curva inferior reduz o impacto na correia, a queimadura da correia, a geração de pó, a carga fora de centro e o uso de placas de desgaste e outros problemas.



Figura 22.7

A área de sedimentação, tipicamente instalada depois do chute com curva inferior no transportador receptor, corresponde à porção convencional calhada e coberta do transportador receptor.



receptora com velocidade e ângulo adequados, o chute com curva inferior reduz impacto e queimadura da correia, geração de pó, carga fora de centro, uso de placas de desgaste e outros problemas (**Figura 22.6**).

Outro benefício de carregar via chute com curva inferior customizado é que pode requerer menos suporte da correia na área de carga. Carregar o material na correia a uma velocidade similar e na mesma direção, conforme a correia está trafegando, proporciona menos impacto na correia e, conseqüentemente, menos necessidade de rolos de impacto e correia.

Em alguns chutes complexos ou chutes com grandes alturas de quedas, mais que um par de chute com curva superior e chute com curva inferior podem ser usados para controlar o fluxo.

Zona de Sedimentação

A área de assentamento, tipicamente instalada depois do chute com curva inferior no transportador receptor, corresponde à porção convencional limitada e coberta do transportador receptor (**Figura 22.7**). Essa área é cuidadosamente projetada para proporcionar um assentamento otimizado de ar carregado de pó, e assentamento de qualquer pó no ar, segurando o ar tempo o suficiente para diminuir sua velocidade. A área de assentamento tipicamente usa uma calha-guia mais alta, coberta, para permitir que pó no ar se assente, retornando a maioria do pó para o leito principal do material, sem ser liberado para o lado de fora (**Figura 22.8**). As correntes de ar perdem velocidade devido à larga área de assentamento e o uso de cortinas de pó dentro da área.

Alguns projetistas de sistemas não incluem uma área de assentamento em seus projetos, usando apenas desenhos convencionais de calhas de transferências cobertas. De qualquer modo, é quase impossível projetar um chute que vai manusear toda a condição de material possível. Por isso, é mais seguro incluir a área de assentamento para acomodar circunstâncias imprevistas ou para lidar com mudanças futuras nas características dos materiais.

PROJETO PARA FLUXO CUSTOMIZADO

Mesmo se dois transportadores correrem à mesma velocidade, a gravidade pode fazer com que a velocidade do material aumente durante a transferência de um transportador a outro, se o fluxo for deixado irrestrito. Ambos os chutes com curva superior e com curva inferior, devem ser desenhados para interceptar a trajetória do material a um baixo ângulo de incidência. Isso usa as forças naturais do movimento do material para direcionar o fluxo para dentro do chute com curva inferior, em um posicionamento próprio na correia receptora, com impacto e desgaste reduzidos. Em função de o chute com curva superior e o chute com curva inferior serem desenhados com ambas as especificações de material e o requisito de fluxo como critério, o chute pode operar no fluxo requerido com risco reduzido de entupimentos ou bloqueios, os quais vão causar impactos nas operações.

Para atingir o projeto ideal de chute com curva superior, ou com curva inferior e da área de sedimentação, chutes de fluxo customizados são criados usando modelagem computadorizada baseada em 3D, para definir a geometria de chute (**Figura 22.9**). O ângulo e a força de impacto devem ser minimizados para manter o máximo do momento possível. O ideal é o ângulo de impacto estar a não mais de 15° a 20°. Esse desenho deve ser baseado em processos e procedimentos rigorosos para proporcionar um projeto preciso, minucioso e completo. Dados dimensionais podem ser determinados a partir de uma pesquisa local ou - particularmente para novas instalações/prédios/empresas - a partir de uma revisão dos desenhos do local e especificações do transportador.

É essencial para o projetista de um chute de fluxo customizado ter informações detalhadas sobre o material que será transportado através do chute e os parâmetros do próprio sistema transportador. Essas informações incluem:

- A. Sistema de alimentação.
 - a. Tipo de sistema de alimentação (p. ex., britador, alimentador vibratório, pilha de estoque).
 - b. Número de sistemas de alimentação.
 - c. Ângulo de inclinação ou declinação (**Figura 22.10**).

- d. Velocidade da correia.
- e. Espessura da correia.
- f. Largura da correia.
- g. Ângulo de concavidade.
- h. Capacidade de transporte.
- i. Tipo de estrutura transportadora (canal, cabo).
- j. Método pelo qual o material é entregue à indústria (p. ex. : balsa, trem, caminhão).

B. Transferência.

- a. Ângulo de interface (**Figura 22.11**).
- b. Distância horizontal do ponto de carga (**Figura 22.10**).
- c. Altura de queda (**Figura 22.10**).
- d. Capacidade de transporte.
- e. Número de transferências.
- f. Número de portas e o propósito (p. ex.: dividir o fluxo ou mudar a direção do fluxo).
- g. Interferência devido à estrutura próxima.



Figura 22.8

A área de assentamento é cuidadosamente projetada para promover uma retenção de ar carregado de pó e assentamento de qualquer pó no ar, segurando o ar tempo o suficiente para diminuir sua velocidade.

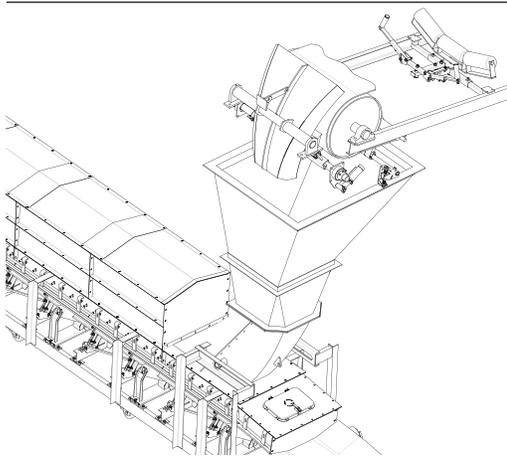


Figura 22.9

Para atingir o desenho ideal do chute com curva superior, do chute com curva inferior e da área de assentamento, chutes de fluxo projetados são criados usando modelagem computadorizada baseada em 3D para definir a geometria do chute.

Figura 22.10

O projetista dos chutes de fluxo projetados precisam de informações detalhadas sobre o sistema transportador e o material que ele carrega.

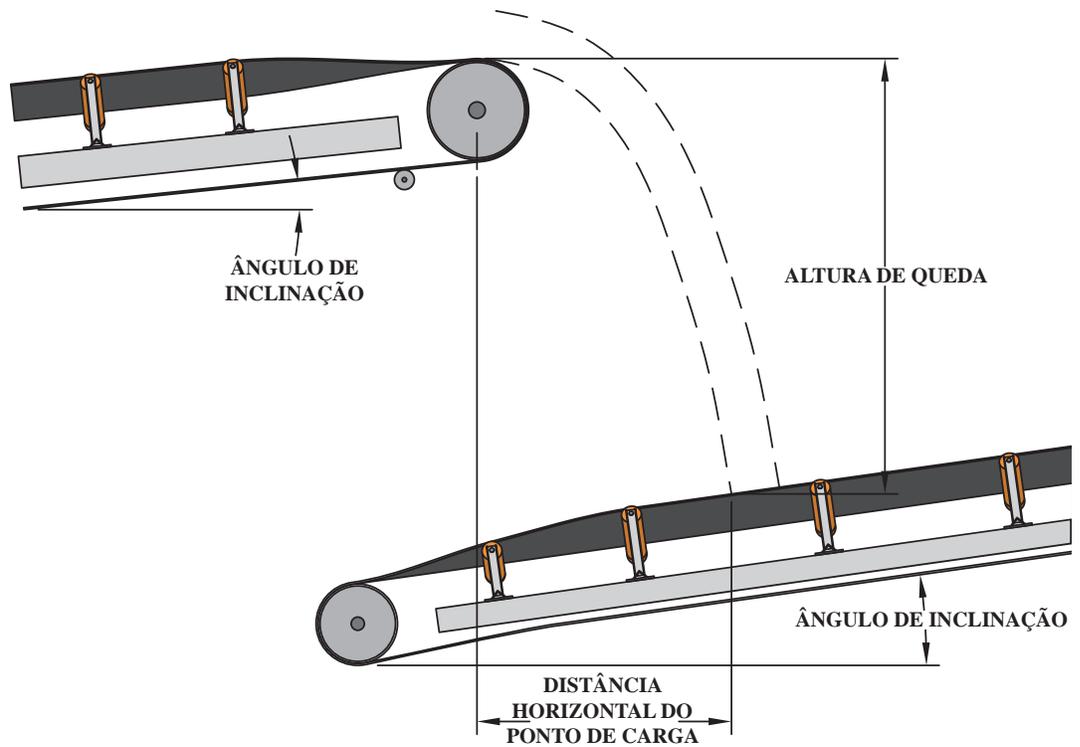
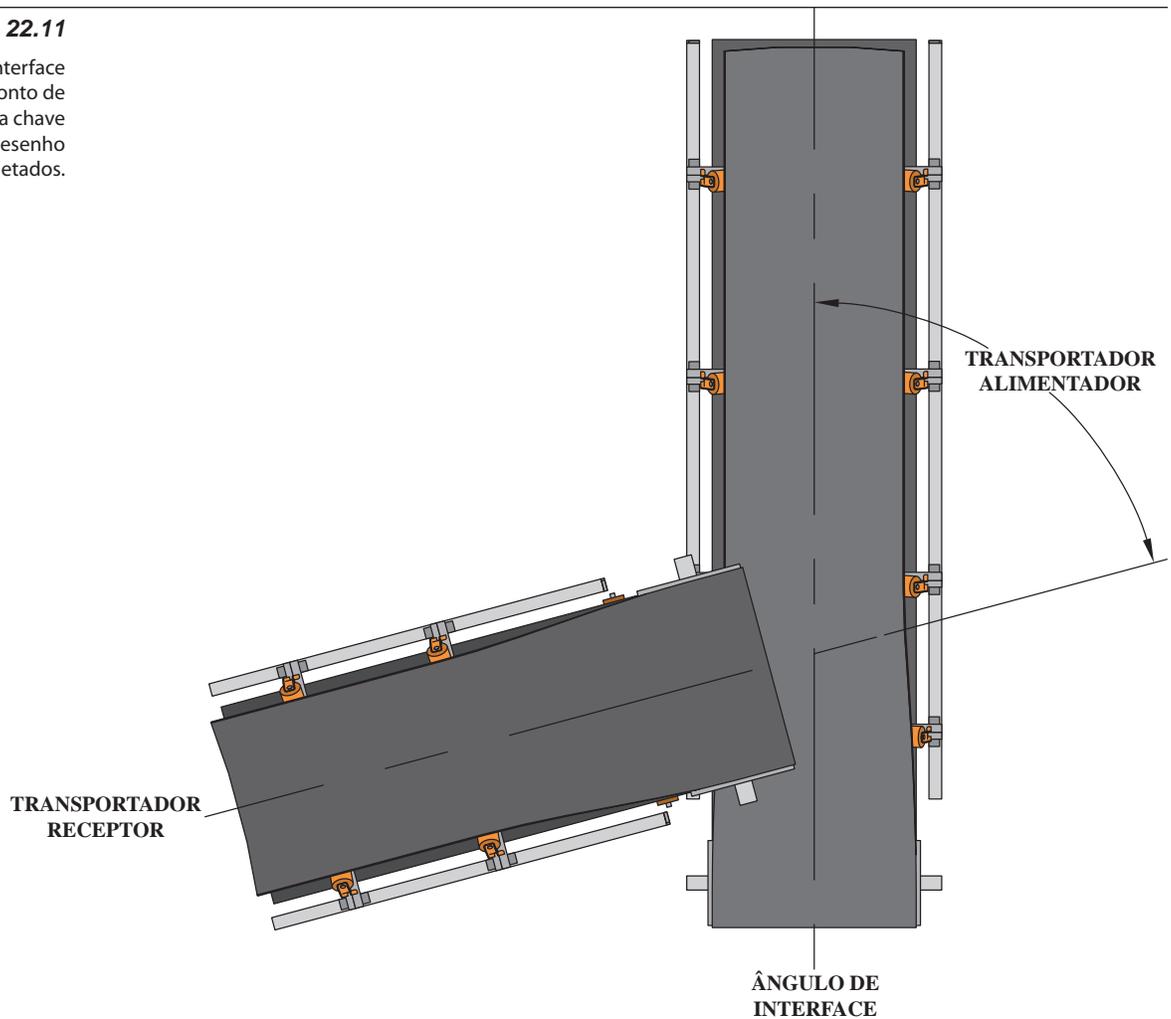


Figura 22.11

O ângulo de interface de um ponto de transferência é a chave elementar no desenho de chutes projetados.



- C. Sistema receptor.
- Tipo de sistema receptor.
 - Número de sistemas receptores.
 - Velocidade da correia.
 - Espessura da correia.
 - Ângulo de inclinação/declinação do transportador (**Figura 22.10**).
 - Largura da correia.
 - Tipo da estrutura do transportador (canal, cabo).
 - Ângulo de concavidade.
 - Capacidade de transferência.
 - Sistema de suporte da correia/carga.
 - Distância do transportador para curvar ou interferência para a área de assentamento.
- D. Material transportador.
- Tipo do material.
 - Faixa de temperatura (alta e baixa).
 - Conteúdo da mistura.
 - Condições ambientais que afetam a condição do material (incluindo distância da fonte e localização onde a amostra foi coletada).
 - Granulometria do material.
 - Densidade aparente.
 - Fricção da interface.
 - Propriedades de coesão/aderência.
 - Tamanho da partícula e distribuição da porcentagem.
 - Tamanho médio máximo do minério.
 - Ângulo de sobrecarga.
 - Ângulo de reposição.
- E. Materiais de construção.
- Materiais de construção do chute.
 - Material da placa de desgaste.
 - Tolerâncias para fabricação e instalação.
 - Valores de fricção de interface para materiais de construção em contato com o material a granel.

Desenho de Transferidores de Fluxo Customizados

Chutes de transferência de fluxo customizados são desenvolvidos em um processo de elaboração de três etapas. A fase um é o teste das propriedades do material

transportado e dos valores de fricção da interface em relação à correia e materiais de construção, a fim de estabelecer as características do material e sua performance em sistemas de manuseio de materiais. Depois que vários parâmetros do material e transportador estão definidos, a trajetória de descarga do material pode ser determinada usando métodos convencionais, tais como o método da Associação de Fabricantes de Equipamentos Transportador (do inglês, CEMA).

A segunda fase do processo inclui a verificação das atuais dimensões de campo e o desenvolvimento da engenharia preliminar. Um conjunto de esboços conceituais em duas dimensões e uma representação pictórica em três dimensões do trabalho do chute usando *software* 3D são criados, e as características de fluxo são verificadas usando o método de Modelagem Discreta de Elemento (do inglês, DEM).

A terceira e final fase é a criação do projeto final, seguido pela engenharia detalhada e, em seguida, pela fabricação e instalação do sistema.

Fase 1: Análise do Material

O primeiro passo no projeto de um chute customizado é testar o material efetivamente transportado que vai passar por ele. A informação obtida inclui composição e propriedades físicas do material, conteúdo da mistura, faixa de tamanho do minério (ou qualquer outro material) e tamanho dos resíduos. Testar normalmente inclui análise da força do material a granel a conteúdos de misturas severos – do nível “como recebido” até o nível de “saturação” –, para permitir mudança nas condições do material. Há tipicamente ao menos três tipos diferentes de testes, incluindo cisalhamento direto, fricção de interface e densidade aparente, para cada um desses níveis de mistura. Testadores de cisalhamento direto linear ou rotacional são comumente usados para medir o fluxo de material e as propriedades de interface. Os resíduos do material são normalmente usados em testes, pois os resíduos definem as propriedades de pior caso de um fluxo.

As amostras de teste do material correto a ser transportado em relação aos materiais de construção e correia corretos a serem usados devem ser realizadas para proporcionar

esses dados importantes. (Veja o Capítulo 25: *Ciência dos Materiais para informação adicional sobre teste e análise de material.*)

O teste de material conclui-se com uma recomendação para os ângulos de chute, baseado na fricção de fronteira requerida para encontrar um balanço entre fluxo confiável, através de um chute de transferência e níveis aceitáveis de desgaste de chute e de correia. Recomendações para o(s) material(is) a ser(em) usado(s) como placas de desgaste dentro do chute também podem ser incluídas.

Os vários parâmetros de materiais e transportadores e a trajetória da descarga do material são usados para desenvolver o desenho do chute de transferência.

Fase 2: Método de Modelagem de Elemento Discreto (DEM)

Os parâmetros desenvolvidos na Fase 1 são usados no desenvolvimento de um modelo de elemento discreto gerado por computação 3D do sistema do chute (**Figura 22.12**).

DEM é uma ferramenta de verificação de desenho. A equação básica de operação é a Segunda Lei de Newton: Força = massa vezes aceleração ($F = m.a$), resolvida por toda a interação entre partícula e partícula, e partícula e parede do chute, conforme modificado com as propriedades das partículas e dos elementos interativos. As forças, que agem em cada partícula, são computadas a partir dos dados iniciais e das relevantes leis físicas. Algumas das forças que afetam o movimento da partícula incluem:

A. Fricção.

Quando duas partículas tocam uma à outra ou se movem contra a parede.

B. Impacto.

Quando duas partículas colidem.

C. Umidade friccional, ou viscoso.

Quando energia é perdida durante compressão e distensão de partículas em uma colisão.

D. Coesão e/ou aderência.

Quando duas partículas colidem e colam uma na outra.

E. Gravidade.

Soluções baseadas em aproximação por DEM são mais previsíveis do que aquelas baseadas em equações de desenho básicas e “regras de campo”, pois elas habilitam o projetista a avaliar minuciosamente questões importantes, tais como carregamento central de um transportador receptor. O projetista de chute também é apto a prever áreas no chute que podem ser propensas à baixa velocidade de material – por isso o entupimento – e tomar medidas corretivas para preveni-las. Quando casado com equações básicas, o DEM habilita um projetista a determinar rapidamente o melhor desenho de chute, mediante uma série de repetições. Uma inconveniência menor do DEM é que apenas relativamente poucas partículas, comparadas ao total de partícula no fluxo do material, podem ser simuladas em um razoável período de tempo com computadores que estão normalmente disponíveis, embora avanços na tecnologia de computador possam rapidamente eliminar esse problema.

Uma vantagem adicional desse sistema baseado em computadores é de que mudanças podem ser rapidamente consideradas para compensar mudanças nas características do sistema.

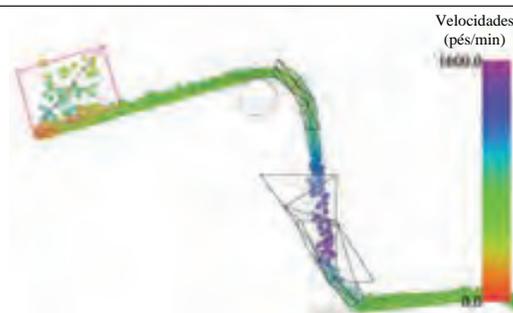
De fato, o princípio de “o lixo que entra é o mesmo que sai” ainda se aplica. Se os dados enviados ao *software* não são precisos, o desenho resultante não será preciso. É por isso que o teste do material real a ser transportado, em várias condições nas quais será manuseado – incluindo os “piores casos” –, é muito importante.

Fase 3: Projeto Final

O uso de técnicas que permitem o panorama rápido e eficiente de um projeto de chute deve estar de acordo com os requisitos específicos de um chute de transferência de correia a

Figura 22.12

Os parâmetros desenvolvidos na Fase 1 são usados no desenvolvimento de um modelo de elemento discreto, gerado por computação 3D, do sistema de chute.



correia.

O projeto de chute customizado completo inclui chute com curva superior, chute de queda, chute com curva inferior, chapas de desgaste, suporte à correia, sistema de alinhamento/monitoramento de correia, sistemas limpadores de correia, chute de desvio, portas ou janelas de acesso, vedação da calha-guia, caixa de vedação da porta traseira e zona de assentamento.

Outros Itens

Outros itens a serem considerados durante o projeto do chute são os requerimentos para aquecedores, acesso ao interior do chute, iluminação, plataformas de acesso, chaves de chutes ligadas, guardas apropriadas e espaço adequado para a substituição de raspadores de correia, reparo de fluxo ou outros componentes.

Outras Considerações de Projeto

No seu senso mais simples, um chute de transferência deve ter superfícies internas que sejam suficientemente suaves, com cantos arredondados, para prevenir problemas de fluxo, tais como resíduos de material e choque – mesmo quando transportando material com propriedades de fluxo de pior caso. O ideal é que essa geometria possa ser governada apenas pelos efeitos da gravidade. A realidade é que há uma série de outras considerações que devem ser incluídas e calculadas quando se planeja a instalação de chutes de transferência customizados. Esses fatores incluem:

A. Trajetória do material.

O cálculo da trajetória do fluxo de material, conforme ele deixa o transportador de descarga, envolve a consideração do centro de massa do material, velocidades, o ponto na polia de descarga onde a trajetória começa e a forma da carga. *(Uma discussão detalhada da trajetória de descarga pode ser encontrada no Capítulo 12 da obra Transportadores de Correia para Materiais a Granel, Sexta Edição do CEMA.)*

B. Desgaste.

Impacto, corrosão e queimadura são causadores primários do desgaste do chute, que toma lugar onde o fluxo de material bate na superfície do chute. A queimadura

deslizante é a passagem do fluxo de material ao longo da superfície da parede do chute. A quantidade de queimadura que toma lugar depende da diferença na dureza entre o fluxo do material e a placa de desgaste e da quantidade, velocidade e força da carga na superfície do lineador de desgaste. Em função do projeto dos chutes de fluxo customizados, ligar o comportamento do material com a interface nas paredes de chute, análise de impacto e de queimadura deslizante são importantes no controle da forma e da velocidade do fluxo do material.

C. Tolerâncias.

Mesmo pequenas diferenças na instalação dos componentes podem afetar o fluxo suave do material e o ar, através do ponto de transferência. Recomendações dos fabricantes para a instalação de componentes e materiais devem ser seguidos estritamente.

D. Análise do fluxo de duas fases

A análise de fluxo de duas fases leva em consideração o movimento do fluxo de material através de um chute de transferência e o ar induzido que trafega nele na área de assentamento do transportador receptor. Se o fluxo de material permanece em contato com a superfície do chute – preferencialmente se afastando dela –, há menos aeração, e a força de impacto é reduzida na área de carregamento. Durante a fase de desenho do chute, a análise de movimento das partículas de material e do ar através do chute de transferência habilita o projetista do chute a minimizar o ar induzido, o qual, por sua vez, reduz a geração de pó.

Uma variedade de técnicas baseadas em computador, incluindo DEM, Dinâmicas de Fluido Computacional (do inglês, CFD) e Análise de Elemento Finito (do inglês, FEA), é usada no modelo de fluxo de duas fases. Essa análise deve incluir o ar deslocado, ar induzido e ar gerado. *(Veja Capítulo 7: Controle do Ar.)*

Dependendo do fluxo de ar calculado e das propriedades do material, incluindo distribuição do tamanho das partículas e nível de coesão, vários sistemas – de cortinas de borracha a supressão de pó e coletores

– podem ser usados para minimizar os efeitos das correntes de ar no chute de transferência.

E. Informações estruturais.

O desenho da estrutura de suporte para um chute de transferência geralmente requer a análise de quatro fatores:

- a. Peso morto.
Peso do próprio chute (e estrutura).
- b. Carga viva.
Vento, neve, e acúmulo de gelo e material fugitivo na superfície plana.
- c. Carga dinâmica.
As forças resultantes do movimento e do impacto de material no chute e outros equipamentos do processo.
- d. Capacidade carregada
Peso do material no chute – calculado usando o valor mais alto de densidade do material a granel, no cenário de pior caso de entupimento de chute.

O objetivo dessa análise é dar suporte eficiente e efetivo ao chute de transferência, sem gastar uma quantia alta na estrutura de suporte. Desenvolver uma estrutura de suporte que obedeça aos códigos de construção locais é outra consideração importante.

INSTALAÇÃO DE SISTEMAS DE FLUXO CUSTOMIZADOS

Instalação do Projeto

Chutes customizados podem facilmente ser desenhados em novos sistemas de transporte.

Eles podem ser pré-ajustados e alinhados em montagens controláveis que possam facilmente ser suspensas e soldadas no lugar para reduzir o custo de construção.

Chutes de fluxo customizados podem também ser remanejados em uma operação já existente, como forma de controlar pó para melhorar operações e atingir limites regulatórios de pó, normalmente sem a instalação de caros sistemas de “bags”. Independentemente de ser uma instalação nova ou antiga, o desenho e a instalação de chutes customizados devem ser deixados para companhias experientes com a tecnologia.

Chutes para Aplicações Antigas

Uma das aplicações mais recentes de chutes de fluxo customizados foi no melhoramento dos pontos de transferência em sistemas transportadores existentes. A incorporação desses sistemas customizados em fábricas existentes pode trazer alguns problemas com a adaptação às estruturas existentes.

Para garantir projetos precisos, tanto quanto garantir que um sistema customizado vai encaixar propriamente no local, sem exigir ajustes de campo, uma pesquisa de campo usando técnica de medida a laser é recomendada (**Figura 22.13**). Essa pesquisa precisa usa uma tecnologia de laser pulsado para escanear áreas-alvo e retornar uma “nuvem de pontos” 3D, que parece uma renderização detalhada de uma cena (**Figura 22.14**). Em função de o ponto de nuvem ser tridimensional, ele pode ser visto de qualquer perspectiva. Todo ponto tem minuciosas coordenadas dos eixos x, y e z, a geometria desses pontos pode, então, ser exportada a pacotes de *software* de modelagem 3D como ponto inicial para o desenvolvimento da geometria do chute. Isso garantirá que o projeto de sistemas será encaixado nos espaços existentes.

Em uma aplicação antiga, antes e depois da liberação de materiais fugitivos, teste e análise também podem ser realizados, dando ao desempenho a oportunidade de ser comparado e às melhorias, de confirmarem a justificativa do projeto.

Reparos de Fluxo e Chutes Customizados

Mesmo um chute bem projetado deve fazer previsões para instalações futuras de dispositivos de reparo de fluxo, incorporando braçadeiras

Figura 22.13

Para garantir projetos precisos tanto quanto para garantir que o sistema projetado vai se encaixar propriamente no lugar sem requerer ajustes do campo, uma pesquisa local usando técnica de medida a laser é recomendada.



montáveis no desenho original. Mudanças nas propriedades do fluxo de materiais ou repressões de desenho abaixo do nível ideal podem levar o projetista a requerer dispositivos de promoção de fluxo, tais como vibrações nos canhões de ar, em determinado projeto. É difícil, especialmente em aplicações retrógradas, dar-se ao luxo de um desenho otimizado. Comprometimentos são comumente inevitáveis, pois as localizações dos transportadores receptores e alimentadores são fixas. Movê-los pode ser economicamente inviável. Problemas de fluxo potenciais, causados por variações nas características do material no futuro, podem, então, ser acomodados com a instalação de vibradores ou canhões de ar. Incluir braçadeiras durante a instalação inicial do chute vai economizar tempo e dinheiro, em oposição a readaptar uma braçadeira (**Figura 22.15**).

Auxílios de fluxo melhoram o fluxo do material nas situações em que projetos não são desenvolvidos da maneira ideal em função de razões maiores. (*Veja o Capítulo 9: Auxílios de Fluxo.*)

MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Uma operação deve manter marcas precisas de projeto do chute e de placas de desgaste e posicionar, para simplificar a fabricação e a instalação de placas de desgaste, de recolocação, conforme elas sejam necessárias.

A fim de simplificar a recolocação de placas, o chute deve ser desenhado com sistema de bordas de fácil abertura que permite que a parede do chute – na maioria dos casos, a parede traseira e a parede que sustenta o lineador – deslize fora de sua posição (**Figura 22.16**). Isso permitirá acesso mais eficiente para inspeção e recolocação das placas de desgaste dentro das estruturas do chute (**Figura 22.17**).

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

A. Especificações de material.

O sistema de transferência de material vai incorporar chutes de transferência de correia à correia customizados para combinar com as especificações de material e requerimentos de fluxo. Por meio de teste das propriedades do material, o sistema de

chute será desenhado para proporcionar a taxa de fluxo requerida, sem entupir, e para eliminar a geração de pó adicional da degradação do material e do entranhamento do ar.

B. “Chute com curva superior” e “chute com curva inferior”.

Incluso no sistema de chute, vão estar um chute de descarga “chute com curva

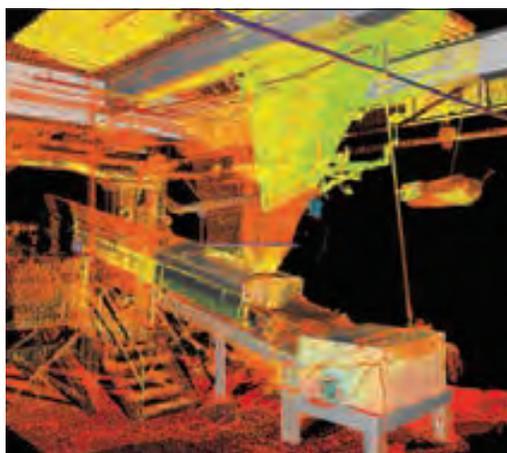


Figura 22.14

A tecnologia de laser pulsado é usada para escanear áreas-alvo e retornar uma “nuvem de pontos”, que parece uma renderização detalhada de uma cena.

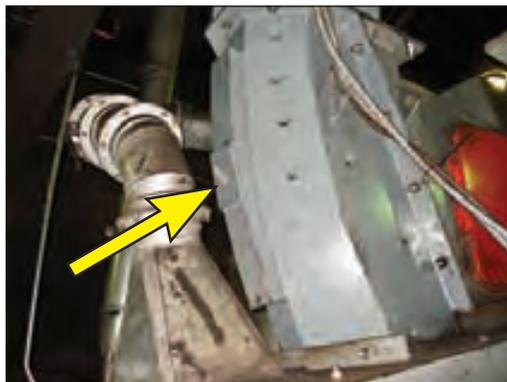


Figura 22.15

Incluir braçadeiras para a instalação de reparos de fluxo durante a construção inicial do chute vai economizar tempo e dinheiro ante a readaptação de uma braçadeira.



Figura 22.16

Para simplificar a recolocação de placas de desgaste, o chute deve ser desenhado com um sistema de bordas de fácil abertura, que permite uma parede – na maioria dos casos, a parede traseira e a parede que sustenta a placa de desgaste – do chute para deslizar fora de sua posição.

Figura 22.17

A traseira flangeada do chute irá permitir um acesso mais eficiente para executar inspeção e substituição de placas de desgaste dentro das estruturas do chute.



superior” e um chute receptor “com curva inferior”. O “chute com curva superior” vai levar o fluxo do material da correia de descarga, isolando-o para limitar o entranhamento de ar e criando um fluxo de inércia consistente, através de sua trajetória, até o “chute com curva inferior” receptor. O chute receptor “com curva inferior” receberá o fluxo de material e colocará o material na correia receptora com a direção e velocidade apropriadas para minimizar a turbulência do material, o impacto, a queimadura da correia e o desvio da correia.

C. Volume.

O desenho volumétrico do chute principal e a área calhada serão calculadas para reduzir a velocidade e turbulência do ar. Níveis

de pó fugitivo e respirável vão diminuir consideravelmente através das características do projeto.

D. Acesso.

O chute será colocado com um sistema de fechamento de bordas, de fácil abertura para habilitar a inspeção simplificada e a substituição de placas de desgaste dentro da estrutura dos chutes.

E. Zona de assentamento.

A saída do transportador receptor será posicionada com um sistema de calha-guia estendida e coberta para formar uma área de assentamento. A área de assentamento vai incorporar cortinas de pó múltiplas para formar um conjunto de serpentina que reduz a velocidade do ar e proporciona tempo para partículas do ar voltarem para a carga principal pela gravidade.

TÓPICOS AVANÇADOS

Cálculo de Projeto: Continuidade

O cálculo de continuidade determina a seção de cruzamento do fluxo de material dentro de um chute de transferência, e é importante na determinação do tamanho ideal do chute (**Equação 22.1**). Isso ajuda a manter o custo de fabricação do chute sob controle. O padrão da indústria e da CEMA indicam que o chute deve ter ao menos quatro vezes a área da seção transversal do material a qualquer posição.

Mais importante do que o cálculo da área é o conhecimento sobre a relação entre velocidade e área da seção transversal. Um projetista deve manter essa relação de continuidade em mente quando a velocidade do material precisa bater com a velocidade e a direção da correia receptora (**Equação 22.1**). A velocidade do material é influenciada por muitas coisas, tais como altura de queda, mudança de direção do fluxo, fricção da superfície e densidade instantânea, para citar algumas. Esses fatores vão alterar a velocidade do fluxo de forma previsível, mas é importante notar que essa mudança na velocidade vai influenciar a área da seção transversal do fluxo. Reversivelmente, a área pode ser alterada para influenciar a



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Chutes customizados devem ser projetados com uma abertura de acesso no lado sem fluxo da área restrita. Nessas portas devem ser colocadas telas de acesso restrito para reduzir o risco de materiais escaparem para fora por uma abertura, além de placas de alerta.

A entrada de pessoal para qualquer chute deve ser controlada pelas regras de entrada em áreas confinadas.

velocidade. A área da seção transversal do fluxo é de vital importância, quando desenhada para prevenir problemas com bloqueio do chute.

O RETORNO DOS CHUTES CUSTOMIZADOS

Para Concluir...

Um chute de transferência customizado pode ser utilizado em praticamente qualquer aplicação de transferência, de modo que a gerência da empresa frequentemente vai usar um procedimento de justificativa de custo para avaliar seu retorno para a operação. Aplicações em que há uma altura de queda significativa do transportador de descarga ao transportador receptor geralmente vão garantir o investimento. Empresas que estão tentando encontrar requisitos regulatórios ou satisfazer questões de segurança e ambientais podem

considerar que o investimento em um chute de fluxo projetado tem um retorno de curto prazo. O investimento adicional requerido para um chute de fluxo customizado acima do custo de um chute de transferência tradicional é prontamente repostado por meio do aumento na produtividade, na redução de acidentes, no atendimento de regulamentações ambientais ao invés de simplesmente limpar materiais fugitivos, no gerenciamento de chutes entupidos ou no monitoramento de correia carregada indevidamente.

A Seguir...

Este capítulo, Chutes de Fluxo Customizados, o segundo capítulo na seção Conceitos de Vanguarda, proporcionou informações sobre outro método de redução de materiais fugitivos. Os próximos capítulos continuam esta seção focando em Transportadores Sustentados por Ar e Sistemas de Lavagem de Correias.

$A = \frac{Q \cdot k}{v \cdot v}$			
Dado: Um fluxo de carvão a 1.800 toneladas por hora (2.000 st/h) com uma densidade de 800 quilogramas por metro cúbico (50 lb _m /ft ³) está trafegando a 4,0 metros por segundo (800 ft/min). Encontre: A área da seção transversal do fluxo de carvão.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
A	Área da seção transversal	metros quadrados	pés quadrados
Q	Taxa de Fluxo	1.800 t/h	2.000 st/h
v	Densidade Aparente do Material	800 kg/m ³	50 lb _m /ft ³
v	Velocidade Média do Material na Seção Cruzada em Questão	4,0 m/s	800 ft/min
k	Fator de Conversão	0,278	33,3
Métrica: $A = \frac{1800 \cdot 0,278}{800 \cdot 4,0} = 0,16$			
Imperial: $A = \frac{2000 \cdot 33,3}{50 \cdot 800} = 1,67$			
A	Área da seção transversal	0,16 m ²	1,67 ft ²

Equação 22.1

Cálculo de Continuidade para Área da Seção Transversal de Fluxo Material

Obs.: A área da seção transversal do fluxo será diferente da área da seção transversal quando o material estiver na correia, devido às diferenças entre densidade transportada e densidade aparente inconsistente. (Veja o Capítulo 25: Ciência dos Materiais, para informações adicionais.)

REFERÊNCIAS

- 22.1 Stuart, Dick D. and Royal, T. A. (Sept. 1992). “Design Principles for Chutes to Handle Bulk Solids,” *Bulk Solids Handling*, Vol. 12, No. 3., pp. 447-450. Disponível em PDF: www.jenike.com/pages/education/papers/desenho-principles-chutes.pdf.
- 22.2 Roberts, A. W. and Scott, O. J. (1981). “Flow of bulk solids through transfer chutes of variable geometry and profile,” *Bulk Solids Handling*, Vol. 1, No. 4., pp. 715-727.
- 22.3 Roberts, A. W. (August 1999). “Design guide for chutes in bulk solids handling operations,” *Centre for Bulk Solids & Particulate Technologies*, Version 1, 2º Rascunhos.

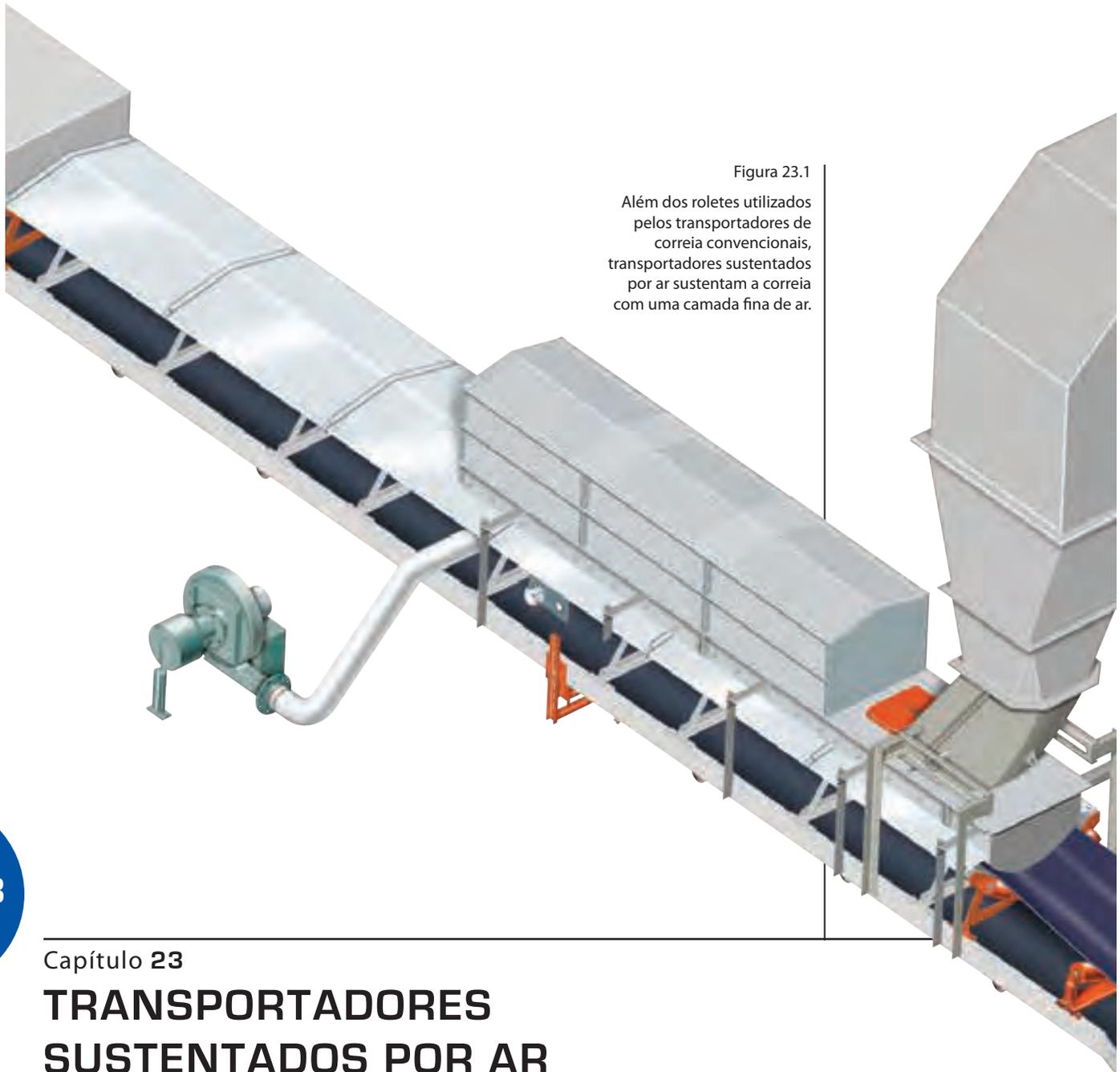


Figura 23.1
Além dos roletes utilizados pelos transportadores de correia convencionais, transportadores sustentados por ar sustentam a correia com uma camada fina de ar.

23

Capítulo 23

TRANSPORTADORES SUSTENTADOS POR AR

Características Básicas dos Transportadores Sustentados por Ar	365
Componentes do Sistema	366
Vantagens dos Sistemas Sustentados por Ar	370
Aplicações e Instalação	372
Manutenção do Sistema	374
Informações de Segurança	374
Especificações Mais Utilizadas	374
O Transportador Certo para as Circunstâncias Certas	375

Neste Capítulo...

Este capítulo possui foco nos conceitos básicos dos transportadores sustentados por ar e as aplicações para as quais eles seriam apropriados. Também apresentamos as vantagens e desvantagens de sua utilização, junto com informações sobre o tamanho do ventilador necessário para as várias alturas e larguras de transportador.

Um exemplo de tecnologia de ponta em transportador são os sistemas de transportadores sustentados por ar (**Figura 23.1**). Além dos roletes utilizados pelos transportadores de correia convencionais, os Transportadores Sustentados por Ar sustentam a correia com uma camada fina de ar. Esse método de transportar materiais a granel evita que haja fricção mecânica entre as áreas, o que resulta em uma significativa redução nos custos operacionais e de manutenção. Um transportador sustentado por ar, totalmente fechado e resistente ao clima, requer menos suporte estrutural do que um transportador convencional e minimiza segregação, derramamento e levantamento de pó do material (**Figura 23.2**). Enquanto não são adaptáveis a todas as aplicações, transportadores de correia sustentados por ar oferecem uma série de vantagens, incluindo um fluxo suave para o material a granel, e contenção de pó. Transportadores sustentados por ar, assim como transportadores convencionais, devem ser projetados por um experiente engenheiro de transportadores.

CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DOS TRANSPORTADORES SUSTENTADOS POR AR

Um transportador sustentado por ar utiliza ar de baixa pressão para erguer e sustentar a correia e a carga. O ar é suprido por um ventilador centrífugo de baixa pressão e liberado por meio de um recipiente de formato côncavo localizado abaixo da correia (**Figura 23.3**). Uma série de furos feitos no centro do recipiente ao longo da extensão do transportador - entre a câmara de transporte de ar (conhecida como plenum) e a correia - permite ao ar, suprido pelo ventilador através dos furos no recipiente, subir e sustentar a correia carregada (**Figura 23.4**). Os limites de uma correia côncava agem como um regulador de pressão, automaticamente balanceando

a pressão necessária para elevar a carga. A camada de ar elimina a necessidade de muitos roletes na zona de carga do transportador; polias de retorno convencionais podem ser usadas para o ciclo de retorno da correia. Sem roletes, o orçamento previsto para a substituição de componentes de rolagem, mão de obra e manutenção, necessárias para a realização do serviço, é reduzido.

O plenum corre abaixo do recipiente côncavo. Assim como o topo do plenum, o recipiente proporciona a forma para a concavidade da correia. Os ângulos de concavidade mais comuns e econômicos são 30° e 35°. O plenum pode ser uma caixa ou uma forma em V que se posiciona nas



Figura 23.2

Um transportador sustentado por ar, totalmente fechado e resistente ao clima, vai minimizar segregação, derramamento e levantamento de pó no material.



Figura 23.3

Um transportador sustentado por ar utiliza um fluxo de ar para erguer e sustentar a correia e a carga.

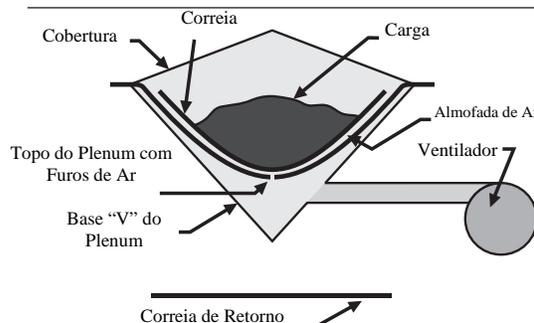


Figura 23.4

Furos no centro do recipiente e ao longo da extensão do transportador, entre o plenum e a correia, permitem que o ar, suprido pelo ventilador, levante e sustente a correia.

Figura 23.5

O plenum pode ser uma caixa ou uma forma em V que se posiciona nas longarinas estruturais de transportadores convencionais



Figura 23.6

O plenum de um transportador sustentado por ar pode ser modular na construção para simplificar a instalação.



Figura 23.7

O típico transportador sustentado por ar, de menos de 180 metros (600 pés), requer um único ventilador centrífugo.



Figura 23.8

Uma indústria pode especificar a instalação de uma hélice redundante, ou reserva, para garantir a operação do transportador na ocasião de uma falha de hélice.



longarinas estruturais de transportadores convencionais (**Figura 23.5**). Esses plenums podem ser modulares para simplificar a instalação (**Figura 23.6**).

Como um transportador sustentado por ar utiliza uma camada fina de ar de baixa pressão – aproximadamente de 1 a 2 milímetros (0,04 a 0,08 in.) de espessura – para sustentar a correia transportadora, o consumo de ar é baixo. O consumo geralmente é de 180 a 270 litros por minuto por metro (2 a 3 pé³/min/pé) de comprimento da correia. A camada de ar é criada por um suprimento do ventilador de 5 a 7 quilopascal (0,7 a 1,0 libraf/pol.2, ou 20 a 30 pol. de medidor de água) de pressão de ar.

A velocidade e a pressão da camada de ar são suficientes para ajudar a resguardar o material do acúmulo entre a correia e o recipiente, mas baixo o bastante para que o pó não seja gerado.

COMPONENTES DO SISTEMA

Plenum

O plenum é o espaço onde o ar do ventilador está a uma pressão maior do que da atmosfera interna. É através dele que o ar do ventilador passa; pode ser feito côncavo de plástico ou de aço galvanizado (ou inoxidável), dimensionado para se adequar à correia necessária para a aplicação do transportador.

O plenum deve ser plano, sem irregularidades no perfil da superfície. As seções do plenum devem ser niveladas e vedadas a cada conexão com as unidades modulares. A estrutura deve ser projetada para minimizar a deflexão sob várias cargas e condições climáticas, para proteger a integridade da vedação entre os plenums.

Suprimento de Ar

O ar que sustenta a correia é proporcionado por um ou mais ventiladores centrífugos (**Figura 23.7**). Um típico transportador com menos de 180 metros (600 pés) requer um único ventilador, embora a indústria possa especificar a instalação de uma segunda unidade, ou reserva, para garantir a operação do transportador na ocasião de uma falha do ventilador (**Figura 23.8**).

É importante que o suprimento de ar para suportar a correia seja suficiente para

trabalhar em diversas condições de carga para aquele transportador em particular. O número de sopradores depende da extensão do transportador e da largura da correia. Para transportadores longos, mais de um suprimento de ar pode ser necessário para prevenir perda de volume e pressão estática. O volume de ar é mínimo, pois a espessura da camada de ar necessária para erguer a correia é apenas de 1 ou 2 milímetros (0,04 a 0,08 polegadas).

O tamanho necessário de um ventilador centrífugo depende da largura da correia e da extensão do transportador, com tamanhos variando de 2,5 a 12 quilowatt (3 a 15 hp) (Tabela 23.1). Ventiladores de acinamento direto, como especificado, melhoram a eficiência e reduzem os problemas de manutenção que podem surgir com acoplamentos mecânicos. Em situações de risco, como o manuseio de grãos ou carvão, um rotor sem faísca e motores para serviços perigosos devem ser especificados.

Os furos espaçados no centro do recipiente permitem ao ar erguer a correia (Figura 23.9). O tamanho e o espaçamento dos furos no recipiente são muito importantes para uma operação adequada, pois afetam diretamente a pressão estática e o volume na interface entre a correia e o plenum/recipiente.

Para melhores resultados, a fonte de ar deve ser localizada no centro do sistema – mesma

distância entre as partes dianteira e traseira do transportador; se há dois ou mais ventiladores, eles devem ser localizados equidistantes um do outro e entre as partes dianteira e traseira do transportador.

O ventilador é controlado por uma chave de pressão, geralmente localizada na seção dianteira do transportador, próxima ao suprimento elétrico, para economizar custos com conduítes e mão de obra. O ventilador é interligado ao transportador, de modo que o ventilador esteja funcionando antes que o fluxo comece. Para ligar o transportador, o procedimento normal é ligar primeiro o ventilador e deixar atingir a pressão necessária antes de acionar o motor. Se o ventilador falhar ao ligar ou atingir a pressão, a chave de pressão vai detectar uma baixa pressão de ar e o



Figura 23.9

Os furos espaçados no centro do recipiente permitem ao ar erguer a correia. O tamanho e o espaçamento dos furos no recipiente são muito importantes para uma operação adequada.

Tamanhos Mais Utilizados para Ventiladores Centrífugos Usados com Correias Transportadoras Suportadas por ar				
Largura da Correia	Extensão do Transportador			
	mm (in.)	Acima de 45 m (150 pés)	45-90 m (150-300 pés)	90-140 m (300-450 pés)
500-650 (24)	Tam. do Ventilador A	Tam. do Ventilador B	Tam. do Ventilador C	Tam. do Ventilador D
650-800 (30)	Tam. do Ventilador A	Tam. do Ventilador B	Tam. do Ventilador C	Tam. do Ventilador D
800-1000 (36)	Tam. do Ventilador A	Tam. do Ventilador B	Tam. do Ventilador C	Tam. do Ventilador D
1.000-1.200 (42)	Tam. do Ventilador A	Tam. do Ventilador B	Tam. do Ventilador C	Tam. do Ventilador D
1.200-1.400 (48)	Tam. do Ventilador A	Tam. do Ventilador B	Tam. do Ventilador C	Tam. do Ventilador D
1.400-1.600 (54)	Tam. do Ventilador A	Tam. do Ventilador B	Tam. do Ventilador C	Tam. do Ventilador D
1.600-1.800 (60)	Tam. do Ventilador B	Tam. do Ventilador C	Tam. do Ventilador D	Tam. do Ventilador D
1.800-2.000 (72)	Tam. do Ventilador B	Tam. do Ventilador C	Tam. do Ventilador D	Tam. do Ventilador D
Tamanho do Ventilador	Potência do Ventilador	<i>Medidas métricas e avaliação do tamanho do ventilador são conversões de Medidas Imperiais.</i>		
Tam. do Ventilador A	2,5 kW (3 hp)	<i>O tamanho do ventilador representa apenas o tamanho da centrífuga (que supre ar para erguer a correia e reduz a fricção). Isso NÃO inclui o condutor de energia do transportador.</i>		
Tam. do Ventilador B	6 kW (7,5 hp)			
Tam. do Ventilador C	7,5 kW (10 hp)			
Tam. do Ventilador D	12 kW (15 hp)			

Tabela 23.1

transportador não vai funcionar.

O ar ingerido pelo ventilador deve ser de uma fonte de ar seco e filtrado para reduzir resíduos de pó na hélice e no recipiente. Em alguns casos, o ar deve estar aquecido para evitar condensação, o que pode levar a correia a aderir ao recipiente ou deixar os resíduos bloquearem as fendas no recipiente.

Retorno Convencional ou Sustentado por Ar

O ciclo de retorno de um transportador sustentado por ar também pode ser sustentado por ar (**Figura 23.10**) ou pode ter os tradicionais roletes de retorno (**Figura 23.11**).

Sem os roletes do lado de retorno, um transportador totalmente sustentado por ar reduz os custos de manutenção. Na verdade, esse sistema pode permitir a eliminação de passagens ao longo do transportador, devido aos seus requisitos de manutenção mínimos. Em função de um ciclo de retorno sustentado por ar ser totalmente fechado e a correia ser visível apenas na dianteira e na traseira do

transportador, ele pode gerar um sistema mais limpo.

Roletes de retorno podem ter preferência em aplicações onde o ótimo desempenho do raspador de correia não pode ter manutenção, pois materiais fugitivos podem interferir nas operações do retorno suportado por ar. Roletes de retorno podem estar suspensos por braçadeiras abaixo do transportador ou fechados na estrutura abaixo do plenum suportado por ar. Um típico ciclo de retorno tem roletes instalados a cada 3 metros (10 pés).

Fechar um ciclo de retorno de transportadores sustentado por ar é recomendado apenas quando a contaminação é um problema crítico. Um ciclo de retorno fechado pode usar tanta energia quanto o lado de carregamento, e o custo do fechamento frequentemente sobrepassa qualquer benefício. Além disso, há o problema de acúmulo de pó e resíduos na câmara do ciclo de retorno. Normalmente é mais econômico instalar e fazer a manutenção de um bom sistema de limpeza de correia. Em um ciclo de retorno sustentado por ar, a correia tende a querer levantar no centro, e as bordas a tocar o recipiente, se a correia não estiver com a rigidez adequada. Às vezes é difícil balancear o fluxo de ar e a pressão requerida pelo ciclo de retorno e o ciclo de carregamento com um ventilador. O suporte de ar no retorno do transportador também aumenta o custo de fabricação. O custo de um sistema de raspadores de correia eficazes e sua manutenção, geralmente é muito menor do que o custo adicionado do fechamento do ciclo de retorno.

Estrutura de Suporte para Transportadores Sustentados por Ar

Comparados com os transportadores convencionais reforçados ou com treliças, transportadores sustentados por ar podem percorrer distâncias mais longas com menos estrutura, em função da força estrutural do plenum/recipientes do sistema sustentado por ar (**Figura 23.12**). Isso proporciona o benefício de reduzir o investimento capital no sistema transportador.

Em um transportador tradicional, por exemplo, um pilar de suporte é necessário a cada 15 metros (50 pés), aproximadamente.

Figura 23.10

Uma correia transportadora sustentada por ar pode incorporar um retorno sustentado por ar.



Figura 23.11

O ciclo de retorno de um transportador sustentado por ar pode ter os tradicionais roletes de retorno.



Por causa da força de seus plenums, um transportador sustentado por ar pode precisar de menos pilares de suporte, reduzindo então o investimento em pilares de concreto e estrutura de aço. Em um exemplo, um sistema de correia transportadora foi instalado numa usina de queima de madeira perto do Mar do Norte, próximo a Emden, Alemanha. Projetado com um sistema de treliça triangular, esse transportador sustentado por ar percorre distâncias de aproximadamente 50 metros (160 pés) e sustenta os 167 metros (550 pés) de extensão do transportador com apenas dois suportes intermediários. Cada aplicação deve ser avaliada por engenheiros qualificados para determinar os requisitos para a fundação e a estrutura.

Componentes Convencionais

Transportadores sustentados por ar podem usar estruturas de transportadores, chutes de carga e descarga e estruturas de suporte padrão. Isso permite a conversão para, ou a conexão de, muitas correias transportadoras padrão existentes em sistemas sustentados por ar.

Embora um transportador sustentado por ar utilize uma estrutura de transporte convencional, a emenda da correia deve ser preferencialmente vulcanizada, do que mecânica. Isso vai prevenir dano ao recipiente e à emenda do contato entre metais, associado com emendas mecânicas passando sobre o sistema. Aceleradores de correia mecânicos podem ser usados, conquanto as emendas sejam retidas propriamente e, então, podem ser revestidos com borracha de vedação.

Carregando um Transportador Sustentado por Ar

Por causa da baixa fricção contra a correia, o desalinhamento de forças, como uma carga fora de centro, é particularmente problemática para transportadores sustentados por ar. Consequentemente, a colocação adequada da carga é de extrema importância para o sucesso da operação de um transportador sustentado por ar. A carga deve estar devidamente centralizada e colocada com o menor impacto possível. Isso pode requerer o carregamento por meio de um chute de curva inferior, para colocar o material suavemente na correia, com a velocidade e direção ideais. De várias maneiras, transportadores sustentados por ar são ideais

com a utilização de chutes de transferência projetados do tipo curva superior e curva inferior - (chute curvo superior e chute curvo inferior) - (**Figura 23.13**). (Veja o Capítulo 22: *Chutes de Fluxo Projetados*.)

Para regular a entrega da carga a um transportador sustentado por ar, alimentadores ou portas de controle às vezes são utilizados em conjunto com o chute de curva inferior. Essas portas ajudam a entregar uma carga consistente ao transportador sustentado por ar e previne o empilhamento de material em uma área. Uma entrega regulada de material para a correia elimina as condições de “avalanche” que impedem a operação suave do sistema.

Operar o transportador sustentado por ar, sem estar carregado de material, não é recomendado. Quando não há carga na correia, a lacuna de ar embaixo da correia aumenta, o que eleva o volume de ar utilizado. A pressão cai; todavia, o volume contribui mais para o consumo de energia do que a pressão.

Transportadores sustentados por ar não devem ser submetidos a impactos de carregamento acima das taxas de impacto leve, conforme pode ser encontrado na publicação



Figura 23.12

Usando um sistema de treliça triangular, esse transportador sustentado por ar precisa apenas de dois suportes intermediários para cobrir a extensão de 167 metros (550 pés) do sistema, muito abaixo do que um transportador convencional precisaria.



Figura 23.13

A colocação correta da carga é de extrema importância para a operação bem-sucedida de um transportador sustentado por ar, tornando os chutes de transferência projetados, com “curva superior e curva inferior”, ideais para sistemas sustentados por ar.

da Associação de Fabricantes de Equipamentos de Transportes (do inglês, CEMA) CEMA STANDARD 575-2000 *Cradle de Impacto/ Padrão de Leito*. Uma solução para condições de carregamento de alto impacto é usar componentes de ponto de transferência convencionais (p. ex., mesas de impacto e roletes de impacto) para reduzir o impacto na zona de carregamento, e, então, mudar para o sistema sustentado por ar do lado de fora da área de carga. Seções de transportadores convencionais podem ser facilmente inseridas em sistemas de transportadores sustentados por ar para permitir o uso de acessórios como, por exemplo, balanças. Ainda é importante ter a carga centralizada adequadamente na porção sustentada por ar desses sistemas híbridos.

VANTAGENS DOS SISTEMAS SUSTENTADOS POR AR

Os Benefícios do Percurso mais Suave

Sistemas tradicionais de suporte de correia em zonas de carga consistem em roletes de impacto, ou padrão, que são colocados o mais próximo possível um do outro. Mesmo nas melhores instalações, entretanto, os roletes côncavos proporcionam uma linha de correia abaixo do ideal. O material segue uma superfície similar a uma montanha-russa (**Figura 23.14**). A correia se move para cima e para baixo à medida que ela atravessa os roletes. Esse movimento para cima e para baixo agita o material, deixando que algumas partículas se dispersem no ar, fazendo o material segregar por tamanho ou empurrando para fora da correia, onde possa ser derramado.

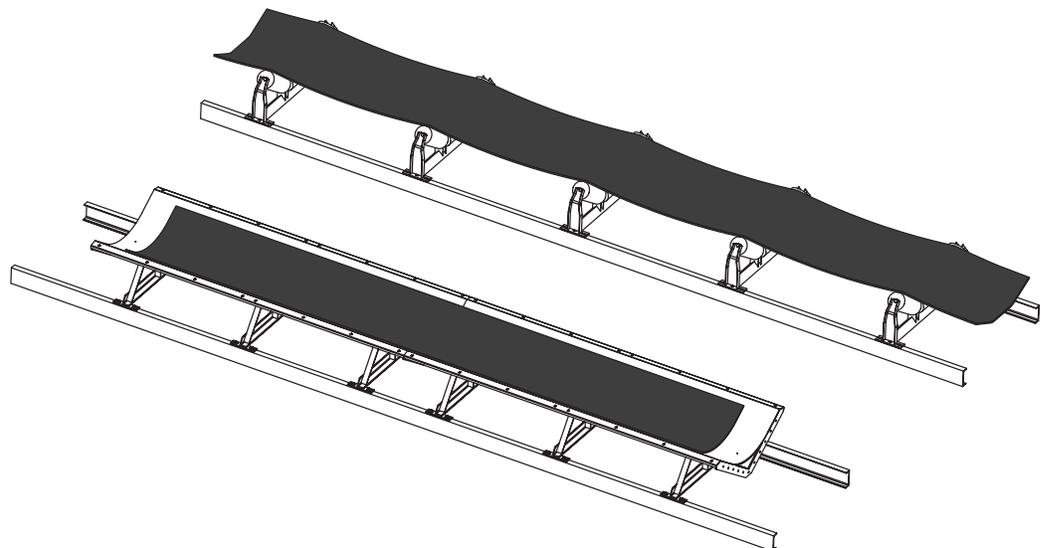
Se os roletes estão espaçados a apenas 225 milímetros (9 in.), a correia ainda pode ceder entre os roletes, deixando o pó e o derramamento escaparem da correia. Além disso, essa falha cria pontos de travamento entre a correia e o aço vertical nas calhas ou as chapas de desgaste. Esses pontos de pressão podem pegar materiais que podem, então, desgastar a superfície da correia. Em muitos casos, o sistema de vedação é culpado pelo dano à correia, quando foi, na verdade, o travamento do material que causou a abrasão.

Como os transportadores sustentados por ar usam preferencialmente um recipiente em vez de roletes para criar a linha da correia, eles apresentam uma superfície suave e uma linha de correia de nível que, quando combinadas com o carregamento central, podem permitir a eliminação de sistemas de calhas de transferência e vedação. Suporte de correia estável e eliminação de calhas de transferência previnem pontos de travamento que deixam o material ficar encaixado ou congestionado.

Em transportadores com inclinação íngreme, o movimento da correia sobre os roletes pode atrapalhar o material suficientemente, de forma que leve cascalhos de material a rolar de volta para dentro do transportador, conforme a correia avance inclinação acima. Com sua superfície estável, o transportador sustentado por ar elimina o distúrbio da carga conforme ela passa sobre os roletes em um transportador convencional. Essa superfície permitirá aos transportadores sustentados por ar operar ao ângulo mais íngreme do que transportadores de roletes. Esse benefício interessa para operações

Figura 23.14

Os roletes de um transportador convencional proporcionam uma linha de correia abaixo do ideal. Então, o material segue uma superfície similar a uma "montanha-russa". Um transportador sustentado por ar usa um recipiente côncavo para proporcionar um caminho suave e estável para a correia e a carga.



de manuseio de materiais a granel e que tendem a rolar de volta para o transportador. Geralmente o ganho em inclinação é de 3 graus. Esse aumento no ângulo age de forma a reduzir a extensão absoluta do transportador, reduzindo

o custo instalado, quando comparado com um transportador de correia com roletes.

Vantagens e Desvantagens de Correias Transportadoras Sustentadas por Ar	
Benefícios	
<p>A. Controle de Pó Efetivo: Quando o sistema sustentado por ar é utilizado da área de carregamento para o chute dianteiro, pode-se atingir um controle de pó total.</p> <p>B. Alinhamento/Monitoramento de Correia Melhorado: Transportadores sustentados por ar têm ação auto-centralizadora.</p> <p>C. Superfície da Correia Estável: Roletes espaçados ao longo do transportador criam picos e vales na linha da correia onde a carga é agitada e começa a segregar-se; os resíduos terminam na base, e as peças maiores, no topo. O transportador sustentado por ar oferece uma condução suave para a carga, com menos vazamento, segregação e degradação do material.</p> <p>D. Custo Operacional Mais Baixo: Em transportadores horizontais, os transportadores sustentados por ar podem usar até 30% menos energia; em transportadores inclinados, a energia economizada é de até 5%.</p> <p>E. Custo de Manutenção Reduzido: Não há roletes do lado de carregamento. Então, não há roletes para substituir e não é necessária nenhuma lubrificação de roletes.</p> <p>F. Sem Vedação de Calha: Nenhuma vedação lateral é necessária na área de carregamento, pois a parede do chute/chapa de desgaste forma uma barreira para conter o material carregado.</p>	<p>G. Disponibilidade de Substituição: Novos desenhos permitem aos transportadores sustentados por ar serem instalados em uma estrutura existente (transportadores convencionais) e sistemas de suporte. Seções de roletes convencionais e sustentados por ar podem ser misturadas em um único transportador, para permitir zonas de carga, roletes de alinhamento, balanças de correia ou outros requerimentos.</p> <p>H. Melhor Condição de Produto: Uma correia sustentada por ar é ajustável à carga. Não há nenhum tráfego “montanha-russa” sobre os roletes. Logo, não há nenhuma segregação de material, nenhuma degradação de produto e nenhum rompimento. Em função de o transportador estar totalmente fechado, não há contaminação do material transportado.</p> <p>I. Maiores Inclinações Permitidas: Eliminando a agitação da carga, transportadores sustentados por ar podem permitir inclinações mais íngremes, dependendo das propriedades do material a granel.</p> <p>J. Economia nas Passagens: Eliminando roletes e reduzindo a lubrificação de rotina, e a manutenção do transportador, transportadores sustentados por ar podem permitir a eliminação de passarelas.</p> <p>K. Melhor Segurança: O sistema possui menos partes móveis que trazem risco aos trabalhadores.</p>
Desvantagens	
<p>A. Necessidade de Sistemas de Limpeza de Correia Customizados: Transportadores sustentados por ar requerem sistemas de limpeza de correia agressivos para garantir que o material de retorno seja controlado. Material de retorno pode também tampar os buracos de suprimento de ar quando permitidos em uma área de plenum.</p> <p>B. Alinhamento Afetado pelo Acúmulo de Material: O alinhamento de correia pode ser afetado por materiais fugitivos acumulados em componentes do sistema.</p> <p>C. Necessidade da Carga Centralizada: O transportador sustentado por ar deve estar com a carga centralizada ou ocorrerá o desvio da correia. Nenhum dispositivo de alinhamento de correia pode ser instalado junto ao sistema sustentado por ar.</p> <p>D. Necessidade de Fluxo Estável: Surtos de material devem ser evitados, pois o sistema é totalmente fechado. Bloqueio e desligamento do sistema poderão ocorrer.</p>	<p>E. Limitações no Impacto de Carregamento: O impacto deve ser minimizado na área de carregamento ou ocorrerão danos ao plenum.</p> <p>F. Investimento Inicial Mais Alto: O custo inicial é mais alto do que para um sistema transportador convencional.</p> <p>G. Acesso Reduzido para Inspeção: O transportador é totalmente fechado, o que dificulta a inspeção da carga ou do interior do sistema.</p> <p>H. Inaptidão para Aplicações Pesadas: O sistema pode não ser apto a aplicações pesadas.</p> <p>I. Margem de Erro Reduzida no Projeto ou na Instalação: O sucesso da instalação pode depender da superfície e das juntas da correia entre plenum/recipientes.</p>

Contenção de Pó

Pó é gerado quando o fluxo de material encontra movimento no ar, que pode ser resultado da velocidade da queda do material, do equipamento mecânico ou de outras influências externas. Velocidades mais altas de ar se movendo através do fluxo de material podem penetrar em maiores quantidades de pó. Um transportador sustentado por ar bem desenhado e adequadamente instalado tem um sistema de transporte totalmente fechado, que pode prevenir que o pó gerado seja expelido no ambiente (**Figura 23.15**). Transportadores sustentados por ar geralmente precisam de um sistema coletor de pó menor, como um filtro

inserível, em comparação com transportadores convencionais e pontos de transferência (**Figura 23.16**).

Coberturas de transportadores no estilo “curva superior”, instaladas sobre o lado côncavo das correias transportadoras convencionais, não impedirão o vento de soprar o material para fora da correia, mas, em muitos casos, a velocidade do ar aumentará devido ao vento forte na direção de retorno do transportador. Um sistema sustentado por ar projetado adequadamente fica totalmente fechado no seu lado de carregamento; conseqüentemente, não há influências externas para “espalhar” o material, ou soprá-lo para fora da correia.

À medida que a extensão da cobertura criada pelo sistema transportador sustentado por ar aumenta, o pó no ar ganha mais tempo para “assentar” e retornar para o leito do material na correia. Como resultado, transportadores sustentados por ar são bem convenientes para carregar materiais que apresentem perigos de fogo ou explosão, incluindo carvão pulverizado ou grãos.

Para melhorar o controle de pó, algumas operações escolhem transportadores sustentados por ar que estejam totalmente fechados em ambas as tramas do topo e da base da correia e também na torre de levantamento (**Figura 23.17**). O fechamento total do lado de carregamento do transportador melhorará o desempenho dos sistemas coletores de pó, pois reduzirá ao mínimo a área aberta e impedirá o ar exterior de entrar no interior do coletor.

Figura 23.15

Uma correia transportadora sustentada por ar instalada adequadamente e bem projetada é totalmente fechada no seu lado de carregamento para limitar a fuga de pó.



Figura 23.16

Um coletor de pó inserível pode ser usado em um transportador sustentado por ar para prevenir o escape de pó no ar.



Figura 23.17

Essa correia transportadora sustentada por ar, em usina de cimento, incorpora um levantamento de gravidade totalmente fechado para a completa contenção de material fugitivo.



APLICAÇÕES E INSTALAÇÃO

Aplicações Ideais para Transportadores Sustentados por Ar

Uma aplicação onde o transporte sustentado por ar possa proporcionar o mais vantajoso retorno em investimento é a em que a carga é um material leve, facilmente arrastado no ar. Esses materiais incluem cimento, carvão pulverizado, placas de madeira e grãos.

O sistema sustentado por ar é ainda mais vantajoso quando há informações de segurança sobre exposição ao próprio material ou onde qualquer vazamento ou pó apresentam perigo ambiental. Por causa de sua natureza totalmente

fechada, transportadores sustentados por ar são bem convenientes para carregar materiais poeirentos que apresentam perigo de fogo ou explosão, incluindo carvão pulverizado ou grãos.

Aplicações Não-Convenientes para Transportadores Sustentados por Ar

Apenas mudar de um transportador padrão para um sistema transportador sustentado por ar não vai eliminar problemas preexistentes. Embora transportadores sustentados por ar tenham sido instalados com sucesso e operados em uma larga variedade de configurações industriais, há certas aplicações onde esse equipamento não é recomendado:

A. Alto grau de impacto.

Situações onde há um alto grau de impacto na área de carregamento não são propícias para transporte sustentado por ar.

B. Propensão a entupimento.

Aplicações onde o material ou o projeto do chute estejam propensos a entupir não são boas aplicações para transportadores sustentados por ar.

C. Desligamento dos circuitos de energia.

Se o circuito de energia de um transportador for desligado, em função de os operadores estarem sobrecarregando um sistema convencional, isso provavelmente irá “desligar” também o sistema sustentado por ar como resultado da sobrecarga.

D. Pressão de carga dianteira significativa.

Aplicações onde há uma pressão de carga dianteira significativa, como pode ser encontrada sob um funil alimentador ou um chute totalmente carregado, não são propícias ao transporte sustentado por ar.

E. Carga pesada na zona de carregamento.

Transportadores sustentados por ar são capazes de levantar 975 quilogramas por metro quadrado (200 lbsm/pés²). Se a carga da correia no seu ponto de carregamento exceder essa quantidade, um transportador convencional com roletes pode ser mais apropriado para a aplicação.

F. Cascalhos grandes.

Material contendo ocasionais cascalhos mais

largos do que 125 milímetros (5 polegadas) devem incluir uma significativa porção de finos resíduos para se adequar ao transporte sustentado por ar.

G. Falta de manutenção ou material aderente.

Entupimento do plenum, e dos furos no recipiente, pode ocorrer quando há falta de raspador de correia e manutenção do filtro do ventilador ou materiais pegajosos.

H. Curvas firmes.

Instalações com curvas horizontais firmes ou verticais convexas geralmente não são boas aplicações para transportadores sustentados por ar. Curvas convexas são possíveis com o uso de roletes convencionais na seção curva.

Instalação de um Transportador Sustentado por Ar

Independentemente de o transportador sustentado por ar ser uma nova construção ou uma readaptação, a instalação vai requerer alguns detalhes especiais e um alto nível de mão de obra para garantir uma operação eficiente. A colocação do plenum pode requerer equipamentos pesados ou guinchos para erguer as seções na posição. Os plenums vão precisar ser cuidadosamente alinhados, e a passagem de ar através da base das seções deve ser firmemente vedada (com materiais de calafetagem, ou vedação) para prevenir o vazamento do ar. As bordas do recipiente precisam ser precisamente alinhadas para impedir qualquer borda erguida de raspar a cobertura da correia.

Readaptação *versus* Nova Construção

A construção modular de transportadores sustentados por ar torna-os apropriados para aplicações de readaptação. Em função de seu projeto atender com os perfis da CEMA ou da



Figura 23.18

Em função de seu projeto atender com os padrões da CEMA ou ISO de roletes existentes, as seções sustentadas por ar podem ser facilmente incorporadas em sistemas transportadores existentes.

Organização Internacional para Padronização (do inglês, ISO) dos roletes existentes, as seções sustentadas por ar podem facilmente ser incorporadas nos sistemas transportadores existentes (**Figura 23.18**). Os plenums podem ser instalados no topo de longarinas existentes. Isso permite aos transportadores sustentados por ar serem utilizados para atualizar ou adaptar um sistema existente, e a compatibilidade dos transportadores sustentados por ar com os padrões da CEMA ou da ISO vai permitir que os sistemas atualizem diversos sistemas de correias transportadoras já existentes. É possível converter um transportador existente para um sistema sustentado por ar sem desmontar todo o transportador, instalando uma seção por vez. O ventilador é dimensionado para a instalação completa e o fluxo de ar ajustado com um *dampner* para equivaler ao número de seções instaladas.

Para novas construções, os plenums do transportador sustentados por ar podem ser integrados na estrutura de suporte do transportador.

MANUTENÇÃO DO SISTEMA

Eliminando (ou quase eliminando) os roletes em um transportador sustentado por ar, o gasto de ambos, a substituição dos componentes de rolagem e as horas de trabalho requeridas para fazer a manutenção do sistema são significativamente reduzidos.

Outra oportunidade para redução de

despesas com manutenção e substituição de componentes é a eliminação de um sistema de vedação de calhas-guia. Com sua superfície da correia estável, os transportadores sustentados por ar vão permitir a substituição das chapas de desgaste bem perto da correia. Isso pode eliminar a necessidade de um sistema de vedação lateral ou pelo menos reduzir a extensão do sistema requerido.

É essencial que o sistema de limpeza de correia do transportador sustentado por ar funcione a um nível ideal para eliminar material fugitivo. Limpeza efetiva da correia é muito importante em um sistema de retorno sustentado por ar para prevenir resíduos de material, resquíio no plenum de retorno ou fechar os furos de ar no recipiente.

Se os furos de ar ficarem entupidos, a limpeza pode ser feita soprando-os com ar comprimido ou, em pior caso, furando novamente. Em casos extremos, novos furos do plenum podem ser feitos com a correia no lugar, furando através da correia e do plenum e, então, cobrindo os buracos na correia com fita elástica.

A manutenção regular do filtro de ar inserido é requerida para manter a saída do ventilador.

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

A. Projeto

O sistema de manuseio de materiais a granel vai incorporar um sistema



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Em função de todo o componente de rolagem em um sistema transportador tradicional não ser somente uma informação de manutenção, mas também uma questão de segurança, transportadores sustentados por ar são inerentemente mais seguros de se operar e fazer manutenção, pois eles têm menos partes móveis. O transportador fechado também possui menos risco para o pessoal da fábrica, pois há menos perigo de se ficar preso na correia transportadora móvel ou travado em componentes de rolagem.

Independentemente, ainda há pontos

de pressão que vão precisar ser guardados. Procedimentos próprios de desligar/bloquear/sinalizar devem ser seguidos com transportadores sustentados por ar.

Transportadores sustentados por ar podem ser menos ruidosos do que transportadores tradicionais, pois eles têm menos componentes de rolagem (roletes) que geram ruído quando a correia passa por eles. O ventilador é a parte mais ruidosa do sistema, tipicamente operando a 75 a 85 decibéis; o transportador sustentado por ar opera a 60 decibéis.

transportador sustentado por ar. Essa correia transportadora sustentada por ar será projetada por um experiente engenheiro de transportador e construída segundo os padrões da CEMA.

B. Suporte de ar.

Esse transportador vai usar uma camada ou fluxo de ar liberado através de um recipiente de formato côncavo, abaixo da correia do transportador, para sustentar a correia e a carga sem precisar de roletes no lado de carregamento. O ar vai ser suprido por um ventilador centrífugo de baixa pressão.

C. Roletes.

Roletes convencionais serão usados para transições da correia e ciclo de retorno.

D. Plenum.

O transportador sustentado por ar vai usar um plenum em forma de “V” para permitir movimento de ar ao longo da extensão do transportador. O recipiente vai inclinar a correia a um ângulo de 30° ou 35° sem distorção da linha da correia.

E. Aplicações antigas.

A integridade estrutural do plenum deve permitir seu uso em aplicações antigas sem precisar de modificação/replanejamento/reforço da estrutura do transportador.

F. Lado de carregamento fechado.

Composto de aço leve (ou inoxidável) galvanizado, esse transportador sustentado por ar será totalmente fechado no lado de carregamento da correia para prevenir a liberação de material fugitivo. A estrutura será modular na construção para simplificar a instalação.

G. Zona de carregamento.

A área de carregamento da correia transportadora sustentada por ar irá incorporar um sistema de chute projetado para carregar o material no transportador de forma centralizada e com mínimos níveis de impacto. A colocação apropriada do material vai permitir o carregamento do material sem precisar de mesa de impacto.

H. Limpeza da correia.

O transportador sustentado por ar irá incorporar um adequado sistema de limpeza

de vários elementos. Esse sistema será composto de, no mínimo, um raspador primário de poliuretano instalado na polia dianteira, abaixo da trajetória de descarga do material, e um ou mais raspadores secundários, incorporando carbeto de tungstênio. O sistema de limpeza também vai incluir um limpador V laminado em borracha, para proteger a polia traseira. Raspadores adicionais, e/ou específicos, devem ser incorporados para manter a limpeza efetiva, conforme determinado pelas características do material e condições de operação.

I. Fabricação/instalação.

Para atingir um suporte de correia uniforme, os plenums, do transportador sustentado por ar, devem ser fabricados com tolerâncias mínimas e as seções devem ser cuidadosamente alinhadas durante a instalação.

O TRANSPORTADOR CERTO PARA AS CIRCUNSTÂNCIAS CERTAS

Finalizando...

Enquanto não são aplicáveis para todas as circunstâncias, correias transportadoras sustentadas por ar oferecem melhorias significativas em transportadores convencionais, incluindo um melhor controle de pó e derramamento. A chave para um transportador sustentado por ar eficaz é um compromisso para proporcionar condições de carregamento de correia adequadas. Ao abordar questões como alto impacto, ou descentralização da carga, com a instalação de chutes curvos inferiores para centralização de carga, uma planta pode, utilizando chute curvo inferior, obter os benefícios de um transporte sustentado por ar de baixa manutenção, eficiente e limpo. Correias transportadoras sustentadas por ar podem ser particularmente benéficas quando instaladas em combinação com chutes de carregamento de fluxo projetados.

A Seguir...

Este capítulo sobre Transportadores Sustentados por Ar, o terceiro capítulo da seção Conceitos de Vanguarda, explicou como eles podem melhorar o controle de pó e vazamento. O próximo capítulo continua essa seção, com foco em Sistemas de Lavagem de Correia.

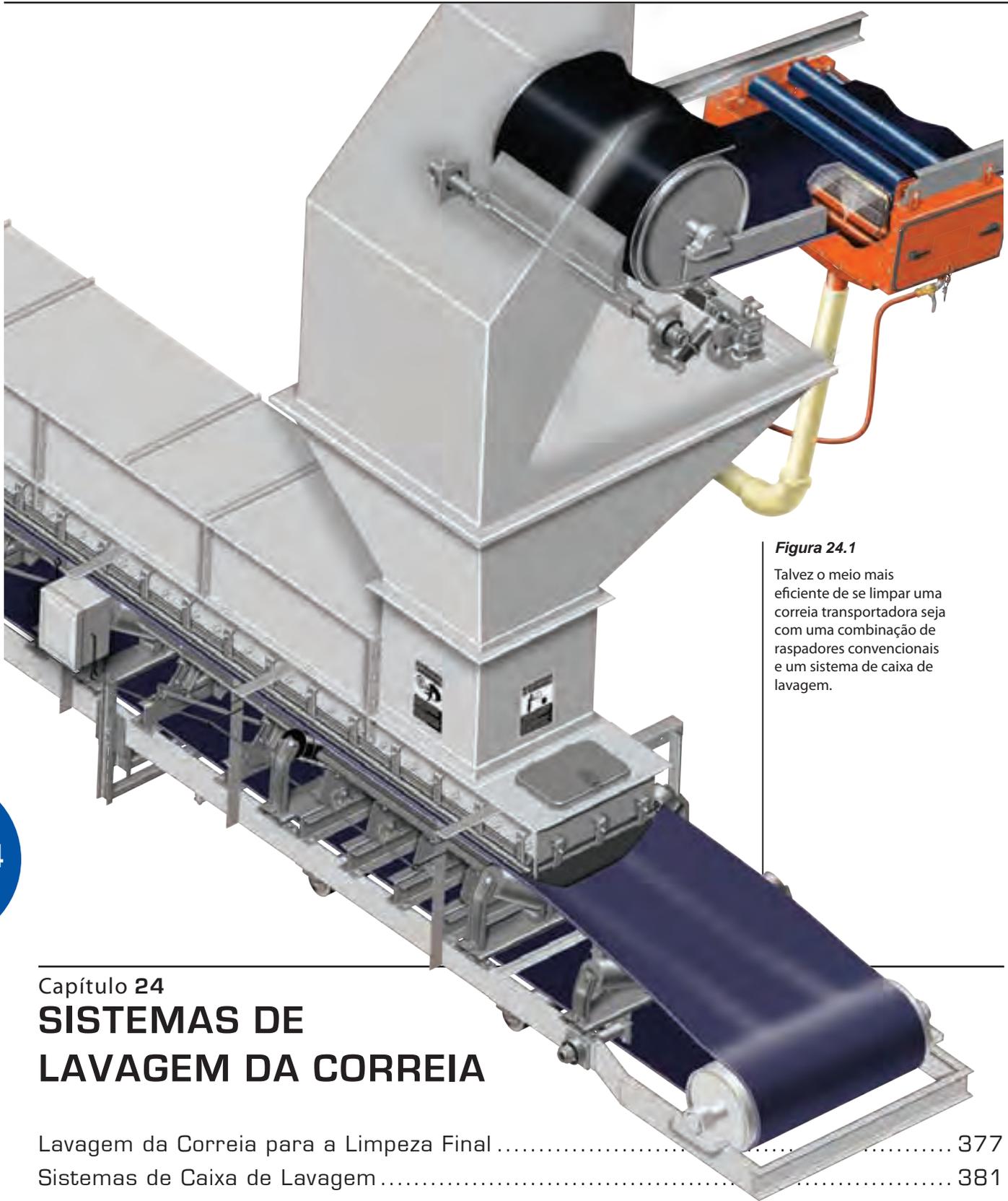


Figura 24.1

Talvez o meio mais eficiente de se limpar uma correia transportadora seja com uma combinação de raspadores convencionais e um sistema de caixa de lavagem.

24

Capítulo 24
SISTEMAS DE LAVAGEM DA CORREIA

Lavagem da Correia para a Limpeza Final	377
Sistemas de Caixa de Lavagem	381
Especificações Mais Utilizadas	390
Tópicos Avançados	390
Projetos de Sistemas de Lavagem de Correia	394
Questão de Segurança	395

Neste Capítulo...

Este capítulo vai cobrir os princípios dos sistemas de caixa de lavagem, discutir como sistemas de lavagem são especificados e projetados e rever as opções para manuseio de água, secagem da correia e reciclagem de água e sólidos.

Talvez o meio mais eficiente para se limpar uma correia transportadora seja com uma combinação de limpadores convencionais e um sistema de caixa de lavagem (**Figura 24.1**).

Sistemas de lavagem de correia são um método comprovado de remover materiais residuais das correias transportadoras, em aplicações onde questões ambientais, conceitos regulatórios ou outras questões exijam uma limpeza de alta eficiência. O sistema típico de lavagem de correia, ou caixa de lavagem, conterá algumas combinações de barras ou bicos de água cobrindo a largura de carregamento da correia, seguido por qualquer um dos modelos de dispositivos de limpeza de correia: de raspadores a escovas rotativas. Algumas variações de um sistema de secagem de correia, de roletes de pressão, as saídas de ar com pressão podem vir em seguida. Além disso, o sistema deve incluir arranjos para o manuseio da descarga de efluente (o resto de água e sólidos removidos) e para a separação, reciclagem e/ou disponibilização da água e do material removido. O sistema também vai incluir componentes fechados, selantes, para reduzir o *spray* em excesso, o controle e acesso, para permitir inspeção e manutenção (**Figura 24.2**).

A questão principal é o uso da água, a qual é frequentemente limitada em operações industriais. Muitas indústrias têm restrições severas em quanto de água pode ser consumida, ou adicionada ao material.

Outras operações têm exigências severas sobre o que deve acontecer ao efluente removido (sólidos/água misturada). A reciclagem de água é uma opção viável nesses casos. Algumas indústrias usarão um tanque de sedimentação para separar os resíduos da água, de modo que a água possa ser reutilizada. Outras vão coletar a água/os sólidos por disposição. O material efluente é então passado através de um sistema de reciclagem de água (ou sistema de separação de material) para remover os sólidos e retornar a água “limpa” ao sistema para reuso. Os sólidos então, podem ser devolvidos ao sistema de manuseio de material.

Um segundo inconveniente em se adicionar água ao processo de limpeza é que a própria água pode causar problemas de “descida” no transportador. A água vai “envelhecer” prematuramente rolamentos, roletes e outros equipamentos vitais para a operação do transportador. Mesmo pequenas quantidades de água residual na correia podem causar problemas. Métodos de secagem da correia têm sido desenvolvidos para ajudar a reduzir esses problemas, mantendo a água local para o sistema de lavagem e não permitindo que ela seja devolvida ao sistema transportador ou à usina.

LAVAGEM DA CORREIA PARA A LIMPEZA FINAL

Água no Processo de Limpeza da Correia

A água ajuda o processo de limpeza da correia de uma série de maneiras (*Veja o Capítulo 14: Limpeza da Correia*) A adição de água ao processo de limpeza tem seus próprios inconvenientes, mas que podem ser superados com outros componentes e acessórios de sistemas de lavagem de correia. Com o projeto apropriado, um sistema de lavagem de correia pode reduzir drasticamente a quantidade de material que é devolvida através do sistema transportador.

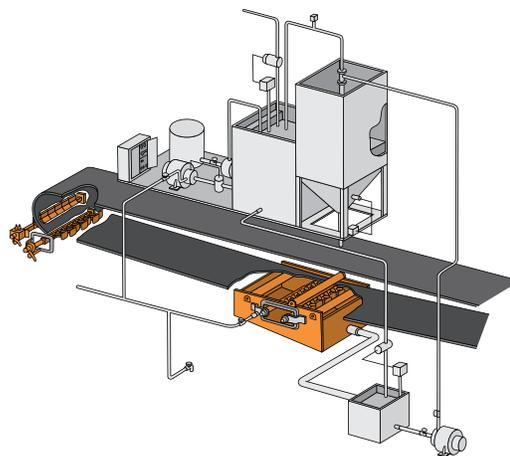


Figura 24.2

O sistema típico de lavagem de correia contém barras ou bicos de água, seguidos por outros dispositivos de limpeza de correia e possivelmente um sistema de secagem de correia. Isso inclui também arranjos para o manuseio da descarga de efluente e para separação, reciclagem e/ou disposição da água e do material removido, juntamente com componentes fechados, selantes, de controle e acesso.

Muitas indústrias ou empresas são relutantes em adicionar água no sistema de manuseio de materiais em qualquer ponto, principalmente por causa de algum entendimento limitado do efeito que a água tem no fluxo de materiais a granel. Enquanto é verdade que um aumento no teor de umidade do material a granel pode ter um efeito dramático no comportamento do material, que é sensível a outros processos e equipamentos de manuseio, a quantidade de água adicionada ao sistema para a remoção de material de retorno é muito pequena proporcionalmente ao total de carga transportada. Material de retorno causa muito mais problemas do que a adição dessas pequenas porções de água ao sistema.

A maioria das circunstâncias em que a(s) correia(s) transportadora(s) é(são) lavada(s) por algum tipo de tecnologia discutida neste capítulo são aplicações onde altos níveis de desempenho de limpeza de correia são exigidos. Isso poderia incluir sistemas de carga e descarga de navio, onde o escape de material de retorno pode poluir o ambiente e levar a questões com agências regulatórias, vizinhos e ativistas ambientais. Outras aplicações em que as mesmas questões levam ao uso de sistemas de lavagem de correia são transportadores de larga escala, onde a natureza de cruzar largos terrenos da superfície do transportador pode deixar que materiais escapem para o lado do ambiente. Sistemas de lavagem de correias também são vistos em sistemas transportadores usados para carregar cargas muito diferentes; a correia é lavada para eliminar o potencial de contaminação.

Os Princípios da Lavagem de Correia

Os princípios dos sistemas de lavagem de correia não são significativamente diferentes dos princípios dos sistemas de limpeza de correia em geral. Independentemente, sistemas de

lavagem são tecnicamente mais sofisticados e muito mais eficientes do que os tradicionais métodos mecânicos de limpeza de correia. A água melhora a efetividade de um sistema de limpeza em uma série de maneiras:

- A. A água “amacia” o material a granel, tornando-o mais fácil de ser removido.
- B. A água mantém as lâminas do raspador de correia livres de acúmulos, maximizando sua eficiência de limpeza.
- C. A água reduz a fricção entre a correia e as lâminas de limpeza, diminuindo as forças que geram o desgaste da lâmina e da correia, o que melhora a expectativa de vida das lâminas e, então, aumenta o intervalo de manutenção.

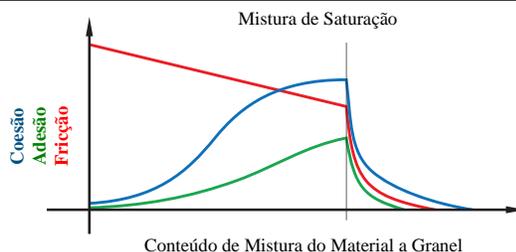
Amaciando o Material a Granel

Durante o transporte, o movimento da correia através dos rolos vai peneirar os resquícios e a umidade presentes na carga abaixo e torná-los compactados na superfície da correia. A missão da água no sistema de lavagem de correia é amaciar o material a granel e reduzir sua força interna (coesão) e sua habilidade de grudar na correia (adesão). Isso permite aos elementos de limpeza removerem material mais eficientemente da correia.

A adição de água vai aumentar a coesão e a adesão de um material a granel a um nível máximo, ponto no qual essas propriedades diminuem de forma dramática (**Figura 24.3**). Esse ponto crítico é a mistura de saturação do material de massa. A força das propriedades “residuais” do material a granel depende de suas propriedades de coesão e adesão. Consequentemente, a força do material a granel diminuirá drasticamente, uma vez que o material está além do seu ponto de saturação. Nesse ponto, o material se torna mais uma pasta. Se o material pode ser “úmido” o suficiente, é muito menos provável que sobrem resquícios ou que ele pegue em qualquer superfície, incluindo a correia e as lâminas de limpeza. Molhar material faz o processo de limpeza da correia muito mais eficiente do que usar o raspador mecânico sozinho.

Figura 24.3

A adição de água aumenta a coesão e a adesão do material a granel a um nível máximo, ponto no qual essas propriedades diminuem de maneira dramática.



Mantendo as Lâminas Livres de Resquícios

Um segundo benefício da água na limpeza de correia é manter as bordas orientadoras das lâminas de limpeza livres de resquícios (Figura 24.4). Nas instalações de raspador de correia convencional (“seco”), essa região de material estagnado vai certamente formar um acúmulo de material na ponta da lâmina (Figura 24.5). A menos que seja “limpo”, esse material vai inevitavelmente, de alguma forma, passar pelas lâminas limpadoras e ser devolvido pelo sistema transportador, ou continuar a crescer, aumentando a área da superfície de contato com a correia e reduzindo a pressão de limpeza, deixando mais material de retorno ser carregado pelo sistema. Sprays de água são usados para evitar que o material forme essa camada estagnada na superfície da lâmina limpadora de correia (Figura 24.6).

Reduzindo a Fricção Lâmina-Correia

A água também melhora o desempenho do sistema raspador de correia ou da estação de lavagem de correia, agindo como um lubrificante entre a ponta da lâmina e a superfície da correia (Figura 24.7). Isso tem uma série de vantagens: a presença de água reduz as forças de sucção ou friccionais nas lâminas limpadoras da correia e na própria correia. A redução dessas forças aumenta a vida útil das lâminas limpadoras: menos fricção significa menos desgaste da lâmina.

Outra vantagem é que a redução dessas forças friccionais reduzirá o aquecimento dos acúmulos na ponta das lâminas limpadoras de correia, minimizando a quebra térmica das lâminas e, então, estendendo sua vida útil.

Além de melhorar a vida útil das lâminas, a presença de água também vai minimizar o desgaste da correia transportadora.

Testes de campo têm mostrado que um único *spray* de água de baixo volume no pré-limpador de um sistema de limpeza duplo aumenta a eficiência de limpeza do sistema de sete a dez pontos percentuais, e pode dobrar o intervalo entre procedimentos de manutenção exigidos. Em um documento apresentado à Conferência de Engenharia Carvoeira Internacional de 1990, na Austrália, J. H. Planner informou que adicionando *spray* de água a vários sistemas de limpeza convencionais aumentou a eficiência

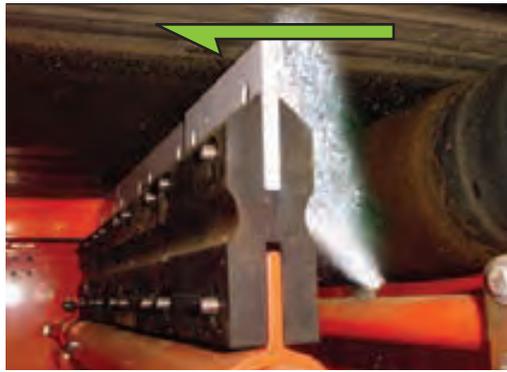


Figura 24.4

Um benefício da água na limpeza de correia é manter a borda dianteira da lâmina de limpeza livre de acúmulos.

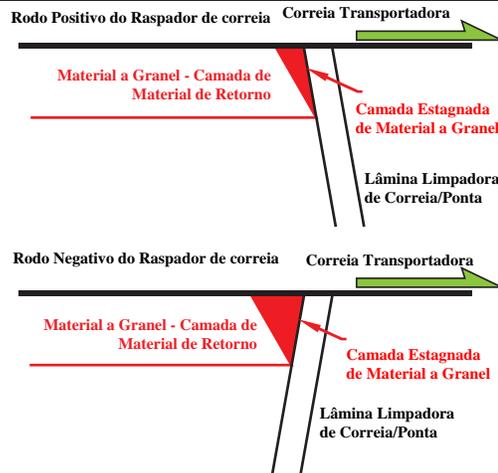


Figura 24.5

Em instalações de raspador de correia convencional (“seco”), a região de material estagnado formará um acúmulo de material na ponta da lâmina.



Figura 24.6

Sprays de água são usados para prevenir a formação da camada estagnada na superfície da lâmina limpadora de correia. Esquerda: Spray de água funcional. Direita: Spray de água não funcional.

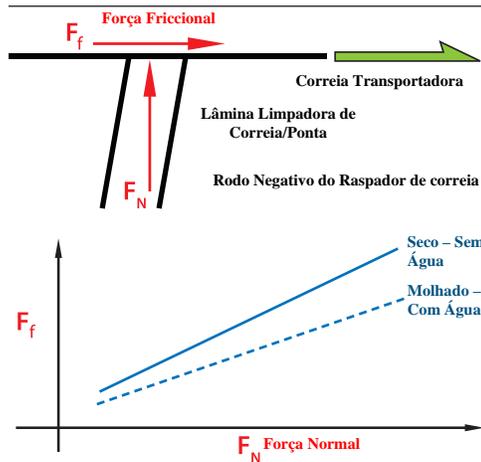


Figura 24.7

A água também melhora o desempenho de um sistema raspador de correia ou uma estação de lavagem de correia, agindo como um lubrificante entre a ponta da lâmina e a superfície da correia.

de limpeza da faixa de 85% à faixa de 95% (Referência 2.1).

Métodos para Lavagem de Correia

Muitos métodos têm sido usados para lavar correias transportadoras. Como descrito por Dick Stahura em um documento de 1987, *Lavagem de Correias Transportadoras: Essa é a Última Solução?*, os métodos são: esguicho, banho e caixa de lavagem (Referência 24.2).

Método de Esguicho

O método de esguicho utiliza jatos de água que literalmente arrancam as partículas fora da correia (Figura 24.8). Pressões de 400 a 700 kpa (60 - 100 lbf/pol.²) são usadas, e pode ser adicionado ar comprimido para aumentar o efeito. *Sprays* de alta pressão podem ser difíceis de usar em um sistema de lavagem de correia, pois eles requerem esguichos especiais e água limpa para a operação. Por trás do jato de água,

uma lâmina mais macia é usada para remover a água.

A velocidade da correia (isto é, o tempo a que a correia é exposta ao *spray*) e a aderência do material morto são fatores que geralmente limitam a aplicação desse meio a transportadores que operam a menos de 5 metros por segundo (1.000 pés/min.) (Referência 24.3). O consumo de água pode ser bem maior com esse método.

Método de Banho

O método de banho consiste em puxar a correia por uma câmara cheia de água (Figura 24.9). Essa câmara deve estar localizada ao longo do retorno da correia ou até no esticador por gravidade, onde o peso da “banheira” de água pode se tornar parte do sistema tensionador de contrapeso do transportador. Não há jatos de *spray* ou esguichos, apenas um método de manutenção do nível de água. A água é trocada conforme necessário para manter o sedimento dos acúmulos em banho. A extensão da “banheira” deve ser considerável para atingir efeitos de qualquer tempo de “parada” (correia na água) significativo e limpeza resultante.

Esse sistema traz algumas dificuldades, incluindo danos na carcaça e problemas de manutenção e de secagem da correia no momento de retirá-la da banheira.

Método de Caixa de Lavagem

A perfeição em sistemas de lavagem de correia é o método de caixa de lavagem. Nesse sistema, o método de *spray* de água é combinado com um ou mais limpadores de correia convencionais, em uma câmara instalada como um sistema de limpeza de correia terciário (Figura 24.10). O projeto e a especificação de um sistema de caixa de lavagem vão depender de aplicações específicas (tais como a velocidade da correia, o material transportado, a largura da correia e a composição da correia); do grau desejado de limpeza (e secagem); e da presença de quaisquer restrições (limites no uso de água ou ar comprimido e/ou requerimentos ambientais) (Figura 24.11).

Figura 24.8

O método de esguicho utiliza jatos de água que literalmente arrancam as partículas fora da correia.

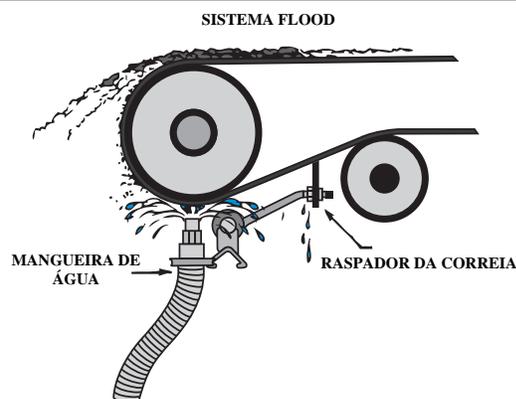


Figura 24.9

O método de banho consiste em puxar a correia através de uma câmara cheia de água.

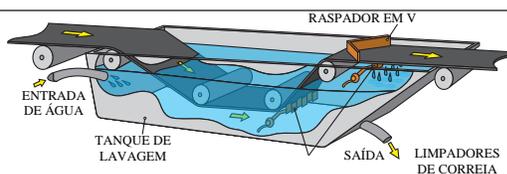
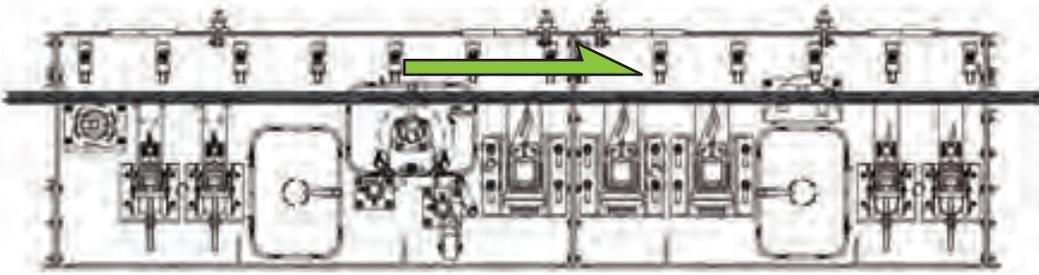


Figura 24.10

No método caixa de lavagem, o *spray* de água é combinado com um ou mais limpadores de correia convencionais em uma câmara instalada como um sistema de limpeza de correia terciário.



**Figura 24.11**

O projeto de um sistema de caixa de lavagem vai depender de aplicações específicas, do grau de limpeza desejado e a da presença de quaisquer restrições locais.

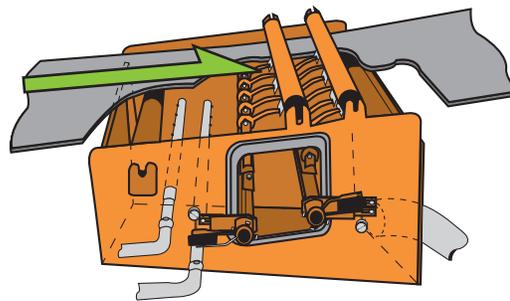
SISTEMAS DE CAIXA DE LAVAGEM

A configuração típica da “caixa de lavagem” é uma ou duas barras de *sprays* para aplicar água, seguidas de dois ou três limpadores de correia secundários, de projeto mais ou menos convencionais (**Figura 24.12**). O sistema de caixa de lavagem é projetado de modo que o ajuste do ângulo de ataque do limpador e a pressão de limpeza possam ser desempenhados de fora da câmara, com o operador observando por uma porta de acesso (**Figura 24.13**), ou janela de inspeção.

Esses elementos de limpeza podem ser limpadores de correia ou limpadores-escovas secundários convencionais. Escovas Rotativas podem ser mais eficientes em casos onde a correia esteja significativamente arranhada ou danificadas tornando a limpeza por lâminas de bordas flexíveis difícil, se não impossível (**Figura 24.14**). Dependendo da aplicação, limpadores-escovas também podem requerer um volume significativo de água para manter a escova limpa e livre de acúmulo de material que a tornaria inútil.

Historicamente, a grande maioria de aplicações de caixa de lavagem tem sido personalizada sem necessidade, devido a cada mistura única de aplicação das especificações do transportador, características do material e limitações de espaço. O desenvolvimento mais recente tem sido o conceito de um sistema de caixa de lavagem “modular”. Diferentemente das caixas de lavagem personalizadas, que são desenhadas com base de aplicação a aplicação, as caixas de lavagem modulares usam uma série de componentes “padrão” e módulos configuráveis para combinar flexibilidade aumentada e facilidade de uso com economia no projeto e na construção. O conceito inclui os “elementos básicos” de um sistema de caixa de lavagem em um contêiner modular (**Figura 24.15**). Essas unidades modulares podem, então, ser “juntadas” para formar mais sistemas elaborados e soluções personalizadas.

O modo modular permite a uma série de acessórios serem incorporadas com o mínimo aumento de custo do sistema. O sistema modular inclui opções que proporcionam acessibilidade melhorada, instalação simplificada, manutenção mais fácil e a habilidade de trocar componentes facilmente, conforme os requisitos de aplicação mudem ao longo do tempo. De fato, o modo

**Figura 24.12**

A típica configuração de “caixa de lavagem” é um ou dois bicos de spray para aplicar água, seguidas de dois ou três limpadores de correia secundários de projeto mais ou menos convencional.

**Figura 24.13**

O sistema de caixa de lavagem deve permitir a inspeção e o ajuste dos limpadores de correia pelo lado de fora da câmara pelo operador, observando através de uma janela de inspeção.

**Figura 24.14**

Escovas Rotativas podem ser mais eficientes em uma caixa de lavagem em casos, onde a correia esteja significativamente arranhada ou danificada.

Figura 24.15

Uma caixa de lavagem modular usa uma série de componentes "padrão" e módulos configuráveis para proporcionar flexibilidade com economia no projeto e na construção.

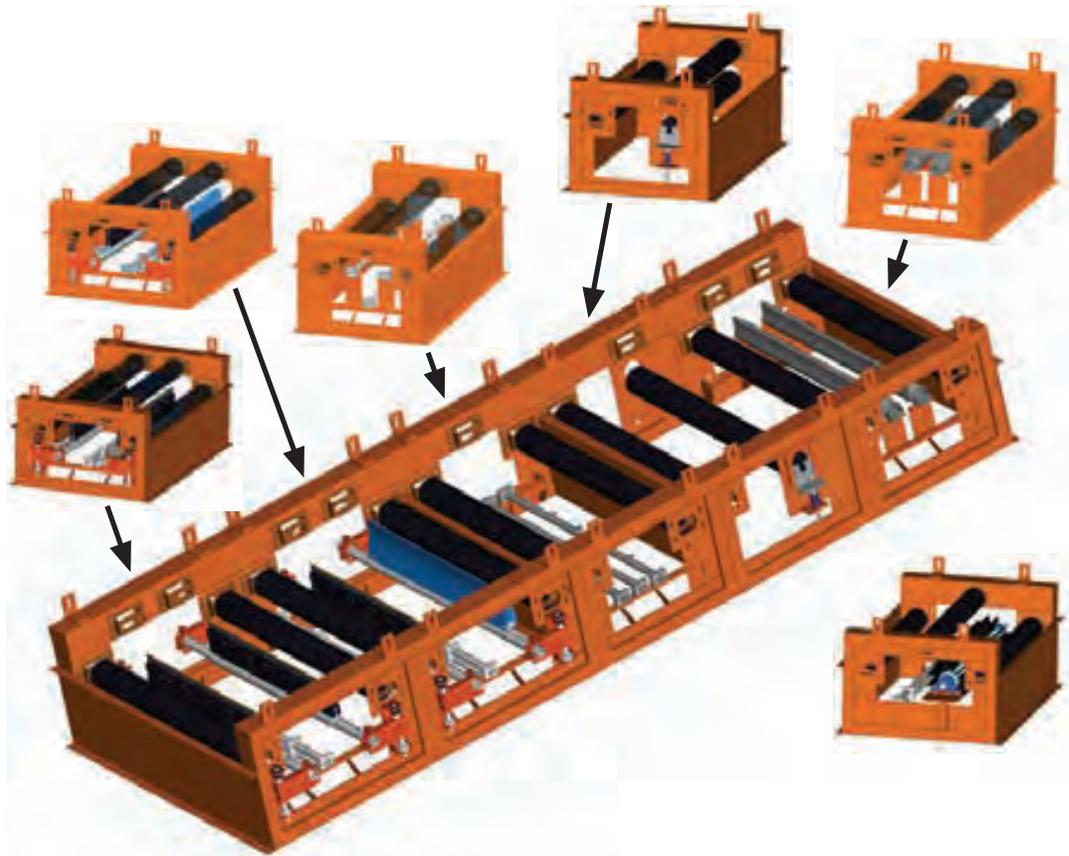


Figura 24.16

O sistema modular permite a separação de componentes para posicionar distâncias maiores entre os componentes, ou para a instalação ao redor dos membros estruturais do transportador e outras obstruções.



modular permite a separação de componentes - colocando os mecanismos de secagem em uma câmara diferente dos componentes raspadores, por exemplo - para deixar uma distância maior entre os componentes ou para permitir a instalação em torno dos membros estruturais do transportador e outras obstruções (**Figura 24.16**). Um benefício adicional é o modo da caixa de lavagem modular permitir a expansão do sistema com módulos adicionais ou diferentes inseridos depois, conforme características do material, requisitos de limpeza, ou mudança de limitações orçamentárias.

Figura 24.17

Um sistema de caixa de lavagem pode exigir uma distância de mais de 2 metros (7 pés) do comprimento de correia e no mínimo 0,6 metros (2 pés) do compartimento dianteiro para a instalação no local onde a correia esteja livre das polias dianteira e curvas.



As desvantagens dos sistemas de caixa de lavagem incluem os problemas que o sistema de lavagem de correia podem exigir: uma distância de mais de 2 metros (7 pés) do comprimento da correia e pelo menos 0,6 metros (2 pés) do compartimento dianteiro para a instalação no local onde a correia está livre das polias dianteira e de retorno (**Figura 24.17**). A drenagem do efluente deve ser o mais vertical possível, com o mínimo de curvaturas, para evitar que ela fique entupida (**Figura 24.18**).

Lavagem de Correias para Limpeza Final

Os sistemas de limpeza de correia instalados para que a correia passe por eles antes de alcançar o sistema de lavagem de correia têm efeito sobre a quantidade e pressão de água necessária e sobre a eficácia da caixa de lavagem. É altamente recomendado que seja usado ao menos um raspador primário e um ou dois raspadores secundários em qualquer transportador onde se considere uma estação de lavagem. Esses raspadores instalados acima (perto da descarga do material) do ponto onde a caixa de lavagem será instalada, reduzirão consideravelmente a quantidade de material de retorno na estação de lavagem, com consequentes economias no uso de água e nos custos da operação (**Figura 24.19**). Sem esses raspadores, haverá mais material a ser removido da correia pela caixa de lavagem e mais sólidos no efluente. As estações de lavagem de correia são feitas para ser a última solução na limpeza de correias; elas são elaboradas para lidar apenas com a remoção final de qualquer quantidade residual de materiais que passe pelo equipamento de limpeza superior.

Aplicando a Água

O desafio para qualquer aplicação de lavagem de correia é conseguir direcionar a água no(s) local(is) correto(s) no sistema de limpeza, de forma eficaz e eficiente. Há uma série de formas de aplicar a água à correia e ao material. Elas variam desde uma simples mangueira apontada para a correia até tubos com furos (**Figura 24.20**), ou um sistema mais elaborado de barras de jatos e bicos. Bicos projetados realizam a aplicação de água de forma muito mais eficaz do que uma mangueira ou um tubo com mangueiras. Embora os últimos sejam métodos eficazes de distribuição de água, os requisitos de uso de água de uma mangueira ou de um cano são muito maiores do que para um sistema que utiliza bicos projetados. A questão, então, é: qual é a combinação mais eficaz de pressão de água, padrão de jato, ângulo de contato e outras variáveis?

A forma mais eficaz e eficiente de disparar a água nesses sistemas é uma série de bicos projetados, colocados ao longo do cano (**Figura 24.21**). A seleção de um bico específico depende normalmente de uma série de fatores, inclusive do tipo e da quantidade de material de retorno, da velocidade da

correia, da limpeza do suprimento de água, do padrão de jato necessário para alcançar um jato uniforme acerca da largura da correia, da pressão de impacto da água necessária para saturar o material, da pressão de água e da taxa de fluxo necessária para manter as lâminas limpas. Como com muitos outros aspectos de desenho do sistema de transporte, o sistema de lavagem deve ser elaborado para operar quando as condições do material de retorno forem as piores possíveis.



Figura 24.18

A drenagem para o efluente deve ser o mais vertical possível, com curvas mínimas, para evitar que ela entupa com sólidos.



Figura 24.19

Os raspadores convencionais de correia, instalados antes da caixa de lavagem, reduzirão consideravelmente a quantidade de material de retorno que deve alcançar a estação de lavagem.



Figura 24.20

Há uma série de formas de aplicar a água à correia e ao material: p.ex., uma mangueira simples apontada para a correia ou um tubo de água com furos.

Os dois fatores mais cruciais na escolha dos bicos de jato são a quantidade de material de retorno presente e a velocidade da correia. As correias de velocidade mais alta requerem mais água para cobrir totalmente a correia e suavizar o material de retorno durante o menor tempo de exposição da correia ao jato. Níveis altos de material de retorno exigirão mais água: a camada mais grossa desse material de retorno exigirá mais água para “suavizar” o material, pois há mais material a ser suavizado. Níveis altos de material de retorno também requerem distribuição de água para o sistema a pressões mais altas, para que a água penetre a massa do material que deve atingir a superfície da correia. A pressão não precisa ser alta o bastante para remover o material, mas deve ser suficiente para permitir que a água alcance a superfície da correia.

São disponibilizados bicos oferecendo uma variedade ampla de padrão de jato, taxas de fluxo e pressões. Fatores como a distância da correia para a barra de jatos, taxa e pressão devem ser considerados na determinação da configuração das barras de jatos. Geralmente, são usados ângulos largos de jato para maximizar a área de cobertura, enquanto se minimiza o consumo de água (**Figura 24.22**). O bico selecionado, com seu ângulo de jato e padrão de jato, controlará a distância de

montagem e o espaçamento das barras de jatos usadas no sistema de lavagem. Em alguns casos, são necessários bicos especiais. Podem ser especificados bicos resistentes à corrosão, à abrasão ou a substâncias químicas encontradas no processo.

Uma caixa de lavagem típica, operando com jatos à pressão moderada – 138 quilopascals (20 lbf / in.²) –, exigirá aproximadamente 63 litros por metro (5.1 gal/ft) da largura da correia por minuto de operação (**Tabela 24.1**). Conforme observado, devem ser escolhidos volume e pressão de água adequados após a consideração dos níveis de material de retorno (aderência de material) e velocidade de correia.

A necessidade e o uso de mais bicos de jato de água para manter o movimento do material pela operação da caixa de lavagem e do sistema de drenagem normalmente dobrarão o volume de água necessário.

A projeção de um sistema de lavagem de correia pode ser um processo complicado, com uma série de opções compostas pelas variáveis de ampla abrangência em transportadores e materiais. É necessário um entendimento profundo do sistema, do material e dos requisitos do processo. É necessário o envolvimento de equipes treinadas e experientes para garantir que o sistema atenderá as expectativas do cliente e as exigências de aplicação.

Qualidade da Água

A qualidade da água talvez seja a parte mais importante da elaboração de um sistema de alto desempenho e, se negligenciada, pode causar mal funcionamento do sistema ou propensão a intervalos de manutenção e exigências de limpeza que não sejam aceitáveis.

Os sistemas de lavagem de correia são melhores quando elaborados para pressão e taxa de fluxo de água necessária, conforme determinado pelos testes do material e pelas especificações da aplicação. Algumas fábricas apresentam várias limitações sobre uso de água e pressão/taxa de fluxo disponíveis. Essas restrições podem limitar a eficácia da caixa de lavagem para bem menos daquela para que ela foi elaborada ou especificada.

Uma vez que os bicos projetados normalmente são “otimizados” para fornecer

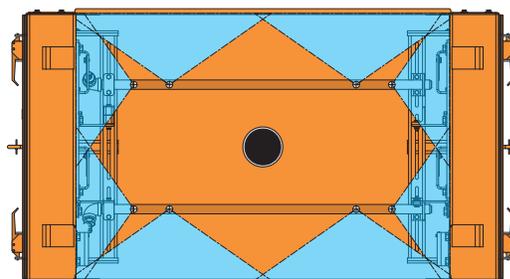
Figura 24.21

A forma mais eficaz e eficiente de espirrar água nesses sistemas é uma série de bicos projetados, colocados ao longo do cano.



Figura 24.22

Normalmente são usados ângulos largos de jato para maximizar a área de cobertura, enquanto se minimiza o consumo de água.



uma área ampla de jato, taxas de fluxo minimizadas e pressão aprimorada para uma determinada aplicação, o tamanho do orifício dos bicos geralmente é pequeno e de formato único. Se a água que será usada no sistema de lavagem não estiver “suficientemente limpa”, a qualidade da água deve ser controlada para garantir que não haja matérias particuladas grandes o bastante para entupir os bicos dos jatos. Isso normalmente é muito mais fácil de defender do que de cumprir, pois a qualidade da água da fábrica pode mudar drasticamente em questão de minutos. Conseqüentemente, um sistema de filtragem de água é um adicional valioso para o sistema de lavagem.

Secando a Correia

Após a adição de água ao processo de limpeza, muitas aplicações exigirão que a

correia seja seca antes de ela deixar o sistema de lavagem. Em alguns casos, é simplesmente impedir o material de retorno suspenso na água sobre a correia de ser lançado pelos roletes de retorno. Em outros casos, o processo de tratamento de material requer uma correia seca. Ainda em outras aplicações, a correia é usada para transportar vários materiais a granel, e não é permitida a contaminação cruzada; logo, a correia deve ser limpa e seca antes que a carga seja alterada.

Há três métodos básicos de secagem de uma correia transportadora em movimento que podem ser aplicados ao transportador, conforme ele sai da estação de lavagem: evaporação, remoção mecânica de água e secagem forçada a ar.

Consumo de Água para Sistemas Típicos de Lavagem de Correia								
Largura da Correia mm (in.)	Qtde. de Bicos	Litros Aproximados por Minuto (gal/min.)						
		34 kPa (5 lb _f /in. ²)	69 kPa (10 lb _f /in. ²)	103 kPa (15 lb _f /in. ²)	138 kPa (20 lb _f /in. ²)	207 kPa (30 lb _f /in. ²)	276 kPa (40 lb _f /in. ²)	414 kPa (60 lb _f /in. ²)
400-500 (18)	6	16 (4,3)	23 (6,0)	27 (7,2)	32 (8,4)	39 (10,2)	45 (12,0)	57 (15,0)
500-650 (24)	8	22 (5,7)	30 (8,0)	36 (9,6)	42 (11,2)	51 (13,6)	61 (16,0)	76 (20,0)
650-800 (30)	9	24 (6,4)	34 (9,0)	41 (10,8)	48 (12,6)	58 (15,3)	68 (18,0)	85 (22,5)
800-1.000 (36)	11	30 (7,8)	42 (11,0)	50 (13,2)	58 (15,4)	71 (18,7)	83 (22,0)	104 (27,5)
1.000-1.200 (42)	13	35 (9,3)	49 (13,0)	59 (15,6)	69 (18,2)	84 (22,1)	98 (26,0)	123 (32,5)
1.200-1.400 (48)	15	40 (10,6)	57 (15,0)	68 (18,0)	79 (21,0)	97 (25,5)	114 (30,0)	142 (37,5)
1.400-1.600 (54)	16	43 (11,4)	61 (16,0)	73 (19,2)	85 (22,4)	103 (27,2)	121 (32,0)	151 (40,0)
1.600-1.800 (60)	18	48 (12,8)	68 (18,0)	82 (21,6)	95 (25,2)	116 (30,6)	136 (36,0)	170 (45,0)
1.800-2.000 (72)	22	59 (15,6)	83 (22,0)	100 (26,4)	117 (30,8)	142 (37,4)	166 (44,0)	208 (55,0)
2.000-2.200 (84)	26	70 (18,4)	98 (26,0)	118 (31,2)	138 (36,4)	167 (44,2)	197 (52,0)	246 (65,0)

Tabela 24.1

Evaporação

A evaporação é um processo natural que secará a correia (**Figura 24.23**). A evaporação pode ser acelerada direcionando ar aquecido sobre a correia em movimento. No entanto, a evaporação da camada de água por ar direcionado apenas não é um meio viável de remoção completa da água para aplicações de correias transportadoras para tratamento de materiais a granel, pois há um limite de velocidade para a evaporação da água.

Secagem Mecânica

Há uma série de métodos mecânicos de remoção de água da correia. O primeiro é varrendo mecanicamente a correia, com uma lâmina mais macia, semelhante aos parabrisas

de um carro.

Essa lâmina, colocada como o dispositivo de limpeza final no sistema de caixa de lavagem removerá uma quantidade significativa de excesso de água. O resultado variará dependendo do tipo de lâmina usada, seu material de fabricação e sua localização, bem como as especificidades de aplicação, como velocidade da correia e quantidade de água presente na correia. Em geral, é um meio eficaz e econômico de remoção de água (**Figura 24.24**).

O uso de roletes-desaguados, tanto roletes simples como duplos, também é uma forma eficaz de remover o excesso de água da correia transportadora em movimento (**Figura 24.25**). Um estudo da Associação de Pesquisas da Universidade de NewCastle (TUNRA) explorou a eficácia de um sistema de secagem com rolete simples e examinou o efeito do uso de roletes de diferentes diâmetros em várias velocidades de correia (*Referência 24.4*). Os resultados deste estudo mostraram claramente que, quanto menor for o rolete, melhor a ação de secagem, independentemente da velocidade da correia (**Figura 24.26**). Os roletes-desaguados geralmente são eficazes na redução da espessura da camada de água sobre a correia para aproximadamente 50 microns, com um limite inferior eficaz de 20 microns (**Figura 24.27**).

Secagem Forçada por Ar

A terceira técnica de secagem da correia é o uso de ar de alta velocidade para separar a camada de água da correia. Dois mecanismos podem ser dominantes: disjunção e instabilidade hidrodinâmica. A instabilidade hidrodinâmica ocorre quando a camada de água

Figura 24.23

O processo natural de evaporação pode ser acelerado direcionando o ar aquecido sobre a correia em movimento.

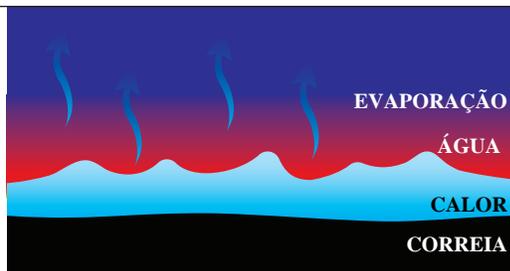


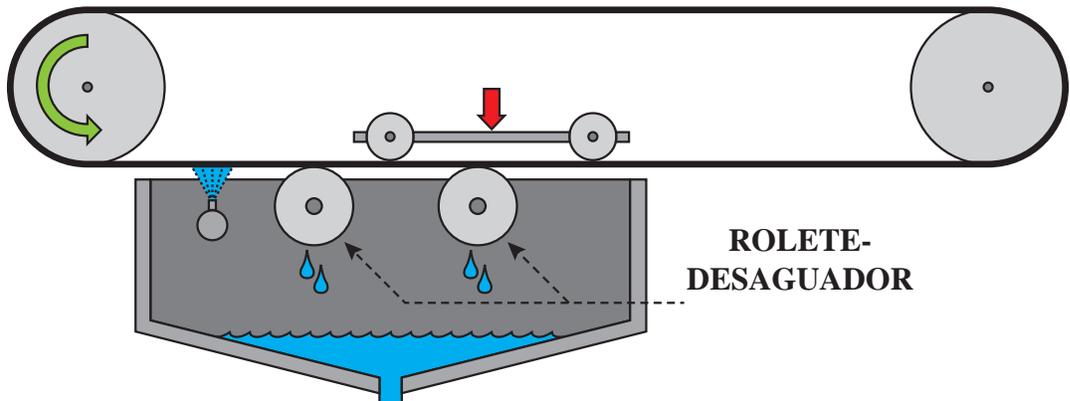
Figura 24.24

A lâmina é um meio eficaz e econômico de remover água da correia transportadora.



Figura 24.25

O uso de sistemas de rolete-desaguador, tanto com roletes simples como duplos, é uma forma eficaz de remover o excesso de água da correia transportadora em movimento.



está exposta ao ar em movimento. A camada formará uma onda, que cresce rapidamente, provocando a formação de gotas que então deixam a superfície. A disjunção ocorre quando a camada de água está exposta ao ar em alta velocidade, e a água é “escorrida” da superfície da correia (**Figura 24.28**).

O ar em alta velocidade pode ser altamente eficaz na remoção de camadas mais grossas de água. Há uma série de sistemas comercialmente disponíveis, inclusive “lâminas” de ar que usam bloqueadores para gerar a velocidade do ar e a pressão necessária; outros sistemas operam a partir de linhas de ar comprimido (**Figura 24.29**).

Para remover a maior quantidade de água, a velocidade do ar deve ser maximizada. No entanto, a velocidade do ar atingível é limitada por diversos fatores, inclusive a energia consumida para gerar altas velocidades, usando um bloqueador de linha de ar comprimido, bem como o ruído associado a velocidades extremamente altas de ar.

A pesquisa indicou que o fator dominante na remoção de água foi a velocidade relativa do ar; o ângulo de contato não foi crucial em termos de remoção de água. Uma faixa viável de velocidade do ar na correia é 80 a 100 metros por segundo (15.000 a 20.000 ft/min.). Dentro dessa faixa de velocidade do ar, os resultados

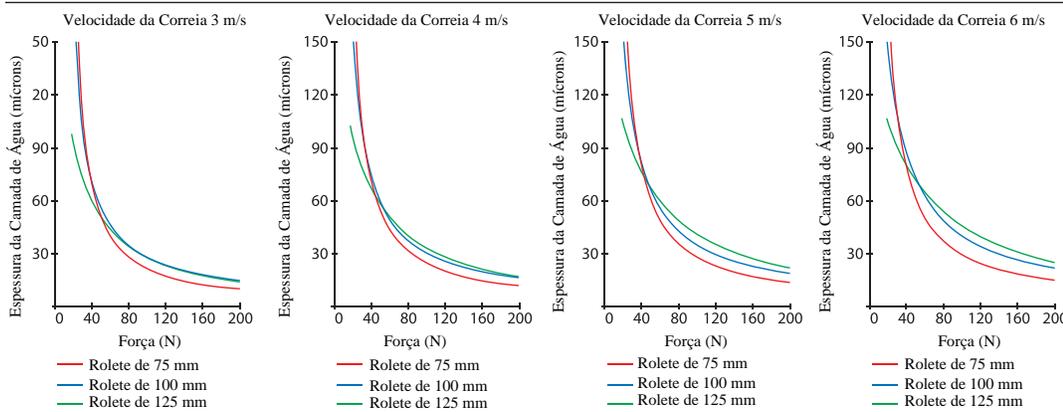


Figura 24.26

Os resultados desse estudo mostraram claramente que, quanto menor o rolete, melhor é a ação de secagem, independentemente da velocidade da correia.

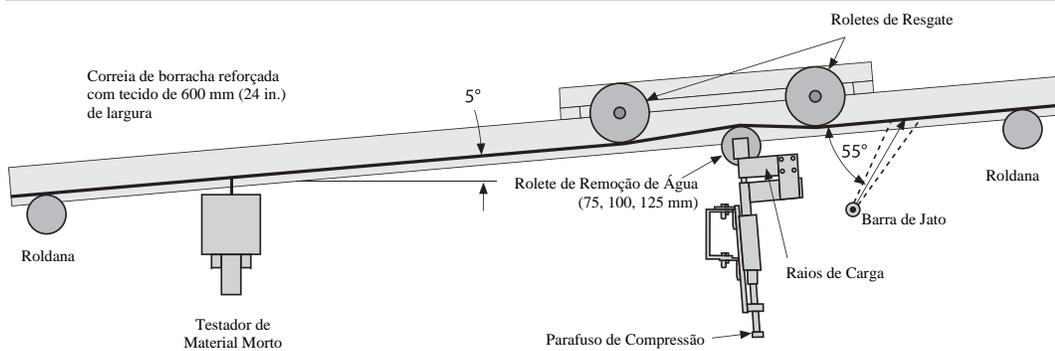


Figura 24.27

Os roletes-desaguadores geralmente são eficazes na redução da camada de água sobre a correia para aproximadamente 50 microns, com um limite inferior eficaz de 20 microns.

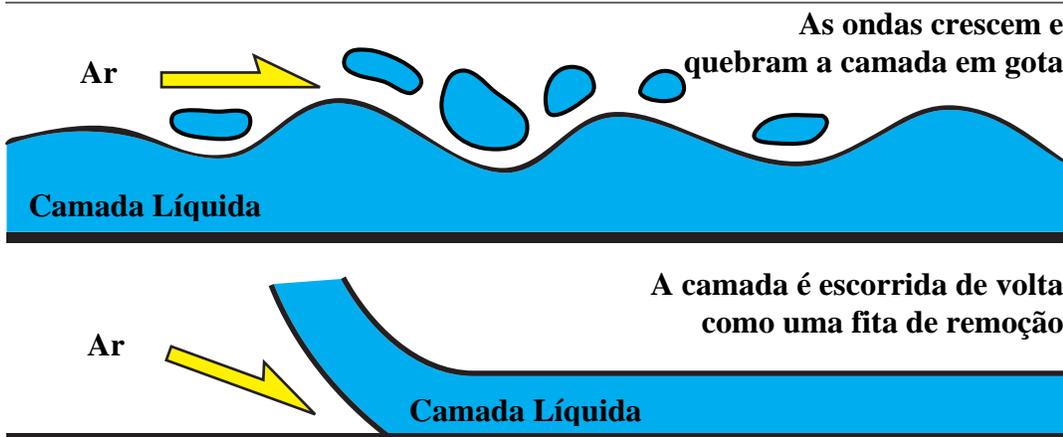


Figura 24.28

A instabilidade hidrodinâmica ocorre quando o ar em movimento forma uma onda na camada de água, a partir da qual as gotas deixam a superfície. A disjunção ocorre quando a camada de água é exposta ao ar de alta velocidade, sendo a água “escorrida” da superfície da correia.



experimentais mostram que a água pode ser removida de uma correia em movimento para uma espessura de camada de 7 a 11 microns (*Referência 24.5*). Essas velocidades podem ser alcançadas com bicos especialmente projetados e bloqueadores regenerativos para cerca de 7,5 quilowatts por metro (3 hp/ft) da largura da correia seca. Também pode ser usado ar comprimido – ou outros tipos de jatos de ar – com requisitos de potência semelhantes. Como as velocidades típicas de correia são de 1 a 5 metros por segundo (200 a 1.000 ft/min.), a velocidade da correia não é um parâmetro importante em comparação à velocidade do ar.

Desempenho dos Sistemas de Remoção de Água

O desempenho relativo dos vários sistemas de remoção de água pode ser avaliado e comparado (**Tabela 24.2**). Essas três metodologias de remoção de água podem ser usadas individualmente, mas a melhor abordagem pode ser o uso de uma combinação das diferentes possibilidades.

Necessidade de Água

Uma vez que os componentes básicos de um sistema de lavagem de água foram estabelecidos, é possível examinar os sistemas para lidar com o efluente – a água suja – removido da correia. Em muitos ambientes industriais, a quantidade de água usada e a qualidade da água liberada são rigorosamente controladas. Em outros casos, o material possui um alto valor e, portanto, é rentável para a recuperação de sólidos. Nos dois casos, normalmente é necessário um sistema para separar os sólidos da água.

Ao se escolher um sistema mecânico de separação de água, diversos fatores devem ser considerados. O principal entre eles é a quantidade de água e seu teor de sólidos, bem como a localização onde o sistema de reciclagem da água pode ser instalado. Dependendo do método de tratamento, a taxa de assentamento do sólido na água pode ser o critério principal, mas, devido ao tamanho dos aparelhos, muitas vezes confiar apenas no assentamento não é prático.

Na maioria dos sistemas simples de tratamento de água, o efluente é canalizado para um compartimento de assentamento e, por meio do processo de sedimentação, a água é limpa e filtrada para reuso como água da fábrica (**Figura 24.30**). Isso apresenta diversos problemas potenciais, inclusive evitar que o sistema de drenagem entupa com sólidos, o congestionamento periódico dos sólidos pelo compartimento de assentamento e o descarte consequente desse material recuperado.

Algumas vezes são usadas bacias de concreto para assentamento perto do ponto de geração de efluentes. Elas podem ser desenhadas para que o canal possa conduzir para a bacia e coletar os sólidos assentados. Em uma escala menor, podem ser usadas lixeiras, conforme a localização de assentamento, com a vantagem de que os sólidos podem muitas vezes ser

Figura 24.29

Há uma série de sistemas comercialmente disponíveis, inclusive “lâminas” de ar que usam bloqueadores para gerar a velocidade do ar e a pressão necessárias para secar a correia.

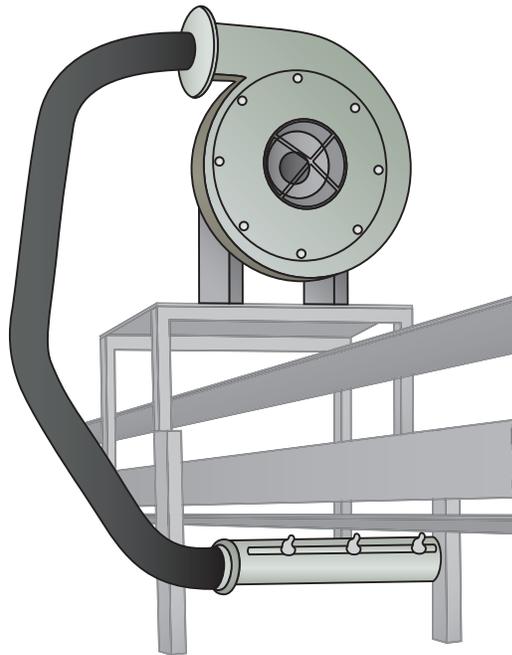


Tabela 24.2

Comparação dos Vários Métodos de Remoção de Água				
Método	Eficiência de Remoção de Água	Uso de Energia	Custo de Aquisição	Custo de Operação
Lâmina	1	2	1	1
Roleta Desaguador	2	1	3	2
Lâmina de Ar Comprimido	3	3	2	3
Bloqueador de Alta Pressão	4	4	4	4

1 = Mais Baixo, 4 = Mais Alto

devolvidos para o sistema de tratamento de materiais simplesmente pelo esvaziamento do contêiner (**Figura 24.31**).

São disponibilizados sistemas projetados de solicitação e separação de água (**Figura 24.32**). Os sistemas modulares de reciclagem de água podem fornecer até 1.250 litros por minuto (300 gal/min) de reciclagem contínua. Os módulos podem ser combinados para fornecer volumes mais altos de água limpa.

Em alguns casos, pode ser usado um aditivo químico para liberar o assentamento de sólidos, mas isso exigirá inspeção periódica e reparo do equipamento para garantir que as substâncias químicas estejam disponíveis para o sistema todas as vezes.

Os sistemas de aditivos químicos ou de filtração mecânica ocasionalmente são necessários para materiais a granel que não umedecem facilmente ou que possuem uma gravidade específica próxima ou menor que a da água. Há uma variedade de meios mecânicos disponíveis, inclusive filtros prensa, telas de retenção de água, hidrociclones e clarificadores. No entanto, a maioria dos materiais a granel tratados em grandes quantidades é mais pesada que a água, podendo, assim, ser separada usando um sistema de separador por rosca inclinado, simples e eficaz.

Ao elaborar um sistema completo de caixa de lavagem, a parte de lavagem deve ser projetada primeiro, para definir os requisitos operacionais do sistema. Após isso, o sistema de reciclagem da água pode ser desenvolvido para fornecer a capacidade de tratamento de água para atender os requisitos de lavagem. Um detalhe que muitas vezes é ignorado é que a descarga de uma caixa de lavagem está propensa a entupir. Por esse motivo, a descarga deve ser um canal aberto ou um cano de diâmetro largo, com curvas mínimas. Ela também deve possuir muitos conectores removíveis para permitir toda a limpeza e o uso da água fluente (**Figura 24.33**).

Recuperando os Sólidos

Os materiais no efluente da caixa de lavagem podem ser recuperados. Isso é importante naquelas operações em que a carga é especialmente valiosa e/ou a carga já foi sujeitada a algum tratamento.

Se a adição de água ao processo não é uma



Figura 24.30

No sistema de tratamento de água mais simples, o efluente é canalizado para um compartimento de assentamento e pelo processo de sedimentação; a água é clarificada e filtrada para reuso como água da fábrica.



Figura 24.31

As lixeiras podem ser usadas como um tanque de assentamento, com os sólidos retornando ao sistema de tratamento de materiais simplesmente pelo esvaziamento do transportador.



Figura 24.32

Os sistemas projetados de solicitação e separação da água podem fornecer até 1.250 litros por minuto (300 gal/min) de reciclagem contínua.

preocupação, a lama pode ser devolvida para a carga do transportador ou para o processo da fábrica diretamente da caixa de lavagem, por meio de uma bomba. Se a fábrica precisa minimizar a água adicionada ao seu processo, a água pode ser reciclada, e os sólidos recuperados, portanto, podem ser colocados na correia ou no processo, através de um meio mecânico, como um transportador helicoidal. Um simples teste de assentamento, no qual o material é colocado em um contêiner de água e é observada a taxa em que ele se assenta, dará uma boa indicação do tempo necessário para assentamento e a possibilidade de adição de aditivos químicos para promover o assentamento.

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

A. Sistema de lavagem a jato.

O sistema de transporte será equipado com um sistema de lavagem de correia a jato, instalado diretamente após o chute frontal, para proporcionar a remoção final de qualquer resíduo de carga da correia. Esse sistema de lavagem a jato estará contido em um isolamento de metal impermeável, ajustado com suprimento de água e um dreno de tamanho grande

B. Tamanho.

O sistema de lavagem de correia será

medido com base na quantidade e propriedades do material de retorno previsto por metro quadrado (ft²) da correia.

C. Barra de jato de água.

O isolamento deve ser ajustado com ao menos uma barra de jato de água com bicos projetados, posicionados para umedecer a parte total de carregamento de carga da correia, e para evacuar o material removido para fora da caixa através do dreno.

D. Raspadores secundários.

A caixa de lavagem deve ser ajustada com o mínimo de dois raspadores secundários para remover resíduos e água da superfície de carregamento da correia.

E. Acesso.

A caixa de lavagem deve ser ajustada com porta(s) de acesso impermeável(is) para permitir fácil reparo e inspeção.

F. Roletes de retenção.

Os sistemas de lavagem a jato devem incluir ao menos três roletes de retenção acima da correia que segurem a correia na posição contra as lâminas de limpeza e a água aplicada a jato.

G. Sistema de drenagem.

O volume e a taxa de fluxo da água fluente e do desenho do sistema de drenagem devem ser suficientes para impedir o assentamento de sólidos a granel no sistema de drenagem.

Figura 24.33

A descarga de uma caixa de lavagem deve ser um canal aberto ou um cano de diâmetro largo que possua curvas mínimas, vários conectores removíveis para permitir a limpeza e que use muita água fluente.



TÓPICOS AVANÇADOS

O Processo de Desenvolvimento de um Sistema de Caixa de Lavagem

Ao desenvolver uma estação de lavagem de correia, é aconselhável fornecer uma análise completa do sistema, que leve em conta uma série de fatores, inclusive o *layout* físico do sistema de reciclagem de água e do transportador, a quantidade de energia necessária para secagem e reciclagem de água e a capacidade de separação dos sólidos pela água.

Ao considerar a instalação de uma caixa de lavagem, há uma série de questões que devem ser levantadas. Elas incluem:

- Quanta água a caixa de lavagem usará?
- Qual o nível de limpeza da correia quando ela entra na caixa de lavagem?
- Qual é o nível de limpeza da correia quando ela deixa a caixa de lavagem?
- Qual será o estado de secagem da correia?
- O que será feito com o efluente (mistura de sólidos e água)?

Essas questões podem ser respondidas com precisão razoável se houver informações detalhadas disponíveis sobre as propriedades do material a granel, sobre as condições de interface entre a correia e o material a granel, sobre a quantidade de material de retorno presente e sobre a escolha geral do equipamento na caixa de lavagem.

Problema de Amostra

A abordagem para desenvolvimento de um desenho preliminar de um Sistema de Caixa de Lavagem é apresentada a seguir:

- Determinar a quantidade de material de retorno que entra na caixa de lavagem por dia (Cb_{day-in}).
- Determinar a quantidade desejada de material de retorno que sai da caixa de lavagem por dia ($Cb_{day-out}$).
- Determinar a quantidade de efluente a ser tratado por minuto.
- Considerar opções e outras questões.

Essas quatro fases podem ser respondidas seguindo os quatro passos a seguir:

Passo 1. Calcular o material de retorno sobre a correia entrando na caixa de lavagem por dia (Cb_{day-in}) (**Equação 24.1**).

Passo 2. Calcular o material de retorno desejado na correia quando ela sai da caixa de lavagem por dia ($Cb_{day-out}$) (**Equação 24.2**).

Passo 3. Determinar a quantidade de efluente a ser tratado por minuto (**Equação 24.3**).

Passo 4. Considerar opções e outras questões.

$Cb_{day-in} = BW \square CW \square S \square T \square Cb_{in} \square k$			
Dados: Uma correia de 1,2 metros (48 in.) com uma largura limpa de 67% percorrendo 3,5 metros por segundo (700 ft/min) possui um material de retorno medido de 100 gramas por metro quadrado (0,33 oz/ft ²) em uma operação de 24 horas. Encontrar: O material de retorno entrando na caixa de lavagem por dia.			
	Variáveis	Unidades Métricas	Unidades Imperiais
Cb_{day-in}	Material de Retorno Entrando na Caixa de Lavagem por Dia	toneladas	toneladas curtas
BW	Largura da Correia	1,2 m	4 ft
CW	Largura Limpa da Correia	0,67 (67%)	0,67 (67%)
S	Velocidade da Correia	3,5 m/s	700 ft/min
T	Tempo em um Dia	86.400 s	1.440 min
Cb_{in}	Quantidade de Material de Retorno Alcançando a Caixa de Lavagem	100 g/m ²	0,33 oz/ft ²
k	Fator de Conversão	1×10^{-6}	$3,12 \times 10^{-5}$
Métrico: $Cb_{day-in} = 1,2 \square 0,67 \square 3,5 \square 86400 \square 100 \square 1 \square 10^{-6} = 24,3$			
Imperial: $Cb_{day-in} = 4 \square 0,67 \square 700 \square 1440 \square 0,33 \square 3,12 \square 10^{-5} = 27,8$			
Cb_{day-in}	Material de Retorno Entrando na Caixa de Lavagem por Dia	24,3 t	27,8 st

Resposta do Passo 1: Há 24,3 toneladas (27,8 st) de material de retorno entrando na caixa de lavagem por dia.

Equação 24.1

Cálculo da quantidade de material de retorno entrando na caixa de lavagem por dia

Um estudo mais detalhado e uma análise teórica, combinados com testes em campo no local em questão, produzirão outros fatores e variáveis que podem ser usados para futuras opções de investigação. Outras questões que podem ser consideradas agora incluem:

- A. Dez gramas por metro quadrado (0,033 oz/ft²) é muito material de retorno deixado na correia quando ela sai da caixa de lavagem? (O material de retorno é medido como o peso seco do material.)
- B. Qual o nível de umidade da correia quando ela sai da caixa de lavagem?
- C. Como o uso geral de água pode ser reduzido?

Com o objetivo de manter esse exemplo curto, devem ser feitas algumas suposições sobre o teor de umidade do material morto (50%) e do efluente (15%), para responder essas questões. Essas suposições são baseadas em experiências com o desenho da caixa de lavagem.

Dez gramas por metro quadrado é muito material de retorno deixado na correia na saída da caixa de lavagem?

Conforme observado na discussão dos níveis de material de retorno, ter 10 gramas por metro quadrado (0,033 oz/ft²) é considerado uma correia limpa. (Consultar Capítulo 31: *Medições de Desempenho*.) Testes mostraram que, em média, apenas cerca de 50% do material de retorno deixado na correia no seu nível de limpeza cairá da correia no ciclo de retorno.

A limpeza da correia é um processo com resultados em uma curva de seno. Um nível de material de retorno de 10 gramas por metro quadrado pode variar de 20 gramas por metro quadrado (0,066 oz/ft²) a algumas vezes 0 gramas por metro quadrado. Para conseguir uma correia mais limpa que 10 gramas por metro quadrado (0,033 oz/ft²) de material morto, é, então, necessária tanta pressão de limpeza aplicada que danificaria a cobertura da correia. Portanto, 10 gramas por metro quadrado é um limite inferior prático e aceitável para o material de retorno restante na correia.

Equação 24.2

Cálculo do material de retorno desejado na saída da caixa de lavagem por dia.

$Cb_{day-out} = BW \square CW \square S \square T \square Cb_{out} \square k$			
Dados: Uma correia de 1,2 metros (48 in.) com uma largura limpa de 67%, percorrendo 3,5 metros por segundo (700 ft/min), possui um material de retorno desejado de 10 gramas por metro quadrado (0,033 oz/ft ²) em uma operação de 24 horas. Encontrar: O material de retorno na saída da caixa de lavagem por dia.			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
$Cb_{day-out}$	Material de Retorno na Saída da Caixa de Lavagem por Dia	toneladas	toneladas curtas
BW	Largura da Correia	1,2 m	4 ft
CW	Largura Limpa da Correia	0,67 (67%)	0.67 (67%)
S	Velocidade da Correia	3,5 m/s	700 ft/min
T	Tempo em um Dia	86.400 s	1.440 min
Cb_{out}	Quantidade de Material de Retorno na Saída da Caixa de Lavagem	10 g/m ²	0,033 oz/ft ²
k	Fator de Conversão	1 x 10 ⁻⁶	3,12 x 10 ⁻⁵
Métrico: $Cb_{day-out} = 1,2 \square 0,67 \square 3,5 \square 86.400 \square 10 \square 1 \square 10^{-6} = 2,4$			
Imperial: $Cb_{day-out} = 4 \square 0,67 \square 700 \square 1.440 \square 0,033 \square 3,12 \square 10^{-5} = 2,8$			
$Cb_{day-out}$	Material de Retorno na Saída da Caixa de Lavagem por Dia	2,4 t	2,8 st

Resposta Passo 2: O material de retorno desejado na saída da caixa de lavagem é de 2,4 toneladas (2,8 st) por dia.

Qual o nível de umidade da correia na saída da caixa de lavagem?

A quantidade de água deixada na correia pode ser estimada com base no tipo de sistema de remoção de água usado. O método mais eficaz é um sistema de lâminas de ar de alta velocidade.

Testes confirmaram que, para transportadores em movimento, o valor teórico de 6,0 gramas por metro quadrado (0,020 oz/ft²) de água deixada na correia é baixo e fácil de obter.

No exemplo, considerar 10 gramas por metro quadrado (0,033 oz/ft²) (peso seco) de material morto deixado na correia a um teor de umidade de 50%, significa que haverá uma quantidade igual, ou 10 gramas por metro quadrado, de água deixada na correia. (*Obs.: uma camada de material de retorno ou água de 1,0 micron de*

espessura, com uma gravidade específica de 1,0, é igual a 1,0 grama por metro quadrado.)

Como o uso geral de água pode ser reduzido?

O uso geral de água pode ser reduzido reciclando toda a água do efluente e adicionando apenas a água tratada necessária ao sistema de caixa de lavagem. Teoricamente, a quantidade de água tratada necessária seria igual à quantidade de água deixada na correia na saída da caixa de lavagem e no efluente. No entanto, haverá outras perdas no sistema em uma caixa de lavagem, como vazamentos e espalhamento, bem como evaporação. A quantidade de água que deixa a caixa de lavagem, contida no material de retorno e nos sólidos reciclados, normalmente é no mínimo metade da água tratada necessária. Como a adição de água tratada normalmente é controlada por algum tipo de indicador de

$E_m = \frac{(Cb_{day-in} - Cb_{day-out}) \square k}{\rho \square T} + (W_{SB} + W_F)$			
<p>Dados: Uma caixa de lavagem onde 24,3 toneladas (27,8 st) de material de retorno entram e 2,4 toneladas (2,8 st) de material de retorno saem, e a densidade do material é de 1 quilograma por litro (62 lbm/ft³). A barra de jatos e o sistema de evacuação na caixa de lavagem consomem 100 litros por minuto cada (25 gal/min) em uma operação de 24 horas. Encontrar: A quantidade de efluente por minuto da operação.</p>			
Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
E_m	Efluente Tratado por Minuto	litros por minuto	galões por minuto
Cb_{day-in}	Material de Retorno na Entrada da Caixa de Lavagem por Dia	24,3 t	27,8 st
$Cb_{day-out}$	Material de Retorno Desejado na Saída da Caixa de Lavagem por Dia	2,4 t	2,8 st
k	Fator de Conversão	1.000	14.960
ρ	Densidade do Material a Granel	1 kg/l	62 lb _m /ft ³
T	Tempo em um Dia	1.440 min	1.440 min
W_{SB}	Consumo de Água da Barra de Jatos	100 l/min	25 gal/min
W_F	Consumo de Água para Evacuar a Caixa de	100 l/min	25 gal/min
<p>Métrico: $E_m = \frac{(24,3 - 2,4) \square 1000}{1 \square 1440} + (100 + 100) = 215$</p> <p>Imperial: $E_m = \frac{(27,8 - 2,8) \square 14.960}{62 \square 1440} + (25 + 25) = 54$</p>			
E_m	Efluente Tratado por Minuto	215 l/min	54 gal/min

Equação 24.3

Cálculo da quantidade de efluente tratado por minuto.

Resposta Passo 3: O sistema trata 215 litros por minuto (54 gal/min) de efluente.

nível no tanque de assentamento, a demanda não é constante. Portanto, o sistema de água tratada deve ser superestimado para manter o tanque no nível apropriado sem ter que operar continuamente.

É possível calcular a água tratada necessária (Equação 24.4).

A caixa de lavagem requer 200 litros por minuto (50 gal/min) de água. Usando apenas a água tratada necessária e reciclando a água do efluente, a operação consumirá apenas 8,6 litros por minuto (2,5 gal/min). Isso produz uma economia de água de 191,4 litros por minuto (47,5 gal/min) de água. A água reciclada pode ser usada para evacuar a caixa de lavagem e/ou ser usada nas barras de jatos com orifícios maiores. A maior parte da água tratada pode ser adicionada como um jato de água limpa de baixo volume no último raspador de correia ou no rodo dentro da caixa de lavagem. Esse exemplo, embora simplificado, é típico de um sistema de lavagem de correia transportadora para essa velocidade e largura de correia, usando-se um meio mecânico de reciclagem da

água e dos sólidos.

PROJETOS DE SISTEMAS DE LAVAGEM DE CORREIAS

Finalizando...

Combinar raspadores de correia eficazes, tecnologia de lavagem a jato, tratamento de efluentes e sistemas de secagem de correia produz uma estação de lavagem de correia perfeita. Tal estação pode atender a necessidade de manter a correia razoavelmente limpa e seca, proporcionar a recuperação e reciclagem dos sólidos a um custo razoável e usar uma quantidade mínima de água limpa. Onde o espaço é limitado, os elementos podem ser elaborados para se ajustarem em espaços confinados, mas as dificuldades podem resultar em reduções correspondentes na eficácia de limpeza e aumento na dificuldade de operação e manutenção.

Os sistemas de lavagem de correia combinam todas as características desejadas de um sistema

Equação 24.4

Cálculo de água tratada necessária por minuto

$$M_w = \left[\left(\frac{C_{b \text{ day-out}}}{\left(\frac{1 - M_{Cb}}{M_{Cb}} \right)} \right) + \left(\frac{C_{b \text{ day-in}} - C_{b \text{ day-out}}}{\left(\frac{1 - M_E}{M_E} \right)} \right) \right] \square SF \square k$$

Dados: Uma caixa de lavagem onde 24,3 toneladas (27,8 st) de material de retorno entram e 2,4 toneladas (2,8 st) de material de retorno saem, com um teor de umidade do material de retorno de 50% e um teor de umidade da efluente de 15%. **Encontrar:** A quantidade de água tratada necessária por minuto.

Variáveis		Unidades Métricas	Unidades Imperiais
M_w	Água Tratada por Minuto	litros por minuto	galões por minuto
$C_{b \text{ day-in}}$	Material de Retorno na Entrada da Caixa de Lavagem por Dia	24,3 t	27,8 st
$C_{b \text{ day-out}}$	Material de Retorno Desejado na Saída da Caixa de Lavagem por Dia	2,4 t	2,8 st
k	Fator de Conversão	0,69	0,17
M_{Cb}	Teor de Umidade do Material de Retorno	0,5 (50%)	0,5 (50%)
M_E	Teor de Umidade do Efluente	0,15 (15%)	0,15 (15%)
SF	Fator de Segurança para Considerar Outras Perdas	2	2

$$\text{Metric: } M_w = \left[\left(\frac{2,4}{\left(\frac{1 - 0,5}{0,5} \right)} \right) + \left(\frac{24,3 - 2,4}{\left(\frac{1 - 0,15}{0,15} \right)} \right) \right] \square 2 \square 0,69 = 8,6$$

$$\text{Imperial: } M_w = \left[\left(\frac{2,8}{\left(\frac{1 - 0,5}{0,5} \right)} \right) + \left(\frac{27,8 - 2,8}{\left(\frac{1 - 0,15}{0,15} \right)} \right) \right] \square 2 \square 0,17 = 2,5$$

M_w	Água Tratada por Minuto	8,6 l/min	2,5 gal/min
-------	-------------------------	-----------	-------------



QUESTÃO DE SEGURANÇA

De modo geral, a questão de segurança para estações de lavagem de correia não são diferentes das questões de outros sistemas de limpeza de correia, com as exceções de que normalmente há líquidos sob pressão e de que pode haver equipamentos auxiliares, como bombas ou transportadores helicoidais, que possam ser iniciados automaticamente. (Consultar Capítulo 14: *Limpeza da Correia*, para uma revisão das questões de segurança com sistemas de limpeza de correia.)

Devem ser seguidos os procedimentos adequados de desligar/ bloquear/ sinalizar. Os equipamentos auxiliares, como bombas e transportadores helicoidais, devem ser

desconectados, e todas as fontes de pressões, como água e ar comprimido, devem ser desligadas e despressurizadas antes do reparo.

A inspeção e o reparo das caixas de lavagem requerem acesso dos dois lados do transportador. Deve ser fornecido um espaço de trabalho adequado. A presença de água pode provocar deslizamento nos pisos e passarelas; portanto, é sempre aconselhável precaução ao se aproximar desses sistemas ou operá-los. Os trabalhadores devem ter cuidado ao inspecionar os sistemas de lavagem de correia, a fim de evitar estarem sujeitos a jatos de água bastante fortes e às partículas nela contidas.

de limpeza de correia em um único sistema de operação. Ao selecionar o equipamento apropriado para a aplicação, os custos podem ser minimizados, e o lucro do investimento pode ser calculado com base no cumprimento das regulações ambientais, na recuperação do material de retorno na redução dos gastos de limpeza e no aumento da vida útil dos componentes.

A Seguir...

Este capítulo sobre Sistemas de Lavagem de Correia, o quarto capítulo desta seção, discutiu o uso de água com sistemas de limpeza de correia para reduzir o material de retorno e o dano que ele pode causar ao transportador. O capítulo seguinte, *Ciência dos Materiais*, é o último capítulo desta seção.

REFERÊNCIAS

- 24.1 Planner, J. H. (1990). "Water as a means of spillage control in coal handling facilities." In *Proceedings of the Coal Handling and Utilization Conference: Sydney, Australia*, pp. 264-270. Barton, Australian Capital Territory, Australia: Institution of Engineers, Australia.
- 24.2 Stahura, Richard. P., Martin Engineering. (1987). "Conveyor belt washing: Is this the ultimate solution?" *TIZ-Fachberichte*, Volume 111, No. 11, pp. 768-771. ISSN 0170-0146.
- 24.3 University of Illinois. (1997). *High Pressure Conveyor Belt Cleaning System*. Estudo não publicado feito pela Martin Engineering
- 24.4 University of Newcastle Research Associates (TUNRA). Estudo sem título, não publicado, feito pela Engineering Services and Supplies P/L (ESS).

- 24.5 University of Illinois. (2005). *Design of Conveyor Belt Drying Station*. Estudo não publicado feito pela Martin Engineering.
- 24.6 Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (2004). "Standard for the specification of belt cleaning systems based on performance." *Bulk Material Handling by Conveyor Belt 5*, pp. 3–8. Edited by Reicks, A. and Myers, M., Littleton, Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).
- 24.7 Roberts, A.W.; Ooms, M.; and Bennett, D. *Conveyor Belt Cleaning – A Bulk Solid/Belt Surface Interaction Problem*. University of Newcastle, Australia: Department of Mechanical Engineering.
- 24.8 Spraying Systems Company (<http://www.spray.com>) contém uma variedade de materiais úteis sobre os princípios básicos e as opções disponíveis para bicos a jato.

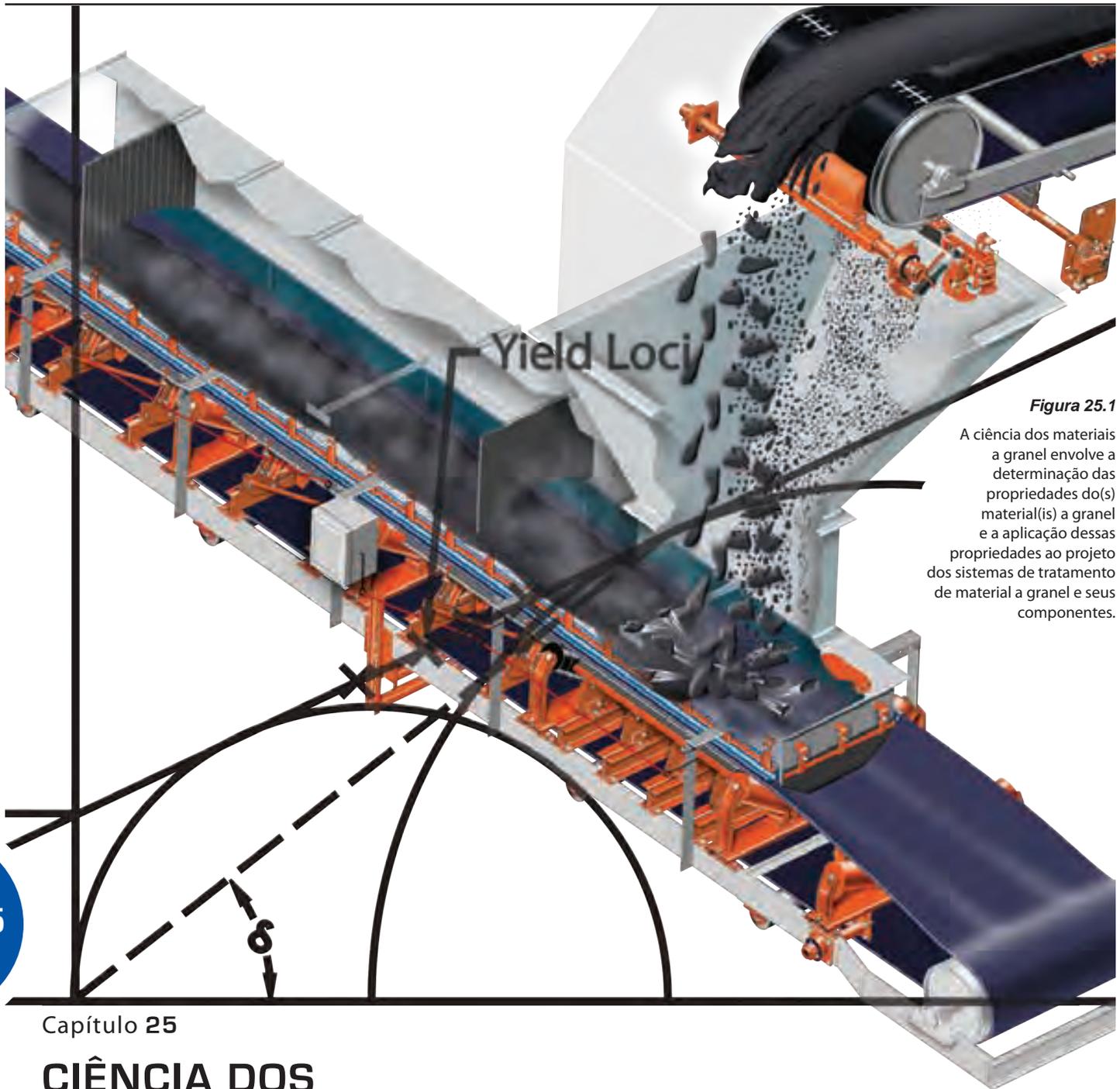


Figura 25.1

A ciência dos materiais a granel envolve a determinação das propriedades do(s) material(is) a granel e a aplicação dessas propriedades ao projeto dos sistemas de tratamento de material a granel e seus componentes.

25

Capítulo 25

CIÊNCIA DOS MATERIAIS

Propriedades Básicas dos Materiais a Granel	399
Propriedades Avançadas dos Materiais a Granel	402
Aplicações Típicas das Propriedades dos Materiais a Granel	406
Especificações Mais Utilizadas	407
Questão de Segurança	408
Tópicos Avançados	408
Ciência dos Materiais para Melhoria de Projetos	410

Neste Capítulo...

Neste capítulo será discutida a importância do teste dos materiais a granel atuais, a serem transportados para o modelo de transporte adequado. Serão descritas as propriedades básicas e avançadas dos materiais a granel, bem como métodos de teste usados para medir essas propriedades e aplicações típicas para as quais esses testes são realizados.

A ciência de materiais a granel é um campo interdisciplinar que envolve a determinação das propriedades do(s) material(is) a granel e a aplicação dessas propriedades ao projeto dos sistemas de tratamento de materiais a granel e seus componentes. Essa ciência investiga a interação entre o(s) material(is) a granel – como partículas individuais e como corpo do material – e as superfícies sobre as quais o(s) material(is) transitarão.

Para o projeto dos primeiros transportadores, as propriedades básicas dos materiais a granel, como densidade a granel e ângulo de repouso, têm sido usadas para medir o tamanho dos equipamentos e para calcular os requisitos de energia para sistemas de tratamento de materiais a granel. A ciência moderna de materiais a granel traça suas raízes ao trabalho de Andrew W. Jenike, da Universidade de Utah, no qual as dimensões necessárias pelos depósitos em uma condição de fluxo de massa foram determinadas com base na força do material a granel sob várias condições. Os métodos desenvolvidos por Jenike são usados para determinar a força interna dos materiais a granel e a fricção entre o material a granel e as superfícies que ele tocará (p.ex., a correia ou o chute). Essas propriedades são usadas com um sucesso crescente para prever o comportamento e o fluxo dos materiais a granel, conforme eles percorrem os transportadores e os chutes, permitindo, portanto, a elaboração de sistemas mais limpos, mais seguros e mais produtivos.

É publicada uma série de referências com propriedades típicas para muitos materiais a granel (*Referência 25.1*). Esses dados de referência normalmente são uma descrição geral, e, embora sejam úteis para um projeto preliminar do equipamento, eles não representam um material a granel específico sob as condições atuais de uso. Podem ser cometidos erros graves ao se projetar um sistema de tratamento de materiais sem determinar as propriedades básicas e avançadas

adequadas do material a granel específico.

Há muitas aplicações para ciência de materiais, como o desenho dos depósitos, transportadores helicoidais e pilhas de estoque. Este capítulo discutirá a importância da aplicação das propriedades dos materiais a granel para o projeto dos sistemas de transporte por correias e seus componentes para manuseio de materiais a granel (**Figura 25.1**).

PROPRIEDADES BÁSICAS DOS MATERIAIS A GRANEL

Muitas das propriedades básicas e dos testes de materiais a granel são descritos na publicação CEMA STANDARD 550-2003, da Associação de Fabricantes de Equipamentos de Transporte (Conveyor Equipment Manufacturers Association – CEMA). As propriedades mais comumente usadas (ou desusadas) na elaboração de sistemas de transporte por correias são descritas a seguir.

Densidade do Granel

A densidade (ρ) de um material a granel é o peso por unidade de volume – quilogramas por metro cúbico (lb_m/ft^3). Haverá diferenças na densidade a granel a diferentes teores de umidade, se o material a granel percorrer a correia transportadora e for compactado devido à vibração.

Densidade Aparente do Granel

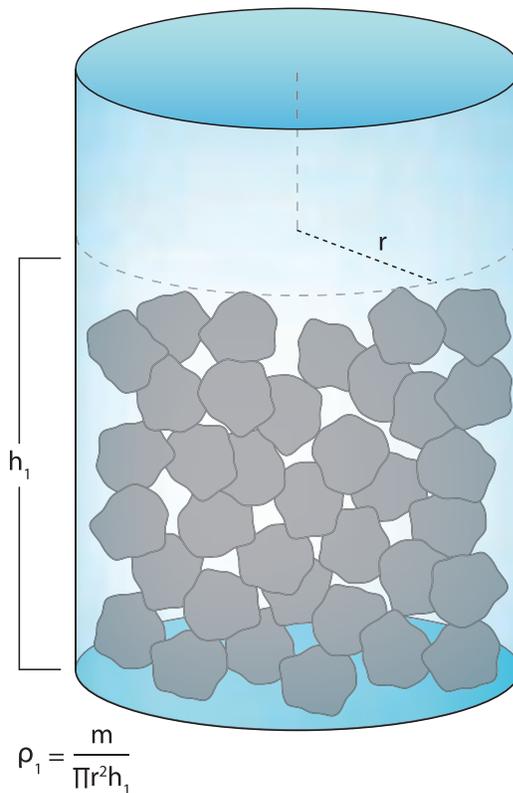
A densidade aparente (ρ_1) de um material a granel é o peso por unidade de volume que foi medido quando a amostra estava em condições não compactadas ou de inconsistência (**Figura 25.2**). A densidade a granel aparente sempre deve ser usada na elaboração do chutes da área de carregamento e da altura e largura das calhas de transferência, ou a capacidade do desenho pode não percorrer o ponto de transferência, devido ao aumento de volume no estado de inconsistência.

Densidade Compactada do Granel

A densidade compactada (ρ_2) – algumas vezes chamada de densidade a granel vibrada – normalmente é a densidade mais pesada que pode ser encontrada no transporte de materiais a granel (**Figura 25.3**). Isso é alcançado pela aplicação de uma força (F) ou uma energia vibratória ao corpo do

Figura 25.2

A densidade aparente do granel (ρ_1) de um material a granel é o peso por unidade de volume que foi medido quando a amostra estava em condições não compactadas ou de inconsistência.



material. A densidade compactada do granel é utilizada para determinar o peso do material transportado sobre a correia com base no ângulo de sobrecarga. A porcentagem de compressibilidade pode ser encontrada tomando a densidade a granel compactada menos a densidade aparente, dividida pela densidade a granel vezes 100. Essa relação raramente é maior que 40% e pode ser tão baixa quanto 3%, indicando que se deve ter cuidado com os cálculos relacionados à densidade.

Há uma série de padrões publicados para determinar a densidade a granel, como o ASTM D6683-01, da Sociedade Americana de Testes e Materiais (American Society for Testing and Materials - ASTM), mas recomenda-se que os métodos de teste descritos no CEMA STANDARD 550-2003 sejam usados quando a densidade for aplicada ao transporte de materiais a granel.

Ângulo de Repouso

O ângulo de repouso para materiais a granel é o ângulo entre uma linha horizontal e uma linha diagonal de cima de uma pilha de material a granel, formada livremente, até a base da pilha (**Figura 25.4**). O ângulo de repouso de um determinado material pode variar, contudo, depende de como a pilha é montada e da densidade, do formato das partículas, do teor de umidade e da consistência do tamanho do material. Como o ângulo de repouso é relativamente fácil de medir, muitas vezes ele é usado como um parâmetro conveniente de projeto. No entanto, isso pode causar erros graves devido às largas variações do ângulo para uma determinada categoria de material a granel. Por exemplo, a faixa do ângulo de repouso para vários tipos de carvão, conforme listado no CEMA STANDARD 550-2003, percorre de 27° a 45°. A aplicação do ângulo de repouso deve ser limitada para o formato das pilhas de estoque formadas livremente.

Ângulo de Sobrecarga

O ângulo de sobrecarga é o ângulo da seção cruzada de carga, medido pela inclinação em graus para o eixo horizontal (**Figura 25.5**). O símbolo θ_s é frequentemente usado para representar o ângulo de sobrecarga. O ângulo de sobrecarga de um material a granel sobre um transportador em movimento depende

Figura 25.3

A densidade compactada do granel (ρ_2) – algumas vezes chamada de densidade a granel vibrada – normalmente é a densidade mais pesada que pode ser encontrada no transporte de materiais a granel, alcançada pela aplicação de uma força compressora (F) ou energia vibratória ao corpo do material.

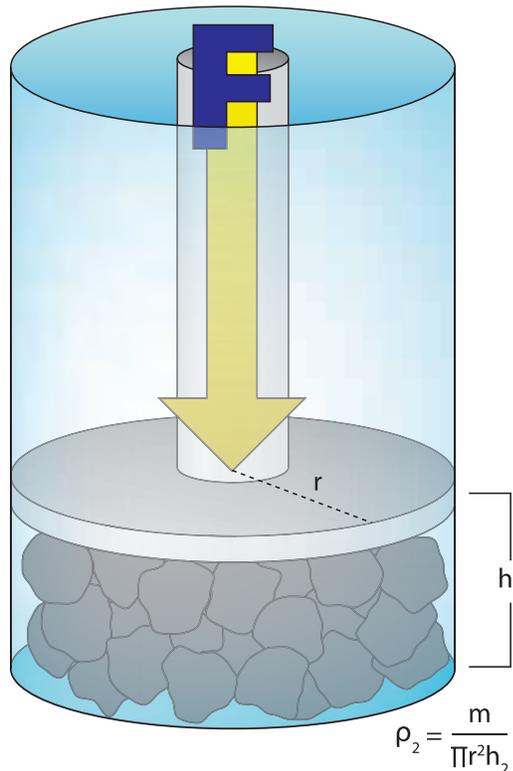
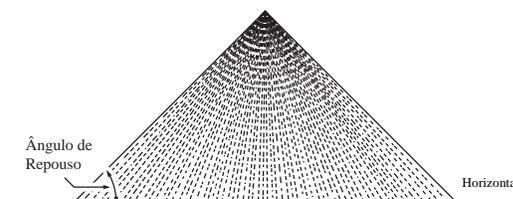


Figura 25.4

Ângulo de repouso



do tipo de transportador envolvido. Com um transportador de correia convexa, a superfície superior da seção cruzada de carga do material a granel é assumida como parte de um arco circular, com os limites do arco encontrando os lados inclinados da correia sem distância de borda. (Consultar Capítulo 11: Calhas-Guia, para uma discussão sobre distância de borda.)

Em transportadores de superfícies verticais, o topo da seção cruzada de carga pode ser assumido como uma parte de um arco circular, cujas pontas atingem os lados verticais (**Figura 25.6**). O ângulo de sobrecarga é medido pela inclinação da linha tangencial ao arco circular. Em uma correia plana ao transportador, a superfície superior do material a granel é presumida como triangular na seção cruzada (**Figura 25.7**).

O ângulo de sobrecarga é útil no projeto de transportadores para determinar o perfil da carga sobre a correia para várias larguras de correia e ângulos convexos, que fornecem, portanto, a capacidade teórica de carga da correia. Os métodos de teste padrão para determinação dos ângulos de sobrecarga para materiais a granel são descritos no CEMA STANDARD 550-2003.

Tamanho do Material

O tamanho do material a granel normalmente é descrito usando tanto o tamanho máximo da massa como a porcentagem de partículas que passam por uma série de obstáculos definidos através de um processo geralmente chamado de triagem. As duas medidas são importantes para a elaboração do transportador.

O tamanho do material muitas vezes é descrito como a largura e a altura da partícula maior. Por exemplo, um material com largura e altura máxima do minério de 50 milímetros x 50 milímetros (2 in. x 2 in.) seria descrito como 50 milímetros (2 in.) menos o material. No entanto, é prática comum assumir que o comprimento da massa pode ser três vezes o maior tamanho da largura ou da altura; o exemplo acima mostra um comprimento de até 150 milímetros (6 in.) de distância. Essa informação é útil para a determinação de tamanho de vários componentes, inclusive da largura de chutes e calhas de transferência. Uma regra geral é de que o chute ou a calha-guia devem ser no mínimo duas vezes a dimensão do minério maior, a fim de evitar entupimento.

A análise de uma triagem fornece a representação mais completa do tamanho dos materiais a granel (**Figura 25.8**). O ASTM D6396-99 (2006) (Referência 25.3) fornece um método de teste para análise de tela de materiais a granel. A distribuição do tamanho das partículas é uma tabulação da porcentagem

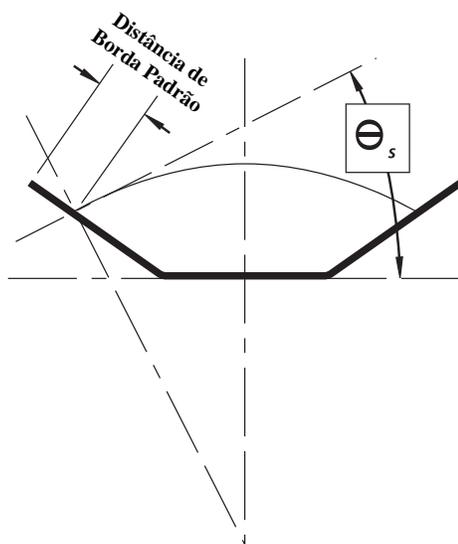


Figura 25.5

Ângulo de sobrecarga (θ_s) para uma correia convexa.

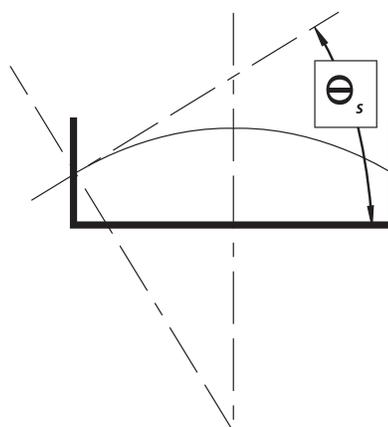


Figura 25.6

Ângulo de sobrecarga (θ_s) para um alimentador vertical.

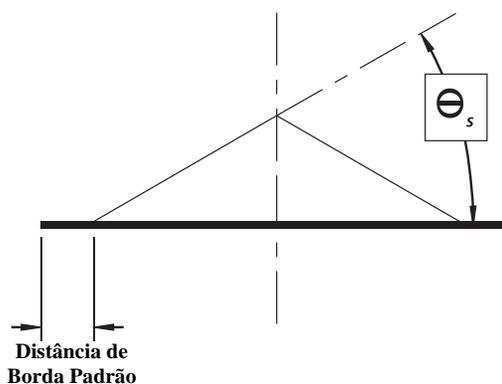


Figura 25.7

Ângulo de sobrecarga (θ_s) para uma correia plana.

do material representada em cada faixa de tamanho como uma parte da amostra total, conforme demonstrado ao passar através de um determinado tamanho de tela e ser retido na próxima tela menor. A curva de distribuição do tamanho das partículas geralmente é um gráfico semilogarítmico que usa o tamanho da partícula como as abscissas em uma escala logarítmica e a porcentagem cumulativa, pelo peso que passa por um determinado tamanho de tela como o comum (**Figura 25.9**). O formato da curva e do obstáculo de qualquer parte reta indica a uniformidade relativa da distribuição do tamanho de uma amostra. Essa informação é útil para a determinação do tamanho de partícula necessário para calcular o fluxo de ar. (*Consultar Capítulo 7: Controle do Ar; para calcular o ar induzido, que inclui o diâmetro (D) da partícula no denominador.*) A quantidade de ar induzido é inversamente proporcional ao diâmetro da partícula; quanto menor o diâmetro, mais ar induzido haverá. Conhecer o diâmetro médio da partícula

representa uma forma simplificada de calcular o ar induzido, com base na porcentagem de partículas de cada lado da superfície.

PROPRIEDADES AVANÇADAS DOS MATERIAIS A GRANEL

Teor de Umidade

O teor de umidade é a quantidade total de água presente em um material a granel. Um material a granel pode apresentar teor de umidade superficial (livre) e teor de umidade inerente. A umidade superficial é a massa de água que está entre as partículas, sobre a superfície e nos poros abertos. O teor de umidade superficial pode ter um efeito maior sobre os valores do material de ângulo de fricção lateral, aderência e coesão. O teor de umidade inerente é a massa de água contida dentro dos poros fechados, mas não inclui a umidade quimicamente ligada dentro das partículas. O teor de umidade é definido com

Figura 25.8

A análise por triagem fornece a representação mais completa do tamanho do material a granel.

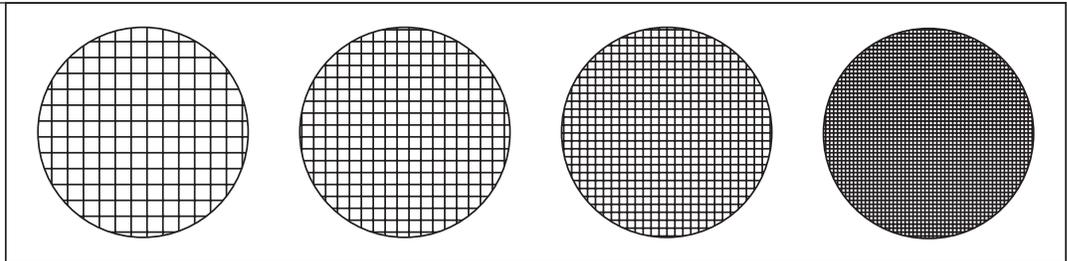
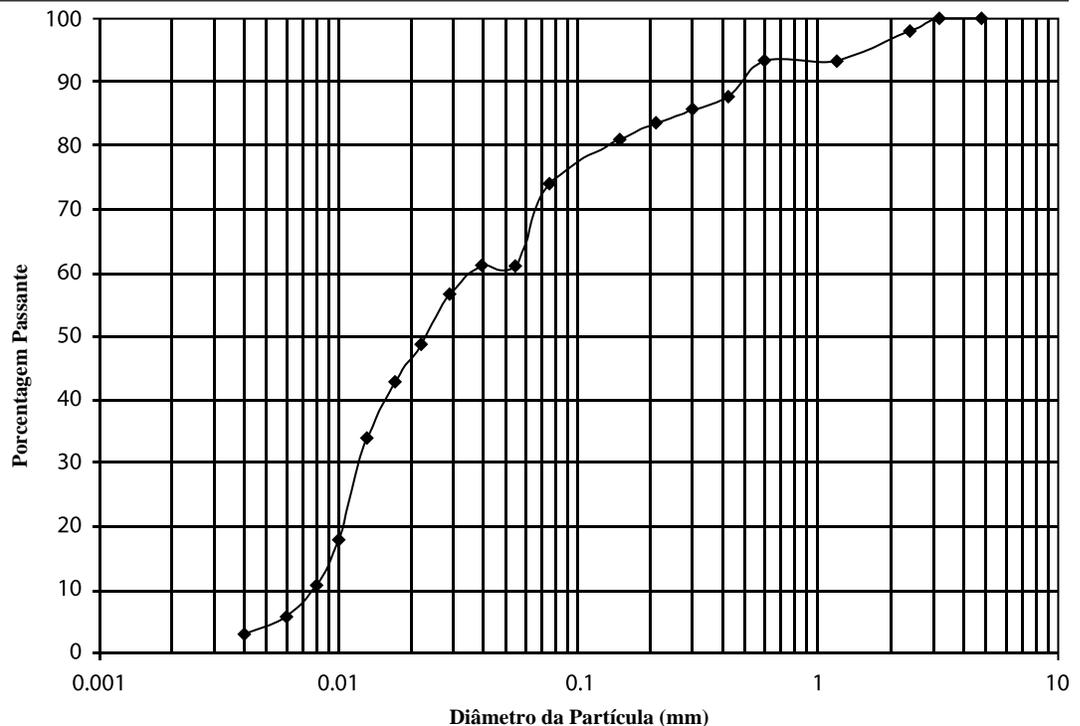


Figura 25.9

A curva de distribuição do tamanho da partícula geralmente é um gráfico semilogarítmico.



referência na umidade da indústria de manuseio de materiais a granel. O teor de umidade é expresso como uma porcentagem do peso úmido total. O método mais comum para determinar a umidade superficial é secar uma amostra em um forno até alcançar o equilíbrio, e depois medir a perda de peso.

Taxa de Sedimentação e Umedecimento

A capacidade de umedecimento de uma solução é a medida da sua capacidade de “molhar” (espalhadamente) e penetrar em um material a granel. Isso é importante, pois afeta e reflete no desempenho dos sistemas de supressão de pó e as substâncias químicas com o material particular.

Os métodos de medição de sedimentação são baseados na aplicação da Lei de Stokes, que descreve a velocidade terminal para uma esfera isolada, assentando em um líquido viscoso, sob a influência de um campo gravitacional (ou seja, sem queda). Para materiais com baixos números de Reynolds (ou seja, condições de fluxo laminar), a velocidade terminal depende do contraste de densidade entre a partícula e o meio, da viscosidade e do tamanho da partícula.

A taxa de sedimentação é igualmente importante para ajudar a avaliar o desempenho de sistemas de supressão de pó e de lavagem de correia com materiais específicos. Um teste simples e comum para a taxa de assentamento de materiais a granel na água é comumente chamado de “Teste do Jarro”. Na forma mais simples, uma amostra do material a granel é colocada em um bquer de água, e registra-se o tempo para o material assentar no fundo. Os procedimentos detalhados são descritos no ASTM D2035-08 (Referência 25.4).

Pressões Internas

A pressão interna em um material não pode ser medida diretamente. Ela deve ser deduzida a partir da força que atua na área de uma unidade de um material a granel, conforme ele resiste à separação, à compactação ou ao deslizamento, induzida por forças externas. A pressão normal se refere à pressão causada por forças perpendiculares à área da seção cruzada do material. A pressão forçada aumenta a partir das forças paralelas ao plano da seção cruzada (Figura 25.10). A pressão é expressa como uma força dividida por uma área.

O trabalho original de Jenike focava nas

propriedades dos materiais a granel como derivadas da capacidade de pressão forçada do material. O trabalho de Jenike visava a determinar as dimensões de saída do despejo de um armazenamento pelas pressões e pelo fluxo de gravidade confiável na lateral da superfície para um desenho de despejo seguro.

As propriedades de fluxo de um material a granel podem ser derivadas da medição da força de enfraquecimento do material a granel, usando uma célula de enfraquecimento (Figura 25.11). Há vários fabricantes de células de enfraquecimento e métodos de teste usados para determinar as propriedades dos materiais a granel, como o ASTM D6128-06 (Referência 25.5) ou o ASTM D6773-02 (Referência 25.6). Normalmente, apenas os resíduos do material a granel são testados, pois eles geralmente apresentam os maiores valores de aderência e coesão. Os testes de célula de enfraquecimento consomem tempo, devido ao grande número de testes necessários para determinar as propriedades em diferentes níveis de umidade e pressões de consolidação. A repetição dos resultados dos testes requer procedimentos de teste e preparação de amostras cuidadosos, feitos por um profissional capacitado.

Ao conduzir esses testes, os valores encontrados são a força principal ou de consolidação (V) e a área da amostra. O que é medida é a tensão de cisalhamento (S) necessária para ceifar o material a granel. A tensão de cisalhamento e a área de cisalhamento são usadas para determinar a força normal e de cisalhamento a diferentes pressões de consolidação e teores de umidade, usando o círculo de Mohr. O círculo de Mohr representa as forças em planos cortantes que são inclinadas por todos os ângulos possíveis. A posição do círculo de Mohr é definida pelas duas forças principais (Figura 25.12). É importante

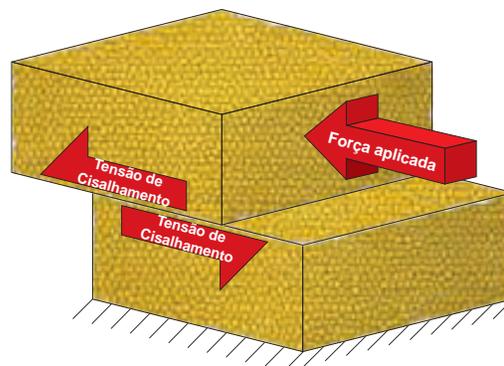


Figura 25.10

A pressão forçada aumenta a partir das forças paralelas ao plano da seção cruzada.

Figura 25.11

Usando uma célula de cisalhamento, as propriedades de fluxo do material a granel podem ser derivadas da medição da tensão de cisalhamento do material a granel.

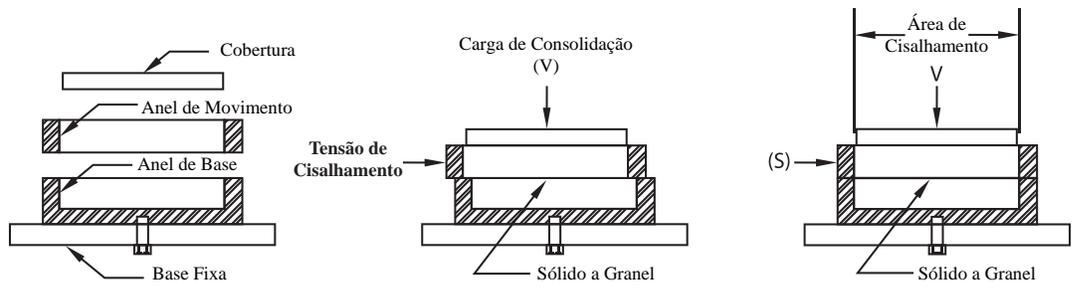
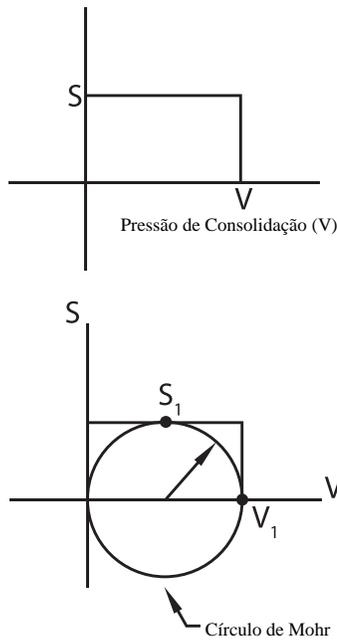


Figura 25.12

Conceito do Círculo de Mohr.



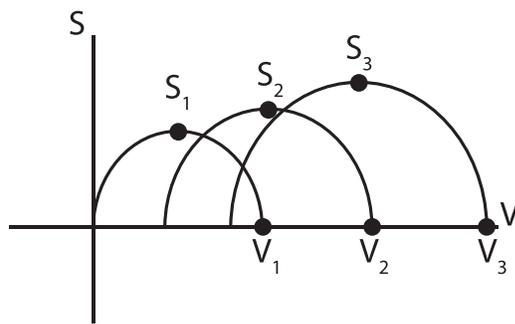
observar que um material a granel pode transmitir tensões de cisalhamento mesmo se ele estiver em repouso. As forças compressoras também são definidas como forças positivas em materiais a granel.

Ângulo de Fricção Interno

Os valores de fricção interna podem ser determinados realizando uma série de testes de cisalhamento a várias pressões de consolidação. O ângulo de fricção interno é o ângulo pelo qual as partículas dentro de um material a granel deslizam sobre outro material dentro de uma pilha, ou, em outras palavras, falham devido a cisalhamento. Esse ângulo está entre o eixo horizontal e o eixo tangencial da linha que define a alteração na tensão de cisalhamento, conforme o aumento da força de consolidação (Figura 25.13 e Figura 25.14).

Figura 25.13

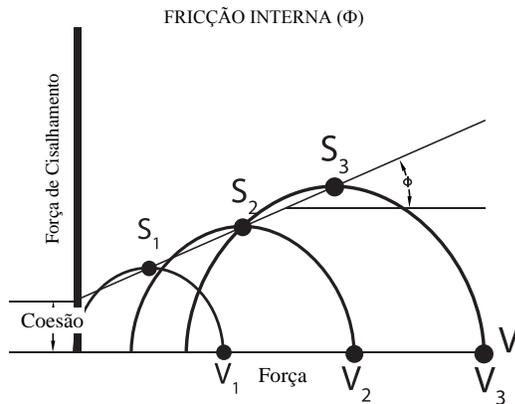
Uma série de testes de cisalhamento de várias pressões de consolidação.



O Método de Jenike usa exclusivamente um ângulo eficaz de fricção interna, que é o ângulo do eixo horizontal de uma linha que passa através da origem, enquanto permanece tangencial ao círculo de Mohr, representando a condição de consolidação (Figura 25.15).

Figura 25.14

Fricção interna (Φ).



Os materiais a granel não apresentam as mesmas relações de tensão-deformação que os materiais de plástico rígido, vidro e metal. Os materiais a granel não possuem uma tensão de escoamento ideal como o aço e outros materiais, mas, em vez disso, possuem uma região estruturada. A superfície é composta por limites de escoamento. Esse limite de escoamento aumenta em comprimento, conforme a força de consolidação aumenta em teor de umidade e tamanho de partícula fixo. Aumentar a força de consolidação aumenta a densidade a granel, dando ao gráfico uma superfície de falha tridimensional.

Fricção de Interface

A fricção de interface (θ) para chutes em manuseio de materiais a granel pode ser



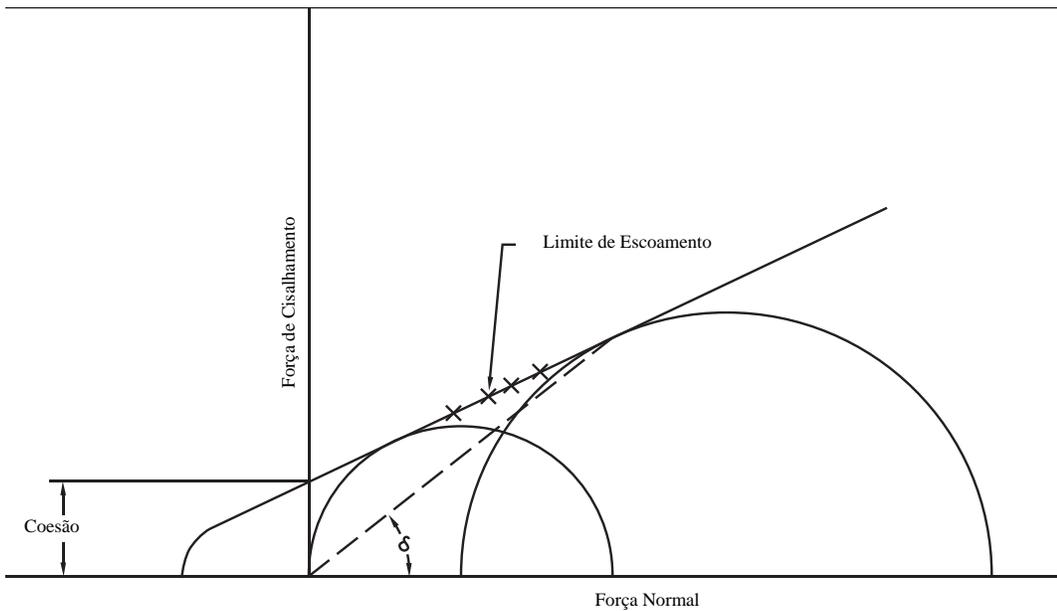


Figura 25.15

Ângulo de fricção interna eficaz.

$$\delta = \text{ÂNGULO DE FRICÇÃO INTERNA EFICAZ}$$

determinada com uma célula de cisalhamento e uma amostra do material de interface atual – ou seja, o material que estará em contato com o material a granel (**Figura 25.16**).

A fricção de interface (algumas vezes referida como fricção lateral) normalmente é alta a baixas pressões de consolidação e reduz rapidamente conforme a pressão aumenta (**Figura 25.17**). A significância disso no desenho do chute está relacionada à profundidade do vale do material em transporte no chute. Essa propriedade é especialmente crucial para um chute realizar autolimpeza quando o fluxo para, e a profundidade do vale do material se aproxima de zero. Nessa situação, a resistência ao fluxo do material fora do chute está ao máximo.

Dois valores de fricção (μ) são importantes no projeto do chute: o coeficiente de fricção entre o material a granel e a parede do chute e o coeficiente de fricção entre o material a granel e a correia. O coeficiente de fricção é igual à tangente do ângulo de fricção de interface (determinado da mesma forma que o ângulo eficaz de fricção interna) (**Figura 25.18**). Materiais a granel, particularmente os finos, possuem a capacidade de se ligar por cima sobre superfícies horizontais e, portanto, mostram força mesmo sob forças de consolidação negativas maiores que a força da gravidade. A tensão de cisalhamento em forças de consolidação negativas é de

interesse particular para o projeto do chute na determinação dos valores de aderência e coesão. Pode ser usada uma adaptação da célula de cisalhamento para aplicar forças de consolidação negativas ou o limite de escoamento lateral pode ser extrapolado para estimar esses valores (**Equação 25.1**).

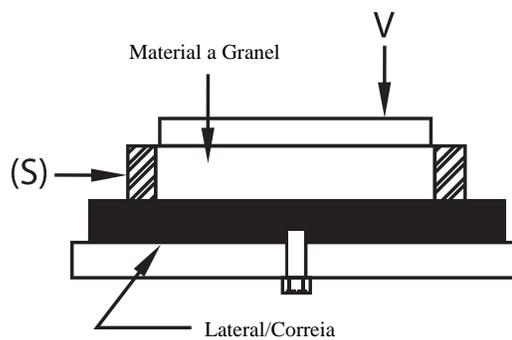


Figura 25.16

Teste de célula de cisalhamento para valores de fricção de interface de materiais a granel (θ).

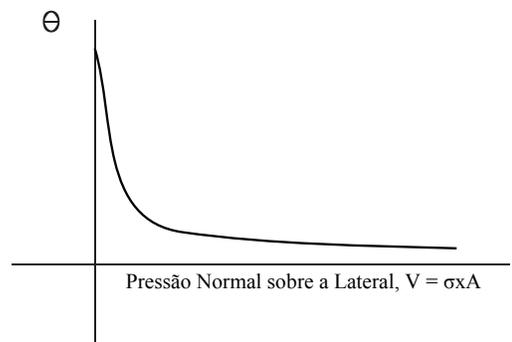


Figura 25.17

Efeito da pressão de consolidação sobre a fricção lateral.



Coesão

A coesão (τ) é a resistência do material a granel para ceifar a zero a força normal compressora. A coesão pode ser imaginada como a capacidade das partículas de se unirem umas às outras. O teor de umidade (tensão superficial), a atração eletrostática e a aglomeração são as três condições principais que afetam o nível de força coesiva em um material a granel. A força coesiva aumenta conforme é adicionada umidade ao material a granel, até um valor máximo ser alcançado (**Figura 25.19**). Conforme é adicionada mais umidade, a capacidade de o material a granel lidar com o cisalhamento - sua coesão - começa a diminuir. A força coesiva pode ser determinada a partir de testes de célula de cisalhamento. Ela é dada pela seguinte equação: a força coesiva é igual à força de consolidação, vezes a tangente do ângulo de fricção interna

mais uma constante [$\tau = \sigma_c \tan \Phi + k$].

Aderência

A aderência (σ) é a resistência do material a granel para movimentar a uma força de cisalhamento zero. A aderência pode ser imaginada como o ligamento do material a superfícies, como chutes e correias. A condição da superfície, a umidade e as impurezas, como barro, são as três condições principais que afetam o nível de força aderente em um material a granel. A força aderente pode ser determinada a partir de testes de célula de cisalhamento e é muito útil na determinação da probabilidade de um material se aderir ou se ligar a superfícies.

APLICAÇÕES TÍPICAS DAS PROPRIEDADES DE MATERIAIS A GRANEL

Capacidade de Transporte

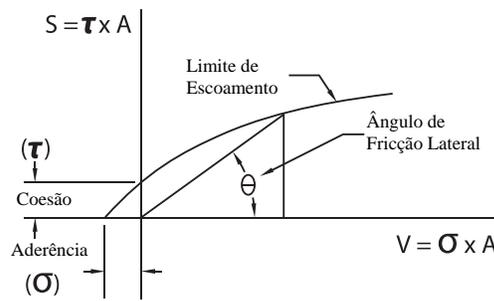
A capacidade de transporte, normalmente expressa como toneladas por hora (t/h), é um dos parâmetros de projeto básicos calculados diretamente a partir da densidade - quilogramas por metro cúbico (lb_m / ft^3) - do material a granel.

Densidade é um termo familiar usado quando se refere a materiais como aço e concreto; isso é chamado de densidade da partícula. No projeto de transportadores, devem ser consideradas tanto a densidade aparente como a densidade compactada. A densidade a granel de um material muda de seu estado de equilíbrio, através de pontos de transferência e enquanto ele é transportado. Se um ponto de transferência é elaborado usando o valor de densidade a granel compactada, é provável que o chute seja congestionado a menos que a capacidade indicada. Conforme o material a granel cai, o ar é induzido, aumentando o volume do material; há um espaço muito pequeno para o material inconsistente se mover a uma taxa de fluxo total. A densidade aparente pode ser até metade da densidade a granel compactada.

Se o projetista procura por densidade de um material em uma apostila de engenharia geral, o valor listado muito provavelmente será a densidade da partícula, que pode ser comparada à densidade compactada. Se esse

Figura 25.18

O coeficiente de fricção é a inclinação ou tangente do ângulo de fricção lateral.



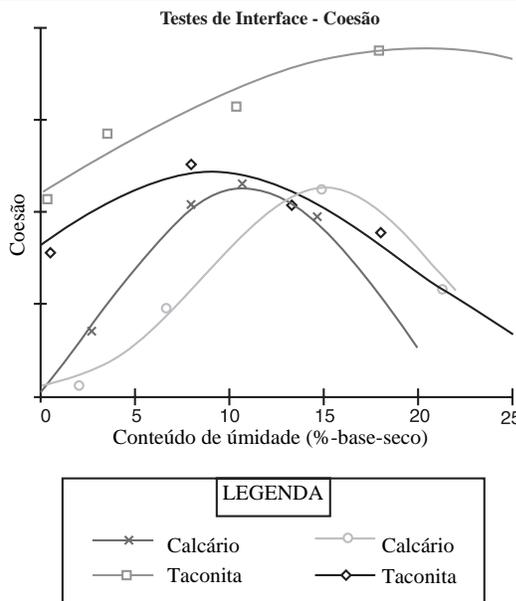
Equação 25.1

Relação da fricção de interface.

$$\tan \theta = \frac{S}{V} = \frac{\tau}{\sigma} = \mu$$

Figura 25.19

Os testes mostraram que a coesão e a aderência aumentam conforme aumenta a umidade, até ter sido aplicada umidade suficiente para começar a liquidificar o material e reduzir a coesão. A variação exata na aderência e coesão com teor de umidade mudará de material para material e de local para local. Obs.: Teor de umidade é a porcentagem de perda de peso entre o material úmido e o material após ter secado.



valor for utilizado, ele criará um projeto com tamanho de 2 a 4 vezes menor. O projetista precisa estar atento para as alterações adequadas nas densidades e no desenho.

Projeto do Chute

O projeto do chute é mais que uma questão de ter a área correta da seção cruzada com base na densidade aparente. Um fluxo confiável de materiais a granel através de um chute depende, entre outros fatores, da fricção entre o material a granel e as chapas de desgaste e da lateral do chute. O desenho dos chutes curvados para fluxo confiável depende de se conhecer as propriedades do material a granel em relação às superfícies de fluxo. Quando é usado um valor típico de ângulos de chute, o resultado muitas vezes é de acúmulo de material, causando bloqueio do chute. Por exemplo, o linhito possui um coeficiente de fricção significativamente mais alto sobre o aço inoxidável do que o carvão betuminoso, mas os coeficientes de fricção são semelhantes quando o polietileno de Ultra-Alto Peso Molecular (UHMW) é a chapa de desgaste. Podem surgir problemas de fluxo graves se as placas de desgaste e o material a granel atual sendo considerados para uso no projeto não forem testados.

Uma propriedade significativa dos materiais a granel que normalmente não é considerada no desenho do chute é o efeito do tempo e da pressão de consolidação sobre a força do material. Os materiais a granel geralmente ganham força no armazenamento. No entanto, no desenho do chute, as pressões de consolidação são normalmente baixas, e o tempo gasto no chute deve ser mínimo. O efeito das alterações no teor de umidade é significativo, especialmente a respeito de acúmulos de material nos chutes. Um resultado desse fenômeno é que o material de retorno geralmente ganha força conforme ele seca nas correias e chutes de desvio.

Limpeza de Correia

A aderência e a coesão são propriedades importantes usadas para prever a natureza dos desafios na limpeza das correias. Saber como a força do material é afetada pelas alterações no teor de umidade fornece diretrizes no uso de água para enfraquecer o material a granel a fim de que o material de retorno possa ser eficazmente removido da correia. Conhecer

o teor crítico de umidade permite que um projetista calcule o volume de água necessário. Sem esse conhecimento, o conceito de que “adicionar água ao processo é uma coisa ruim” permanecerá, mesmo havendo vantagens significativas ao usá-la.

Projetar um sistema de lavagem de correia funcional requer conhecimento sobre como o material a granel se comporta na água. O transporte e o tratamento do efluente estão diretamente relacionados à taxa à qual o material se assenta na água. O tamanho do tanque de separação ou do compartimento de sedimentação está diretamente relacionado à taxa de sedimentação do material. Materiais pesados, como o minério de ferro, precisam de uma quantidade grande de água fluente para evitar que o encanamento e as caixas de lavagem entupam. Outros materiais que não se assentam, como alguns carvões, podem não ser adequados para uma estação de lavagem de correia.

Supressão de Pó

A seleção de um método de supressão de pó requer conhecimento sobre como o material reagirá com água e com várias substâncias químicas usadas para melhorar a umidade e a aglomeração das partículas. Alguns materiais a granel não reagem – ou reagem muito lentamente – para serem bons candidatos ao uso de somente água com o agente supressor. Devem ser feitos testes para determinar se precisam ser utilizados aditivos químicos para fornecer uma supressão de pó eficaz.

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

Ao testar os materiais a granel para a elaboração de sistemas de tratamento de materiais, deve-se testá-lo quanto à faixa de condições previstas para ocorrer durante condições de operação extremas e normais e quanto a todas as variações esperadas na fonte, na qualidade das propriedades do material. Esses testes incluiriam:



A. Tamanho das partículas.

Deve ser realizada uma análise granulométrica para todas as qualidades e variações esperadas de materiais a granel, de acordo com os métodos de teste descritos no ASTM D6393-99 (2006) (*Referência 25.3*) ou no CEMA STANDARD 550-2003.

B. Densidade.

A densidade a granel do material deve ser determinada a três pressões de consolidação diferentes – representando as densidades aparentes, média e máxima esperadas – de acordo com os métodos de teste descritos no ASTM D6393-99(2006) (*Referência 25.3*) ou no CEMA STANDARD 550-2003.

C. Ângulo de repouso e de sobrecarga.

Os ângulos de repouso e de sobrecarga devem ser determinados para os materiais a granel de acordo com os métodos de teste descritos no ASTM D6393-99(2006) (*Referência 25.3*) ou no CEMA STANDARD 550-2003.

D. Força do material.

Os valores de aderência e de coesão devem ser determinados a um mínimo de três teores de umidade diferentes, pelo teste dos níveis de umidade mínimo, médio e de

saturação, e a cada uma das três pressões de consolidação diferentes – pressão zero, média e máxima –, de acordo com o método de teste ASTM D6128-06 (*Referência 25.5*) ou ASTM D6773-02 (*Referência 25.6*).

E. Valores de fricção de interface.

Os valores de fricção de interface devem ser determinados para os materiais a granel e para o(s) material(is) da chapa de desgaste e da lateral do chute a um mínimo de três níveis de umidade diferentes e a três pressões de consolidação diferentes, de acordo com o método de teste ASTM D6128-06 (*Referência 25.5*) ou ASTM D6773-02 (*Referência 25.6*). Os valores de fricção de interface para o material a granel e para a correia devem ser determinados a um mínimo de três níveis de umidade diferentes e a três pressões de consolidação diferentes, de acordo com o método de teste ASTM D6128-06 (*Referência 25.5*).

TÓPICOS AVANÇADOS**Capacidade da Correia com Exemplo das Propriedades de Carvões Diferentes**

A sexta edição do *Belt Conveyors for Bulk Materials*, da CEMA, fornece equações

25

**QUESTÃO DE SEGURANÇA**

Testar as propriedades de um material a granel melhora a capacidade de um projetista criar métodos seguros de armazenamento e transporte. Por exemplo, sabe-se bem que materiais a granel em fluxo podem gerar pressões laterais desiguais nos silos. Sem testar os materiais específicos sob as condições esperadas de armazenamento, o projetista pode apenas supor as forças envolvidas. Muitos exemplos de falha nos canais de armazenamento demonstram a sabedoria de testar o material e de usar a estrutura apenas para os materiais especificados. Menos catastróficos, mas tão nocivos à produtividade quanto, são os

sistemas que falham em cumprir a capacidade do projeto, devido ao uso de valores típicos ou “publicados em apostilas” para a densidade a granel de um material.

A maioria dos materiais a granel é inerte. Geralmente, o teste das propriedades dos materiais a granel é um processo relativamente seguro se os procedimentos dos padrões de testes forem seguidos. Alguns materiais demonstrarão riscos químicos, explosivos ou à saúde. As Planilhas de Segurança de Dados de Materiais são uma boa fonte de informação sobre o manuseio seguro de um material particular.

detalhadas para o cálculo da capacidade de um transportador com base no ângulo convexo e no ângulo de sobrecarga. As mesmas fórmulas podem ser usadas para determinar a capacidade do material a granel em um estado inconsistente, como quando o material é transferido pela primeira vez de uma correia a outra.

O CEMA STANDARD 550-2003 lista nove classificações diferentes de carvão. As densidades a granel aparentes listadas para essas diferentes classificações abrangem de 720 a 960 quilogramas por metro cúbico (45 a 60 lb_m/ft³); os ângulos de repouso variam de 27° a 40°. Os ângulos de sobrecarga normalmente são de 10° a 15° menores que os ângulos de repouso. (Obs.: A CEMA oferece apenas medições imperiais; as medições métricas são conversão da Martin.)

Nesse exemplo, as capacidades do projeto

são comparadas acerca da faixa de propriedades dos nove carvões diferentes (**Equação 25.2**). Isso demonstra a sensibilidade do projeto de um transportador ou de um ponto de transferência para as propriedades do material a granel. O exemplo 1 analisa o carvão mais denso; o exemplo 2 analisa o carvão com a menor densidade.

Para esses exemplos, uma comparação das áreas da seção cruzada, encontrada usando os valores perto dos extremos dos nove carvões diferentes, demonstra a sensibilidade de um projeto para as propriedades do material a granel.

Nossos exemplos assumem:

- Densidade a Granel Aparente: 720 a 960 quilogramas por metro cúbico (45 a 60 lb_m/ft³).
- Ângulo de Repouso: 27° a 45°.

$Q = A \cdot \rho_{lb} \cdot S \cdot k$			
Dados nº1: Uma correia transportadora carregando carvão com uma densidade de 960 quilogramas por metro cúbico (60 lb _m /ft ³) está percorrendo 2,5 metros por segundo (500 ft/min). O carvão possui um ângulo de sobrecarga de 30°. Encontrar: A capacidade da correia transportadora.			
Variáveis	Unidades Métricas	Unidades Imperiais	
Q	Capacidade da Correia	toneladas por hora	toneladas curtas por hora
A	Área de Carga da Seção Cruzada (conforme CEMA)	0,195 m ²	2,1 ft ²
ρ_{lb}	Densidade a Granel Aparente	960 kg/m ³	60 lb _m /ft ³
S	Velocidade do Transportador	2,5 m/s	500 ft/min
k	Fator de Conversão	3,6	0,03
Métrico: $Q = 0,195 \square 960 \square 2,5 \square 3,6 = 1.685$			
Imperial: $Q = 2,1 \square 60 \square 500 \square 0,03 = 1.890$			
Q	Capacidade da Correia	1.685 t/h	1.890 st/h
Dados nº2: Uma correia transportadora carregando carvão com uma densidade de 720 quilogramas por metro cúbico (45 lb _m /ft ³) está percorrendo 2,5 metros por segundo (500 ft/min). O carvão possui um ângulo de sobrecarga de 20°. Encontrar: A capacidade da correia transportadora.			
Q	Capacidade da Correia	toneladas por hora	toneladas curtas por hora
A	Área de Carga da Seção Cruzada (conforme CEMA)	0,168 m ²	1,804 ft ²
ρ_{lb}	Densidade a Granel Aparente	720 kg/m ³	45 lb _m /ft ³
S	Velocidade do Transportador	2,5 m/s	500 ft/min
k	Fator de Conversão	3,6	0,03
Metric: $Q = 0,168 \square 720 \square 2,5 \square 3,6 = 1089$			
Imperial: $Q = 1.804 \square 45 \square 500 \square 0.03 = 1218$			
Q	Capacidade da Correia	1.089 t/h	1.218 st/h

Equação 25.2

Cálculo da capacidade da correia com propriedades diferentes de carvão



- Ângulo de Sobrecarga: 20° a 30°
- Largura da Correia: 1.200 milímetros (48 in.).
- Ângulo Convexo: 35°.
- Distância de Borda: Distância de borda padrão CEMA.
- Velocidade da Correia: 2,5 metros por segundo (500 ft/min).

Análise

Se um transportador foi projetado usando os valores publicados para carvão de um livro, em vez de testar o carvão atual, a capacidade do desenho pode estar fora em mais de 600 toneladas por hora. Essa discrepância teria um efeito enorme sobre o resto do processo e sobre as saídas desejadas. Esse exemplo mostra que as propriedades do material atual devem ser medidas.

CIÊNCIA DOS MATERIAIS PARA MELHORIA DE PROJETOS

Finalizando...

Não importa se a classificação é genérica; nunca dois materiais são iguais. Portanto, os testes físicos dos materiais em uso são de importância crucial para o projeto adequado dos sistemas que tratarão os materiais a granel. Os custos típicos para determinação das propriedades de fluxo requeridas para projetar adequadamente um chute variam de \$1.000* a \$3.000 USD por amostra por nível de umidade. O custo desses testes é uma parte pequena do custo global do projeto e da construção de um sistema de transporte. Possuir esses dados básicos será uma ferramenta importante para futuras soluções de problemas do transportador, conforme o processo ou a mudança da matéria-prima.

A Seguir...

Este capítulo sobre Ciência dos Materiais, o quinto e último capítulo desta seção Conceitos de Vanguarda, explicou como testar as propriedades dos materiais a granel para ajudar a projetar sistemas de transporte para um controle total de materiais. Com o capítulo seguinte, Acessibilidade dos Transportadores, começa a nova seção Manutenção de Transportadores.

REFERÊNCIAS

- 25.1 Padrões de Densidade: Agregados - ASTM C29 / C29M-07, Carvão Betuminoso Britado-ASTM D29-07 e Grãos-Circular do Departamento Americano de Agricultura nº 921.
- 25.2 ASTM International. (2001). *Standard Test Method for Measuring Bulk Density Values of Powders and Other Bulk Solids*, ASTM D6683-01; Work Item: ASTM WK14951 - *Revision of D6683-01 Standard Test Method for Measuring Bulk Density Values of Powders and Other Bulk Solids*. West Conshohocken, Pennsylvania. Available online: <http://www.astm.org>.
- 25.3 ASTM International. (2006). *Standard Test Method for Bulk Solids Characterization by Carr Indices*, ASTM D6393-99(2006). West Conshohocken, Pennsylvania. Available online: <http://www.astm.org>.
- 25.4 ASTM International. (2001). *Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water*, ASTM D2035-08. West Conshohocken, Pennsylvania. Available online: <http://www.astm.org>
- 25.5 ASTM International. (2006). *Standard Test Method for Shear Testing of Bulk Solids Using The Jenike Shear Cell*, ASTM D6128-06. West Conshohocken, Pennsylvania. Available online: <http://www.astm.org>.
- 25.6 ASTM International. (2002). *Standard Shear Test Method for Bulk Solids Using Schulze Ring Shear Tester*. ASTM D6773-02; Work Item: ASTM WK19871 - *Revision of D6773-02 Standard Shear Test Method for Bulk Solids Using the Schulze Ring Shear Tester*. West Conshohocken, Pennsylvania. Available at: <http://www.astm.org>.

*Valores de referência em inglês

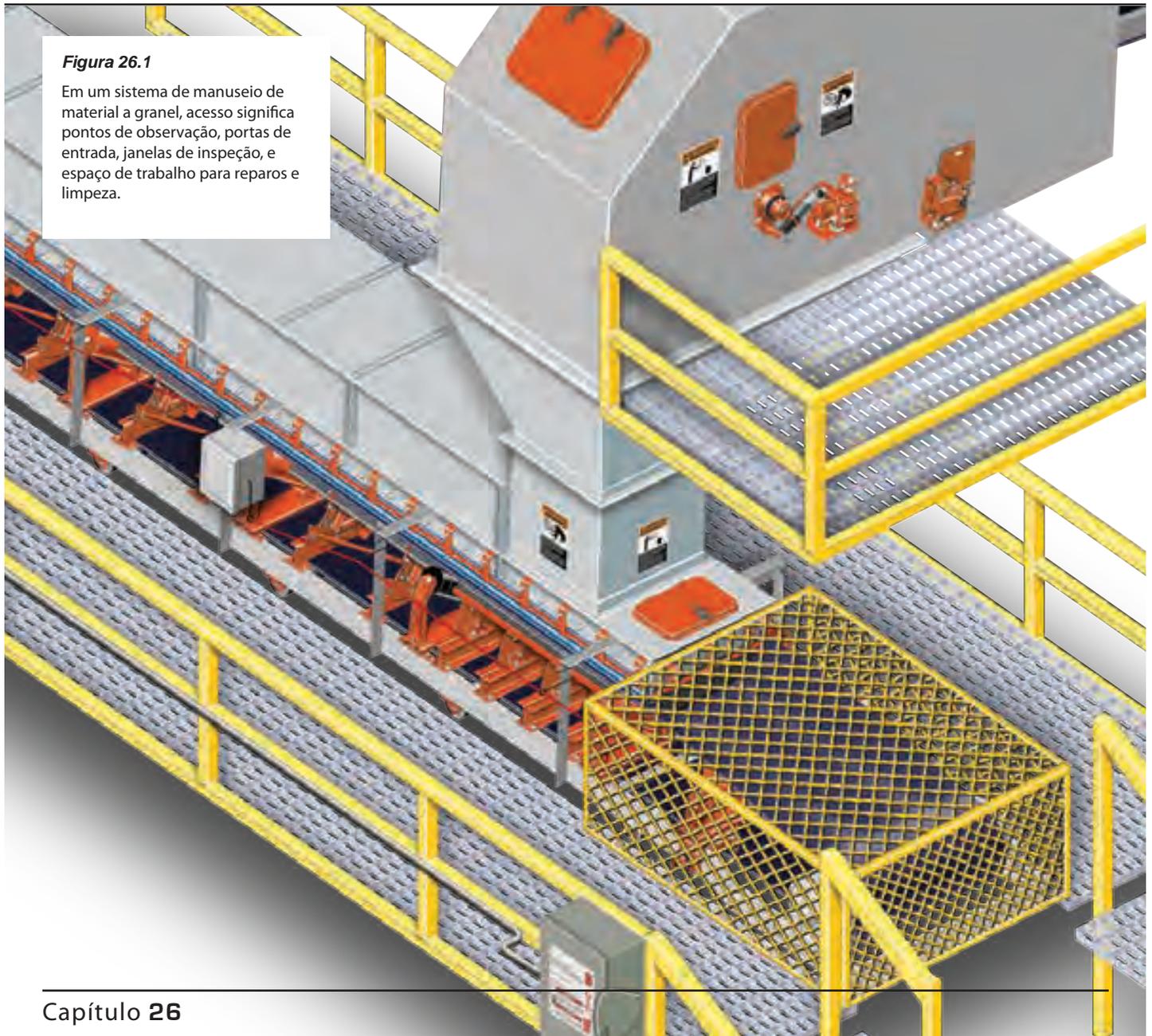
Seção 6

MANUTENÇÃO DE TRANSPORTADORES

- Capítulo 26 414
ACESSIBILIDADE DO TRANSPORTADOR DE CORREIA
- Capítulo 27 424
VISTORIA DO TRANSPORTADOR DE CORREIA
- Capítulo 28 434
MANUTENÇÃO
- Capítulo 29 444
O FATOR HUMANO

Figura 26.1

Em um sistema de manuseio de material a granel, acesso significa pontos de observação, portas de entrada, janelas de inspeção, e espaço de trabalho para reparos e limpeza.



Capítulo 26

ACESSIBILIDADE DO TRANSPORTADOR DE CORREIA

Facilitando o Acesso.....	415
Espaço ao Redor dos Transportadores de Correia	416
Proteção.....	418
Janelas de Inspeção e de Entrada	419
Espaço Confinado	421
Questão de Segurança.....	421
Especificações Mais Utilizadas.....	422
A Vantagem do Acesso	423

Neste Capítulo...

Neste capítulo discutiremos a importância do fácil acesso ao sistema de transporte de correia – para aumentar a segurança, facilitar a manutenção e economizar dinheiro. Focamos na quantidade de espaço necessário ao redor de diversas partes do sistema do transportador de correia para diferentes necessidades de manutenção. Analisamos também os requisitos e diferentes tipos de barreiras de proteção e janelas de inspeção e portas de entrada. São apresentados, ainda, tópicos relativos ao espaço confinado e a questões de segurança.

Pode-se definir acesso como “o direito de entrada ou utilização”. Em um sistema de manuseio de materiais a granel, utiliza-se acesso no sentido de pontos de observação/ janelas de inspeção, portas de acesso e espaço de trabalho para reparos e limpeza (**Figura 26.1**).

Para os funcionários de manutenção e operações, acesso adequado é fundamental para a produtividade. Isso significa que o acesso seguro, rápido e fácil a um problema deve ser priorizado em relação a outras questões, como o custo. Estima-se que o fornecimento de acesso adequado no projeto de um sistema de manuseio de material a granel possa chegar a corresponder a 15% do custo financeiro de um projeto.

No entanto, quando se está projetando um sistema de transportador de correia, raras vezes há capital suficiente destinado a fazer mais do que fornecer o acesso mínimo exigido por lei. Essa prática resulta não apenas em perda de tempo produtivo e necessidade de maior tempo de manutenção, mas também em maiores gastos em segurança e saúde. Sob a perspectiva de propriedade e gerenciamento, o acesso inadequado contribui para a perpetuação de problemas, com perda de produtividade e gastos desnecessariamente altos com manutenção. A ausência de acesso adequado conduz à práticas de manutenção inadequadas; a manutenção inadequada leva muitas vezes à interrupções emergenciais do funcionamento, o que, por sua vez, afeta a produtividade e a lucratividade da operação.

Naturalmente, prover o acesso adequado posteriormente – depois de o sistema de manuseio de materiais já ter sido concluído e de ter sido verificado que os mecanismos de acesso são deficientes – vai custar consideravelmente mais.

O acesso insuficiente ao equipamento resulta em perda de produtividade e sujeira nos sistemas, devido à dificuldade de limpeza e realização dos reparos necessários. Estima-se que o acesso inadequado possa chegar a aumentar em 65% os custos de manutenção e limpeza de um sistema de manuseio de materiais a granel ao longo de sua vida útil.

FACILITANDO O ACESSO

Para os funcionários de manutenção, é frustrante não poder trabalhar em um equipamento – que exigiria tempo mínimo para conserto – pela impossibilidade de se obter acesso seguro e adequado a ele. Os atrasos no acesso podem ser decorrentes da necessidade de uma permissão para espaço confinado, testes do ar, andaimes ou elevadores de passageiros, guindastes ou de ferramentas especiais necessárias para abrir as portas de acesso. Em alguns casos, é necessário remover o sistema todo apenas para obter acesso ao componente que está precisando de manutenção. Esses atrasos podem ser minimizados projetando acesso adequado e posicionando ferramentas e peças próximas ao local necessário.

Três itens devem ser incluídos ao se projetar o acesso adequado em um sistema de manuseio de materiais:

A. Facilidade de visualização.

Se o equipamento desenvolver um problema que não possa ser visto pelos funcionários da fábrica, o problema tende a evoluir para uma situação catastrófica sem ser percebido.

B. Facilidade de alcance.

Se uma parte do equipamento desenvolver um problema, mas for difícil para os funcionários de manutenção acessar, é provável que o reparo seja adiado, novamente trazendo o risco de uma situação catastrófica.

C. Facilidade de substituição.

Se o problema de um equipamento é conhecido, mas requer uma interrupção desnecessária no funcionamento para ser corrigido, é provável que o equipamento quebrado fique fora de serviço por um período maior do que necessário.

Quando os sistemas são de difícil visualização, alcance e substituição, os funcionários de operações ou manutenção da fábrica podem tentar atalhos durante os reparos. Tais atalhos assim muitas vezes aumentam os riscos à segurança, além de acrescentar potencial de dano adicional ao equipamento. Tomar atalhos – seja intencionalmente, seja devido à ausência de acesso adequado e, portanto, à impossibilidade de seguir procedimentos adequados de manutenção – pode facilmente resultar em menor segurança, menor vida útil do equipamento, menor eficiência de processos e maior fuga de materiais.

ESPAÇO AO REDOR DOS TRANSPORTADORES DE CORREIA

A fim de reduzir custos, o transportador de correia é frequentemente colocado em pequenas galerias ou recintos fechados (**Figura 26.2**). Uma das laterais do transportador geralmente é empurrada contra uma parede, ou contra outro transportador de correia adjacente

ou outro equipamento. A manutenção desse tipo de instalação é extremamente difícil. Se o transportador de correia estiver instalado rente a uma parede, moega ou outra estrutura, necessidades básicas de manutenção, como a lubrificação de mancais ou troca de engrenagens, tornam-se operações significativas, que exigem extensas pausas de produção.

Em geral, é preciso haver espaço suficiente para permitir o acesso a todas as seções do sistema transportador de correia e, especialmente, a ambos os lados do transportador. Não prover o acesso a ambos os lados do transportador de correia é uma deficiência comum quando se trata de torná-los passíveis de manutenção.

O espaço aberto ao longo do lado mais crítico de um transportador de correia (o lado da área de trabalho onde precisam ser realizadas atividades importantes ou onde há acesso ao elevador ou outros recursos) deve ter no mínimo a largura da correia (BW) mais 300 milímetros (12 pol.), com no mínimo 1.000 milímetros (36 pol.). O lado da passarela do transportador de correia deve ter espaço equivalente a pelo menos metade da largura da correia (BW/2), com um espaço mínimo de 750 milímetros (30 pol.) ao longo de todo o comprimento. Esse acesso duplo facilita a substituição de equipamentos como engrenagens, que não podem ser facilmente manuseadas por um operário. Caso seja necessário substituir uma polia ou outro objeto maior, o espaço aberto pode ser expandido para, no mínimo, a largura da correia (BW) mais 300 milímetros (12 pol.).

O Capítulo 2: “Considerações sobre o Projeto”, da sexta edição de *Belt Conveyors for Bulk Materials* da Conveyor Equipment Manufacturers, Association (CEMA), contém recomendações detalhadas sobre os espaços livres mínimos.

Passarelas e Espaços de Trabalho

Acesso adequado requer fornecimento de passarelas e plataformas de trabalho próximas aos transportadores de correia. Estas devem proporcionar um caminho firme adjacente aos transportadores e às polias anteriores e posteriores, com fácil acesso a todos os pontos que necessitem de observação, lubrificação, limpeza ou outra tarefa de manutenção.

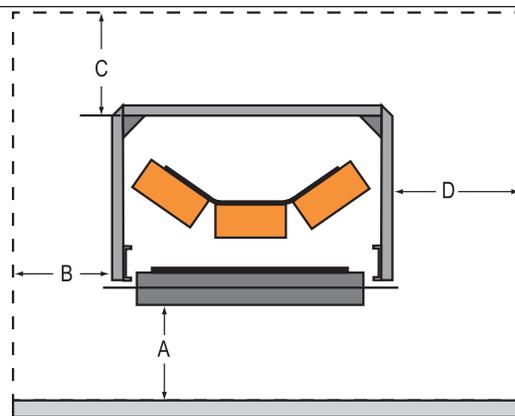
Figura 26.2

O equipamento do transportador de correia é frequentemente colocado em pequenas galerias ou recintos fechados, empurrado contra uma parede um transportador adjacente ou outro equipamento.



Figura 26.3

O espaço de acesso deve ter pelo menos 750 milímetros (30 pol.) de largura para a passarela (B) e 1.000 milímetros (36 pol.) de largura em áreas onde sejam necessários trabalhos de manutenção (D).



A. P/Permitir a Limpeza	600 milímetros (24 pol.)
B. Passarela	750 milímetros (30 pol.)
C. Altura Livre	1.200 milímetros (48 pol.)
D. Área de Trabalho	1.000 milímetros (36 pol.)

Conforme observado, as passarelas devem ter no mínimo 750 milímetros (30 pol.) de largura para passagem e 1.000 milímetros (36 pol.) de largura em áreas onde precisem ser realizados trabalhos importantes de manutenção (**Figura 26.3**). Ambas as áreas devem ter um amplo espaço acima da cabeça; qualquer local em que uma pessoa precise ficar em pé ou de joelhos para realizar manutenção ou inspeção, a “altura livre” ou o “espaço acima da cabeça” deve ter pelo menos 1.200 milímetros (48 pol.) (**Figura 26.4**). Áreas onde há necessidade de manutenção ou limpeza frequentes devem ter assoalho sólido, de preferência grades abertas.

Quando os transportadores de correia correm paralelos uns aos outros, o espaço entre eles deve ser de pelo menos 750 milímetros (30 pol.) ou da largura da correia, o que for maior, a fim de permitir o reparo da correia e a remoção de engrenagens.

Outra deficiência comum em projetos de transportadores de correia é não permitir o espaço adequado para a limpeza. Um estudo de acidentes relacionados a transportadores de correia na mineração mostrou que um terço de todos os acidentes ocorreram com trabalhadores que tentavam fazer a limpeza debaixo ou ao redor do fluxo de transporte do transportador. Áreas que exigem limpeza frequente devem permitir a limpeza mecânica, como o uso de minicarregadeiras ou caminhões a vácuo debaixo do transportador de correia. Se isso não for viável, deve-se fornecer um espaço livre mínimo de 600 milímetros (24 pol.) entre o fundo dos roletes de retorno e o chão.

Requisitos de Acesso ao Redor do Equipamento

O acesso mínimo ao redor do equipamento é a área necessária para acomodar sua maior peça. Isso é determinado medindo o maior item e somando de 450 a 600 milímetros (18 a 24 pol.). É preciso haver acesso dos dois lados da estrutura, com no mínimo 1.000 milímetros (36 pol.) na segunda lateral (não crítica), com um caminho claro até uma área de suspensão, ou sistema de trole suspenso, para remoção do equipamento. Uma área de plataforma conveniente para peças grandes de substituição deve ser considerado.

Acesso para Reparo e Substituição da Correia

O acesso para manutenção da correia requer uma área conveniente para suspender ou descer o equipamento de vulcanização e expor a própria correia do transportador de correia. A remoção de coberturas do transportador de correia ou da vedação da área de carga e da parede de escoamento acrescenta tempo significativo ao processo. Pelo menos 1.000 milímetros (36 pol.) mais a largura da correia são necessários de cada lado do transportador de correia. Além disso, é necessária uma área de 3 metros (10 pés) de comprimento no local em que a correia está exposta (ou seja, não recoberta) para facilitar as operações de reparo.

Acesso na Polia de Tensionamento

A manutenção e o reparo da polia de tensionamento podem ser perigosos e demorados. Em geral, são necessários dois guinchos de corrente com capacidade suficiente para suspender e abaixar o contrapeso. Como muitos desses sistemas de alinhamento de correia ficam próximos à polia anterior, a área de acesso para manutenção em transportadores de correia inclinados pode ser elevada. Plataformas de acesso que forneçam espaço adequado para a manutenção de mancais e polias e tensionamento dos guinchos de corrente são essenciais. Um elevador que possa remover a pressão da polia de tensionamento pode economizar muitas horas-homem durante o reparo do transportador de correia.

Passarelas

Um número surpreendente de acidentes acontece com funcionários que estão atravessando o transportador de correia por cima ou por baixo. Para eliminar essa preocupação, plataformas de acesso, escadas, passagens e outros equipamentos necessários

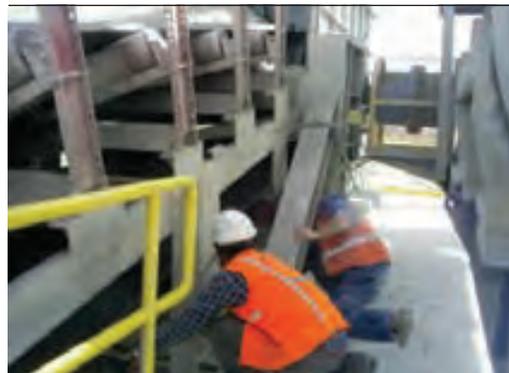


Figura 26.4

Em qualquer local em que uma pessoa precise ficar de pé ou de joelhos para realizar serviço ou inspeção, a “altura livre” deve ser de pelo menos 1.200 milímetros (48 pol.).

para chegar ao outro lado do transportador de correia devem ser incluídos no projeto e nas especificações do sistema. Embora tenha sido escrito para transportadores de correia unitários, o CEMA SPB-001 (2004) *Safety Best Practices Recommendation (Referência 26.3)* fornece orientações úteis para o projeto de passarelas de transportadores de correia para o manuseio de materiais a granel. Como sempre, qualquer regulamentação local deve ser priorizada.

Expansão de Outros Sistemas

Não é raro ver um transportador de correia ou um ponto de transferência instalado em uma trama de condutores elétricos, encanamento supressor de pó, painéis de controle ou sistemas automáticos de extinção de incêndio (**Figura 26.5**). Para qualquer tentativa de acesso aos componentes do ponto de transferência é preciso primeiro contornar a “selva” que envolve o ponto de transferência. A interrupção desses outros sistemas resulta em uma série de outras complicações às operações da fábrica.

Para controlar o crescimento desses sistemas auxiliares ao redor do transportador de correia e do ponto de transferência, o projetista deve especificar o equipamento ao qual o acesso é necessário. Incluindo áreas específicas nas plantas do transportador de correia para a instalação de painéis de controle, acionadores de portões e outros equipamentos, obstáculos

desnecessários podem ser evitados.

PROTEÇÃO

Barreiras de Proteção

O simples caminhar pela passarela oferece riscos que podem ser fatais: passarelas próximas ao transportador de correia apresentam áreas onde os funcionários podem ficar presos. Houve casos em que funcionários escorregaram em uma passarela e ficaram presos no transportador de correia simplesmente por tentarem evitar a queda ou recuperar o equilíbrio.

Ainda que possam não ser uma exigência governamental, as correias devem ser resguardadas ao longo das passarelas, de modo a evitar que funcionários descuidados fiquem presos no transportador em movimento.

Uma barreira de proteção é uma grade ou outro obstáculo que mantenha os funcionários afastados do transportador de correia e de seus componentes (**Figura 26.6**). Amplamente utilizadas na Austrália e na Europa, as barreiras de proteção são projetadas para prevenir lesões, tornando fisicamente impossível o alcance a uma parte potencialmente perigosa do equipamento – como os pontos de esmagamento de polias, roletes, correntes ou correias – ou o risco de carga suspensa do contrapeso de uma polia de tensionamento.

É importante que sejam fornecidas proteções em todas as partes perigosas de um transportador de correia, normalmente acessível aos funcionários. Os riscos são considerados “protegidos por localização” se eles estiverem localizados a uma distância suficiente acima do solo ou da passarela para evitar o contato.

O desafio ao se projetar e instalar proteções eficazes está em proteger os funcionários de operações e manutenção sem interferir no funcionamento da fábrica. Uma barreira de proteção bem projetada evitará que os funcionários alcancem partes em movimento da máquina, e, ainda, seu tamanho e formato permitirão o manuseio seguro das peças durante a remoção ou troca (quando a proteção tiver sido removida ou desativada e o transportador de correia estiver desligado/ bloqueado/ sinalizado.)

Figura 26.5

Não é incomum ver um transportador de correia ou um ponto de transferência intrincado em uma trama de condutores elétricos, encanamento supressor de pó, painéis de controle ou sistemas de extinção de incêndio.



Figura 26.6

Uma barreira de proteção é uma cerca ou outro obstáculo que mantém os funcionários afastados do transportador de correia e seus componentes.



Geralmente, barreiras de proteção exigem uma ferramenta para remoção e podem incluir um sinal indicando qual equipamento deve ser isolado (ou seja, travado/sinalizado/bloqueado/testado) antes que a proteção possa ser removida. A inspeção visual dos componentes do transportador de correia e o acesso a pontos de lubrificação devem ser possíveis sem remoção das barreiras protetoras (**Figura 26.7**).

Barreiras de proteção podem ser articuladas, permitindo que elas sejam movimentadas de lugar, ou podem ser parafusadas no lugar (**Figura 26.8**). Elas devem ser feitas de materiais resistentes tanto ao desgaste quanto à corrosão, e devem ser capazes de suportar a vibração de funcionamento do sistema.

Nova Tecnologia em Proteção

Em muitas instalações, barreiras físicas convencionais estão sendo substituídas por tecnologias mais recentes que monitoram perímetros de área e detectam o acesso a áreas perigosas.

No entanto, essas tecnologias mais recentes, como feixes de laser e cortinas de luz infravermelha, só são eficazes quando a energia está ligada e podem ser burladas por alguém determinado a obter acesso a uma área restrita. Esses sistemas requerem cuidados e boa manutenção para serem confiáveis. Por exemplo, eles podem não funcionar bem em locais onde o pó trazido pelo ar se deposite nos sensores elétricos. É fundamental dispor de sistemas mecânicos de controle de acesso, como sistemas extras ou de reserva, uma vez que uma falha dos dispositivos “de alta tecnologia” pode não ser evidente.

JANELAS DE OBSERVAÇÃO E ENTRADA

Necessidade de Observação

Sistemas de acesso, incluindo portas e plataformas de trabalho, devem ser instalados para facilitar o acesso e a observação do equipamento. Problemas de fluxos nas calhas de escoamento podem ser mais facilmente resolvidos se o percurso do material puder ser observado. O percurso efetivo do material em uma calha de escoamento nem sempre pode ser previsto, por isso a observação é necessária para permitir o ajuste de desviadores, portões



Figura 26.7

A inspeção visual de componentes do transportador de correia e o acesso a pontos de lubrificação devem ser possíveis sem remoção das barreiras de proteção.

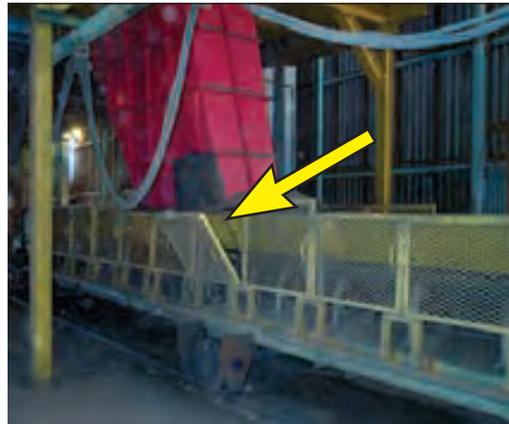


Figura 26.8

As barreiras de proteção podem ser articuladas, permitindo que elas sejam movimentadas em outra posição ou podem ser parafusadas no lugar.

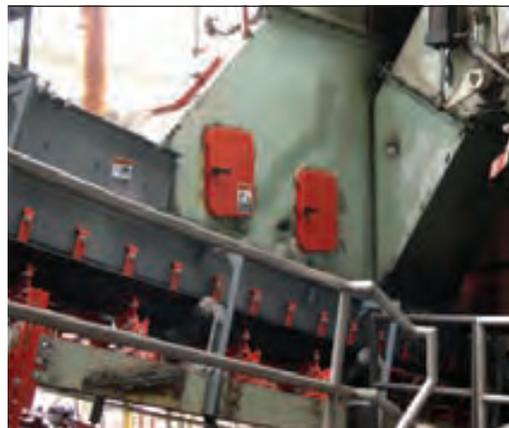


Figura 26.9

Problemas de fluxo nas calhas de escoamento podem ser mais facilmente resolvidos se o percurso do material puder ser observado por uma janela de inspeção.

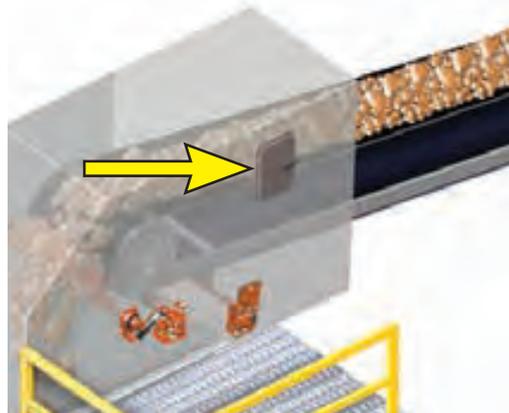


Figura 26.10

Uma janela mal posicionada não permitirá a observação do percurso do material.

e barras de aço (**Figura 26.9**). Muitas calhas de transferência possuem apenas uma porta de inspeção. Esta é geralmente instalada próxima à polia anterior, que não permite a visualização do percurso efetivo do material na calha de escoamento inferior e na área vedada, onde frequentemente ocorrem problemas (**Figura 26.10**).

A calha de escoamento deve incorporar janelas de observação com tampas de fácil operação, localizadas longe do percurso do material. Esses acessos devem permitir a observação segura tanto do fluxo de material quanto do desgaste do componente em áreas críticas da instalação. As janelas devem ser limitadas em tamanho e/ou protegidos por barras ou telas fixas, de modo a evitar que os funcionários os alcancem ou que o material escape.

Deve-se considerar também o fornecimento de iluminação ampla aos pontos de acesso. Em alguns casos, a iluminação suspensa é suficiente, mas em outras aplicações, pode ser necessário fornecer lâmpadas de alta potência que possam ser direcionadas à calha de escoamento, para observar o movimento do material. Para manutenção geral e reparo de máquinas, recomenda-se luz de 540 a 1.080 lux (50 a 100 velas). Como muitos materiais a granel absorvem luz e devido à distância do problema que está sendo observado, é comum que uma instalação necessite de iluminação estimada em 100 milhões de lux (900.000 velas) para obter esse nível de iluminação.

Janelas

As janelas de inspeção devem ter abertura lateral e ser dimensionadas de modo que os funcionários possam visualizar os componentes internos da estrutura com facilidade e

segurança. As janelas devem ser instaladas nas laterais da calha de escoamento que não sofrem desgaste (ou seja, na(s) lateral(is) distante(s) do fluxo de material impactante ou abrasivo).

As janelas devem ser projetadas para fácil operação em espaços livres apertados, com dobradiças e sistemas de engatamento resistentes à corrosão. É importante que todas as janelas sejam impermeáveis ao pó pelo uso de uma porta de vedação firme. Janelas de metal articuladas com engates de fácil abertura encontram-se atualmente disponíveis para fornecer acesso (**Figura 26.11**). Portas removíveis de borracha flexível proporcionam fechamento impermeável ao pó, ao mesmo tempo em que permitem abertura e fechamento simples, sem ferramentas, mesmo em locais com espaço livre limitado.

As janelas devem ser fáceis de fechar firmemente, assim que um procedimento de manutenção for concluído.

As janelas devem ter tamanho grande o suficiente para fornecer o acesso necessário. Caso as necessidades de observação e manutenção estejam limitadas a sistemas como limpadores de correia, uma janela de 225 por 330 milímetros (9 por 12 pol.) ou de 300 por 350 milímetros (12 por 14 pol.) geralmente é suficiente. Caso seja necessária a manutenção de componentes importantes, como revestimentos do chute – ou se os funcionários vão precisar utilizar a janela como entrada para a estrutura –, serão necessárias portas de tamanho de 450 por 600 milímetros (18 por 24 pol.), 600 por 600 milímetros (24 por 24 pol.) ou mais.

Janelas mal projetadas podem conter dobradiças e engates de difícil operação e, conseqüentemente, dificultar o acesso. Além disso, vedações de janelas incapazes de suportar a abrasão e o abuso de materiais e implementos utilizados para alcance pelas janelas tornam-se fontes de poeira. Algumas janelas de acesso também possuem pequenos frisos ou áreas de prateleiras planas, onde combustíveis podem se acumular, gerando risco de incêndio e explosão.

Figura 26.11

Portas de metal articuladas com engates de fácil abertura encontram-se disponíveis para fornecer acesso.



ESPAÇO CONFINADO

Qualquer discussão sobre o acesso a equipamentos, seja para manutenção de rotina seja reparo de emergência, deve incluir o tópico de espaço confinado. O Departamento Norte-Americano de Saúde e Segurança Ocupacional (Labor Occupational Safety & Health Administration - OSHA) define “espaço confinado” como uma área que:

- A. É suficientemente grande e configurada de modo que um funcionário possa entrar e realizar o trabalho designado.
- B. Possui meios limitados ou restritos de entrada ou saída.
- C. Não é projetada para ocupação contínua por funcionários.

“Espaço confinado que requer autorização de entrada” (abreviado como “espaço restrito”, no uso comum) significa um espaço confinado que possui uma ou mais das seguintes características:

- A. Pode conter atmosfera perigosa.
- B. Contém material com potencial de envolver completamente o funcionário.
- C. Possui configuração interna que pode deixar um funcionário preso ou asfixiá-lo, com paredes convergentes para dentro ou assoalho com declive para baixo e afunilamento para uma seção transversal menor.
- D. Oferece qualquer outro risco sério e reconhecido de segurança ou saúde.

“Espaços confinados que requerem autorização de entrada” exigem procedimentos de segurança complicados e dispendiosos, incluindo o treinamento de funcionários, equipamentos e cabos de segurança e funcionários extras para o sistema de trabalho em duplas. Conseqüentemente, projetar sistemas para minimizar espaços confinados que requerem autorização de entrada pode proporcionar um retorno significativo



QUESTÃO DE SEGURANÇA

A vantagem evidente, tanto das janelas de acesso quanto das barreiras de proteção, está em sua capacidade de evitar o acesso a peças em movimento, independentemente de a energia estar ou não ligada ou de os controles estarem funcionando adequadamente. Essas barreiras são de fácil visualização e podem ser feitas de modo que seja impossível contorná-las sem as ferramentas adequadas.

É importante que os funcionários da fábrica observem todos os procedimentos adequados de desligamento e travamento ao abrir portas de acesso para observação ou entrada. Também é essencial que as portas de acesso e coberturas sejam fechadas após o uso, para evitar o escape de material e o risco de lesão a funcionários inadvertidos.

Na sexta edição de *Belt Conveyors for Bulk Materials*, a CEMA recomenda que “etiquetas de advertência alertando sobre os potenciais riscos que podem surgir quando a porta está aberta devem ser afixadas em um

local visível próximo à janela de acesso ou sobre ela” (**Figura 26.12**).

Faz sentido situar os pontos de conexão com equipamentos de segurança alinhados às portas de acesso.

Áreas fechadas que possuem dispositivos auxiliares de fluxo, como canhões de ar, devem ser trancadas – com a sinalização correta no local – para evitar lesões aos funcionários que abririam a porta para inspeção.

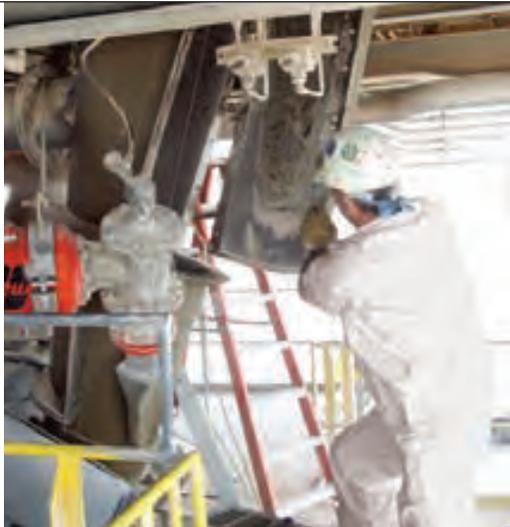


Figura 26.12

A CEMA recomenda que “etiquetas de advertência alertando sobre os potenciais riscos que podem surgir quando a janela está aberta devem ser afixadas em um local visível próximo à porta de acesso ou sobre ela”.

Figura 26.13

Outro método é projetar um “acesso a chutes de espaço não confinado” que permita que seções inteiras dos chutes sejam facilmente abertas.



do investimento: quando o trabalho de manutenção e reparo pode ser realizado sem necessidade de autorizações ou funcionários especialmente treinados, a despesa de trabalho associada a essas tarefas é minimizada.

“Espaço confinado que não requer autorização de entrada” significa um espaço confinado que não contém – ou, com relação a riscos atmosféricos, não tem o potencial de conter – qualquer risco capaz de provocar a morte ou dano físico sério.

Projetos que incorporam as seguintes características de “espaço confinado que não requer autorização de entrada” possuem boa relação custo-benefício ao longo do tempo:

- A. Fácil acesso e acesso suficiente para entrada e saída do recinto.
- B. Ventilação natural das áreas de trabalho internas.
- C. Materiais que não criam atmosfera perigosa.

Outro método é projetar um “acesso a chutes de espaço não confinado” que permita que seções inteiras dos chutes – especialmente as partes que sofrem desgaste abrasivo contínuo – sejam facilmente abertas (**Figura 26.13**). Esse tipo de projeto permite que os reparos sejam realizados sem exigir que os trabalhadores fiquem fechados no interior do chute. O mesmo tipo de acesso pode ser projetado para alimentadores, portões, silos ou depósitos de material.

ESPECIFICAÇÕES MAIS UTILIZADAS

A. Passarelas.

Para facilitar a inspeção e os serviços de manutenção, o transportador de correia deve ser assistido por passarelas de ambos os lados. Essas passarelas fornecerão espaço suficiente para as atividades necessárias de manutenção em pontos onde será necessário realizar serviço de manutenção

B. Proteções.

Componentes rolantes e pontos de esmagamento serão servidos de proteções eficazes para evitar a entrada de funcionários enquanto o transportador de correia estiver funcionando. As proteções devem ser fixadas firmemente no local, mas devem ser removíveis para permitir as atividades de manutenção.

C. Acesso.

Será fornecido acesso adequado para visualização e manutenção do transportador de correia, do ponto de transferência e de outros sistemas relacionados. Serão fornecidas aberturas suficientes para permitir a inspeção de todas as áreas internas.

D. Janelas de visualização.

As janelas serão posicionadas fora do percurso da corrente de material. Essas janelas de visualização serão providas de janelas impermeáveis ao pó. As janelas devem ser providas de telas para evitar que o material seja empurrado para fora da abertura, caso a observação seja realizada enquanto o transportador de correia estiver em funcionamento.

A VANTAGEM DO ACESSO

Concluindo...

O acesso bem projetado ao transportador de correia não precisa ser uma escolha entre segurança, acessibilidade e custo. O acesso ao equipamento para manutenção e reparo é essencial para um sistema limpo, seguro e produtivo. O acesso seguro cuidadosamente posicionado e adequadamente dimensionado aumentará a confiabilidade, reduzirá o tempo ocioso e as horas-homem necessárias para manutenção, além de minimizar riscos como poeira e entrada em espaço confinado. A longo prazo, o acesso bem projetado melhora a segurança e poupa capital.

A Seguir...

Este capítulo sobre Acessibilidade do Transportador de Correia é o primeiro da seção Manutenção de Transportadores. O capítulo seguinte, Vistoria do Transportador de Correia continua a discussão sobre o tipo de manutenção necessária para estender a vida útil do sistema de transportade e reduzir o pó e o derramamento.

REFERÊNCIAS

- 26.1 Mine Safety and Health Administration (MSHA). (2004). *MSHA's Guide to Equipment Guarding*. Other Training Material OT 3, 40 pages. U.S. Department of Labor. Available as a free download: <http://www.msha.gov/s&hinfo/equipguarding2004.pdf>.
- 26.2 Giraud, Laurent; Schreiber, Luc; Massé, Serge; Turcot, André; and Dubé, Julie. (2007). *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*. Guide RG-490, 75 pages. Montréal, Quebec, Canada: IRSST (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail), CSST. Available in English and French as a free downloadable PDF: <http://www.irsst.qc.ca/files/documents/PubIRSST/RG-490.pdf> or html: http://www.irsst.qc.ca/en/_publicationirsst_100257.html.
- 26.3 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2004). *CEMA SPB-001 (2004) Safety Best Practices Recommendation: Design and Safe Application of Conveyor Crossovers for Unit Handling Conveyors*. Naples, Florida.
- 26.4 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*. Naples, Florida.

Figura 27.1

A "Inspeção da correia" é utilizada para avaliar a situação do equipamento, e oferecer oportunidades para a manutenção de rotina, ajustes e limpeza dos diversos componentes do transportador de correia.



Capítulo 27

VISTORIA DO TRANSPORTADOR DE CORREIA

Razões para se Inspeccionar a Correia	425
Estatísticas do Sistema	425
Inspeção de Manutenção	428
Vistoria do Local	429
Transportador de Correia em Funcionamento ou Parado?	429
Utilizando Recursos Externos	430
Questão de Segurança	430
O que Buscar em um Prestador de Serviço Externo	431
O que Fazer Quando a Inspeção for Concluída	431
Inspeccionar a Correia Mantém o Transportador em Boas Condições	432

Neste Capítulo...

Neste capítulo será discutida a importância das inspeções “a pé” em torno do(s) transportador(es) de correia de uma fábrica, e as diversas exigências dos três tipos de “inspeção do transportador de correia”, que são: estatísticas do sistema, inspeção de manutenção e vistoria do local. Também estão incluídas considerações sobre segurança, bem como os benefícios de se utilizar prestadores de serviço terceirizados para as inspeções dos transportadores de correia.

“Inspeccionar a correia” é uma expressão utilizada pelo setor para descrever uma excursão ao longo do sistema do transportador de correia, com a finalidade de inspeção e manutenção. Essa excursão, que começa em uma extremidade e continua ao longo de todo o comprimento de um transportador de correia individual, ou que começa em uma extremidade e passa por toda a cadeia de transportadores de correia, é usada para avaliar as condições do equipamento e oferecer oportunidades para a manutenção de rotina, ajustes e limpeza dos diversos componentes do transportador de correia (**Figura 27.1**).

WALK THE BELT (inspeccionar a correia) é uma expressão que a *Martin Engineering* usa para descrever uma avaliação da condição de um sistema de transportador de correia e de seus componentes.

RAZÕES PARA SE INSPECIONAR A CORREIA

Os diferentes tipos de inspeção da correia podem ser combinados, porém a finalidade, a frequência e o equipamento exigidos para realizar cada um deles serão diferentes. Os três tipos são:

A. Registros dos transportadores.

Normalmente, a verificação dos transportadores é a tarefa inicial, na qual a finalidade primária é a busca pelos fatos a fim de coletar as especificações básicas do sistema e as informações da TAG de identificação. Isso fornece um inventário do equipamento e dos componentes do transportador de correia.

B. Inspeção de manutenção periódica.

Na inspeção de manutenção periódica, as

operações do dia a dia do transportador de correia são verificadas, e a manutenção simples ou de rotina, os ajustes e a limpeza são realizados.

C. Vistoria da planta.

A vistoria da planta é uma inspeção e uma análise detalhadas de desempenho de alguns dos sistemas de tratamento de material; normalmente uma inspeção preparatória para projetos de aperfeiçoamento do sistema.

REGISTRO DOS TRANSPORTADORES

Primeiras Etapas: Busca pelos Fatos

Com muita frequência, os detalhes de um sistema de transporte – as especificações dos componentes, até mesmo as informações básicas sobre sua fabricação e modelo – são perdidas ou esquecidas com o passar do tempo. A planta ou a gerência da fábrica sofre alterações; o pessoal de operações, manutenção e engenharia muda de atribuições ou deixa a empresa. Mesmo os componentes de um transportador de correia sofrerão alterações com relação ao equipamento original, evoluindo conforme as peças são substituídas ou os aperfeiçoamentos são incorporados ao sistema. As “informações da TAG de identificação” de vários componentes não são atualizadas pelo departamento de manutenção, pelo escritório de engenharia ou pelo departamento de compras. Os dados se tornam ultrapassados ou, talvez, e pior ainda, a informação fica retida na mente de apenas uma pessoa.

Consequentemente, a coleta das informações atuais em um formato consistente deveria ser a principal exigência de uma primeira inspeção da correia, ou de sua vistoria inicial. A inspeção inicial torna-se uma missão de busca pelos fatos, além de ser uma inspeção de manutenção. A coleta de todas as informações pertinentes pode tornar essa inspeção longa, o que normalmente faz com que um fornecedor, um terceiro ou um consultor seja contratado para concluir a vistoria. Esse “inspetor de correia” assume a responsabilidade pelo registro das informações.

Equipamentos especiais podem ser necessários para completar corretamente a vistoria da planta (**Tabela 27.1**). Ter todas as ferramentas necessárias para coletar os dados-

Tabela 27.1

Ferramentas para a Vistoria da Planta	
Ferramenta	Função
Equipamento de Proteção Individual (EPI)	Fornece segurança pessoal, conforme apropriado para os locais a serem vistoriados. USAR SEMPRE.
Anemômetro	Captura as velocidades do ar utilizadas na eliminação de pó.
Medidor de Ângulo	Documenta a inclinação das estruturas.
Medidor de Decibéis	Mede os níveis de ruído.
Durômetro	Determina a resistência da superfície da correia do transportador e da vedação de borracha.
Termômetro Infravermelho	Marca a temperatura dos componentes.
Nível	Determina se os componentes foram nivelados na instalação.
Pedra Sabão	Marca temporariamente os componentes de aço.
Tacômetro	Mede a velocidade da correia.
Metro	Mede as distâncias.
Lanterna	Permite a inspeção de áreas escuras ou fechadas.
Câmera	Captura imagens estáticas e/ou vídeos das condições.
Lápis & Papel	Registra dados.
Cinturão/Arnês de Ferramentas	Carrega as ferramentas com segurança.

Tabela 27.2

Modelo para Registro das Estatísticas do Transportador de Correia		
Executado Por:		Date:
Dados Básicos	TAG do Transportador de Correia [nome ou número]	
	Localização	
	Comprimento-Polia Centros [m (pés)]	
	Capacidade do Transportador [tons/h (st/h)]	
	Elevação Total (Mudança de Elevação) [+/-m (pés)]	
	Horas de Funcionamento do Transportador/Dia [horas]	
	Qtde. Dias de Operação do Transportador/Semana [dias]	
	Largura da Correia [mm (pol.)]	
	Velocidade da Correia [m/seg (pés/min)]	
	Ângulo de inclinação [graus]	
Correia	Fabricante e Tipo da Correia	
	Taxa da Correia [kN/mm (PIW)]	
	Instalação da Correia [data]	
	Espessura da Correia [mm (pol.)]	
	Tipo de Emenda da Correia [mecânica ou vulcanizada]	
	Número de Emendas (Juntas) na Correia	
Carga	Material Transportado	
	Tamanho do Material (Peso Máximo) [mm (pol.)]	
	Temperatura do Material [Celsius (F°)]	
	Altura de Queda de Material [m (pés)]	
	Índice de Umidade (Máximo) [%]	
	Índice de Umidade (Normal) [%]	
Transmissão do Transportador	Fabricante & Modelo	
	Potência de Saída [kW (hp)]	

chave permite que a vistoria seja concluída sem a necessidade de se repetirem as visitas ao local, procurando “só mais uma” medida ou algum número de série.

Registrando a Informação

Durante uma vistoria de transportador, várias informações dos fabricantes, modelos e especificações do sistema são coletados e registrados (**Tabela 27.2**). Depois que essas informações são coletadas, elas devem ser arquivadas em um único local central no arquivo de manutenção da fábrica.

Faz sentido colocar essas informações, obtidas por meio de vários documentos, em uma biblioteca central do material relacionado aos transportadores de correia. Isso inclui manuais de manutenção, procedimentos de serviço, listas de peças, instruções de operação, informações de fornecedores e projetos. Essa informação capturada pode ser transferida para um sistema computadorizado de gerenciamento

de manutenção da fábrica (CMMS).

Alguns sistemas computadorizados especializados permitem a incorporação de materiais, como projetos de engenharia, esquemas, listas de peças, manuais do operador e outros documentos, em uma biblioteca de ativos digitais. Esse sistema se torna uma biblioteca centralizada para que o pessoal tanto da fábrica como terceirizados acesse rapidamente tais informações e reduza o tempo necessário para realização das tarefas de manutenção.

Alguns prestadores de serviços terceirizados e fornecedores oferecem a coleta de dados como um serviço especializado. Esse serviço pode ser realizado como parte de uma avaliação periódica de um sistema de manuseio de materiais de uma fábrica, como parte de um serviço de manutenção contratado, como um serviço independente ou como parte de um processo de seleção de CMMS e de implantação.

Modelo para Registro das Estatísticas do Transportador de Correia (continuação)	
Roletes	Fabricação, Modelo & Classe CEMA
	Roletes Transportadoras
	Roletes de Impacto
	Mesas de Impacto
	Mesas de Suporte da Correia
	Roletes de Retorno
Fluxo de Ar	Área de Saída da Zona de Carregamento [m ² (pés ²)]
	Velocidade Máxima do Ar na Saída da Zona de Carregamento [m/s (pés/min)]
Componentes	Fabricação & Modelo
	Mostruário
	Escala da Correia
	Imã
	Sistema de Detecção de Rasgos
	Corda de Segurança
	Comutadores de Desalinhamento
	Alinhador Lateral da Correia
	Alinhador de Retorno
	Raspadores Primários
	Raspadores Secundários
	Dispositivo de Proteção da Polia Traseira
	Coletores de Pó
	Sistemas de Supressão de Pó
	Sistemas para Auxílio de Fluxo
Janelas de Inspeção	

Tabela 27.2
Continuação



É importante manter os dados atualizados; também é uma boa prática manter informações originais do projeto e quaisquer registros de alterações.

A melhor prática é atualizar regularmente os dados com as alterações como parte de uma das tarefas do ciclo regular de inspeção.

INSPEÇÃO DE MANUTENÇÃO

“WALK THE BELT” para Inspeção de Rotina

Em sua aceção mais comum, “Walk the Belt” é uma inspeção de rotina e uma oportunidade de manutenção dos transportadores de correia em uma determinada operação. A pessoa que inspeciona a correia – a pessoa responsável pela correia na fábrica ou o “chefe de correia” – verifica o sistema e sua operação, realizando pequenos ajustes ou atividades de limpeza, e tomando nota das condições ou dos problemas mais significativos, para que sejam verificados posteriormente.

O inspetor de correia deve tomar nota dos problemas observados: “O cilindro central no rolete número 127 do Transportador de Correia B não está girando”, por exemplo, ou “Há um grande derramamento na traseira do Transportador de Correia 3”. É melhor tomar notas assim que o problema for observado do que esperar até que o inspetor tenha terminado um determinado transportador ou mesmo esperar até que ele volte para a sala de manutenção.

As informações podem ser registradas em um bloco de papel, em um PDA (*Personal Digital Assistant*) ou em um smartphone. Um celular convencional pode ser utilizado para chamar o próprio correio de voz do inspetor e gravar as observações feitas durante a inspeção, especialmente aquelas que podem ser esquecidas no momento em que o inspetor retorna ao escritório e é literalmente bombardeado por outros detalhes do dia a dia. Uma câmera digital – ou até mesmo alguns tipos de telefones celulares – permitirão ao inspetor, ou técnico, fotografar o local onde foram observados os problemas. Essas fotos permitirão que o inspetor envie imagens do problema a outras pessoas para avaliação.

Permanecer em um Único Local

Permanecer parado enquanto se inspeciona a correia não é uma contradição, embora pareça. É importante que o inspetor de correia observe o funcionamento dela enquanto ela completa pelo menos uma volta completa. Isso permitirá ao inspetor estudar as condições da correia – as bordas, a(s) emenda(s), a cobertura superior no local em que ela passa abaixo do chute de descarga, o trilho – para observar quaisquer problemas. O inspetor da correia também pode verificar se a correia está centralizada – com carga ou sem.

Quando Parar o Transportador de Correia – AGORA!

Pode acontecer de o inspetor ver algo que coloque a correia, o transportador ou os funcionários da fábrica em tal risco que a correia tenha que ser parada imediatamente. O problema pode ser uma peça de ferro solta ou um pedaço afiado de material alojado na estrutura e que poderia cortar a correia. Ou poderia ser um rolete superaquecido, ou acúmulo de material em brasa ou qualquer outra situação que possa causar um incêndio. O inspetor de correia – e as equipes de manutenção e de operação da fábrica, além da equipe de gerenciamento – deve entender que a missão essencial é preservar o equipamento, mesmo às custas de uma parada não programada.

O que Procurar

É extremamente importante que o indivíduo que realiza a vistoria tenha uma lista dos componentes gerais, que devem ser verificados durante todas as inspeções do transportador de correia. Esse guia pode ser utilizado como uma lista de verificação para que o trabalhador complete a inspeção. (*Consulte o Capítulo 28: Manutenção, da lista de itens a serem considerados e avaliados.*)

As recomendações de manutenção do fabricante para os diversos componentes e subsistemas (como mostruários, escalas, detectores de metal e ímãs) devem ser adicionadas à lista de verificação específica de cada fábrica.

VISTORIA DO LOCAL

A vistoria da planta é o terceiro tipo (ou razão) de uma inspeção do transportador. A finalidade dessa inspeção é determinar os problemas que interferem na operação segura e eficientes dos transportadores, verificar os dados de inventário dos transportadores e fornecer subsídios para projetos que melhorem o desempenho. Os detalhes dessa análise completa do sistema podem interferir na coleta de informações e nas atividades de manutenção de rotina ou atrasá-las. Portanto, combinar essa vistoria com os registros do sistema ou com as inspeções de manutenção irá depender do tempo disponível e é normalmente recomendável.

Além de uma avaliação das condições gerais de um sistema existente e de verificar se qualquer melhoria sugerida é exequível, uma vistoria da planta inclui algumas outras considerações relacionadas ao projeto (**Tabela**

27.3). Ao executar uma vistoria, deve-se prestar atenção ao sistema em geral, à estrutura do sistema e a qualquer equipamento relacionado que possa interferir em um projeto planejado ou que possa ser afetado pelas alterações no sistema do transportador.

A fim de concluir uma vistoria apropriada da planta, as mesmas ferramentas utilizadas durante o levantamento dos registros do sistema são utilizadas (**Tabela 27.1**).

TRANSPORTADOR DE CORREIA EM FUNCIONAMENTO OU PARADO?

A questão de se inspecionar a correia quando ela está funcionando, em vez de inspecioná-la quando ela está parada, requer algumas considerações. Inspecionar o sistema quando a correia está em movimento permite que os funcionários observem mais profundamente os problemas reais que afetam o desempenho

Considerações sobre a Vistoria no Local	
Problema	Qual é o problema a ser solucionado? O que se espera que seja considerado como sucesso?
Não Mexer	Quem é o responsável pelos problemas de interface, como controles, energia ou fornecimento separado dos principais componentes?
Resultados Imprevistos	Que efeitos a solução proposta terá nos outros processos?
Treinamento	Qual o treinamento geral ou específico para o local e a documentação que será necessário fornecer aos trabalhadores?
Exigências de Código	Os sistemas necessitam ser atualizados para satisfazer os códigos atuais ou atender às políticas da empresa?
Acesso	Como os novos equipamentos serão levados até o ponto de instalação?
Utilitários	Existem utilitários disponíveis para as atividades de demolição e construção?
Riscos	Existem materiais ou condições de risco que necessitam de atenção especial?
Trabalho em Locais Altos	Serão necessários procedimentos especiais ou precauções de segurança devido ao trabalho em locais altos?
Espaços Confinados	O trabalho em espaços confinados irá exigir trabalhadores especialmente treinados e permissões?
Descarte de Refugo	Quem é o responsável pelo descarte do refugo?
Instalações	Existem instalações (como, por ex., sala de descanso, banheiros, chuveiros) para os trabalhadores do projeto?
Tempo	O tempo e a hora do dia (por ex., sistema disponível somente no segundo turno) irão afetar a capacidade de concluir o projeto?
Entregas	Quais são as entregas esperadas com a vistoria?

Tabela 27.3

do transportador e a vida dos componentes. Problemas que incluem o derramamento de material e a influência da carga de material no alinhamento da correia são mais aparentes. Se o transportador não está em movimento, muitos dos principais indicadores ficam ocultos, desde as vibrações da estrutura e do percurso da correia até os ruídos que as emendas fazem ao passar por um rolete.

É claro que os transportadores são mais seguros quando não estão em funcionamento e é mais seguro executar qualquer ação corretiva nos transportadores quando eles não estão em funcionamento. Algumas inspeções, como inspecionar a bucha de desgaste dentro dos chutes de descarga, não podem ser realizadas de forma segura quando a correia está em movimento. Entretanto, algumas inspeções e alguns ajustes podem ser feitos apenas com a correia em movimento. A pessoa designada para inspecionar a correia deve estar ciente dos

riscos associados aos sistemas de transporte e deve ser treinada e autorizada a fazer uma quantidade limitada de manutenção em um transportador em operação.

Portanto, a decisão de “Walk the Belt” (inspecionar a correia) quando o transportador está em funcionamento ou não pode depender de fatores externos, incluindo a disponibilidade de potencial humano e do nível de serviço/trabalho esperado ou exigido. De qualquer forma, recomenda-se bastante cuidado.

UTILIZANDO RECURSOS EXTERNOS

Um Par de Olhos Diferente: Usando Prestadores de Serviço Externos para Inspecionar a Correia

Está se tornando cada vez mais difícil para os funcionários da fábrica – tanto para o pessoal de produção como para a equipe de manutenção



QUESTÃO DE SEGURANÇA

As vistorias do transportador exigem trabalhadores para inspecionar completamente o sistema de manuseio de material a granel. Isso é bom para o equipamento, mas pode ser ruim para os funcionários, uma vez que os coloca em situações de risco potencial durante o processo de inspeção. As pessoas encarregadas de inspecionar a correia devem ser adequadamente treinadas quanto aos procedimentos corretos para trabalhar próximo ao transportador e devem manter um respeito saudável, devido à possibilidade de o equipamento causar lesões ou até mesmo a morte de um indivíduo descuidado.

A observação de práticas seguras de trabalho deve fazer parte de qualquer rotina de inspeção da correia. As pessoas que realizam a vistoria do local devem ter o equipamento de proteção individual (EPI) adequado. Isso pode incluir capacete, óculos de segurança, fones de ouvido e respirador. Um meio de comunicação – como um rádio ou um telefone celular – também deve ser incluído. E, é claro, os procedimentos de

desligar/ bloquear/ sinalizar serão exigidos.

É sensato utilizar um “sistema de duplas” durante uma inspeção do transportador. Isso irá permitir que um trabalhador percorra cada lado do transportador (assumindo que existam duas passarelas) para se fazer a inspeção, além de tornar a inspeção mais segura. Se um operador tiver que fazer a inspeção sozinho – uma ocorrência comum nessa era de redução de pessoal –, o trabalhador deverá manter contato por rádio com a sala de controle, o escritório de manutenção ou outra base de operações. Um tipo de sistema de segurança de observação deve ser levado em consideração, no qual a vigilância “chama” o trabalhador em pontos específicos do transportador ao longo da rota – na extremidade de cada transportador, por exemplo. Isso oferece maior segurança ao trabalhador, bem como a oportunidade de informar condições incomuns ou problemas que exijam o desligamento do sistema.

- encontrar tempo para atividades de serviço regulares, como as inspeções do transportador e os ajustes de rotina.

Podem ocorrer outros problemas ao se “inspecionar a correia” - por qualquer razão - com o pessoal da empresa. Uma pessoa que esteja familiarizada com uma operação pode estar condicionada a ver apenas o que espera ver, em vez de ver o que deve procurar. Um trabalhador da área de operações ou da manutenção da fábrica, que sempre conviveu com um determinado problema, pode pensar que, na realidade, esse seja um procedimento operacional padrão ou uma condição aceitável. Também existe o perigo de que um problema possa ter passado “desapercebido” durante a vistoria, porque a pessoa que a realizou sabe que será chamada para resolver o problema. O projeto será outro “trabalho sujo” acrescentado à lista do empregado.

Uma solução é usar pessoal terceirizado para essa rotina de manutenção, com registros dos dados, vistoria da planta e atividades de manutenção de rotina. A terceirização possui várias vantagens. A primeira é que o transportador pode ser vistoriado sem que seja necessária a atenção do pessoal da fábrica; eles estão livres para realizar suas tarefas usuais. A segunda é que o inspetor externo pode ser um especialista em práticas apropriadas do transportador e nas regulamentações governamentais em vigor. Esse recurso externo será capaz de dizer aos funcionários da fábrica que as práticas “padrão” adotadas não são a melhor forma de se realizar essas atividades.

Embora as inspeções da correia possam ser ferramentas úteis para os empregados de manutenção da fábrica, elas também podem ser ainda mais úteis quando se usa um serviço de manutenção terceirizado. Uma fábrica pode ceder os resultados de uma vistoria para um prestador de serviço terceirizado como se fosse uma lista de coisas “a fazer”. Isso daria ao prestador de serviços de manutenção um foco e uma direção, ao mesmo tempo em que ajudaria a fornecer muitas informações úteis necessárias para corrigir os problemas.

Segurança do Pessoal Externo

Os prestadores de serviço devem ser treinados em segurança da mesma forma que os funcionários regulares. De fato, pode ser mais importante que eles sejam treinados, uma vez

que não possuem a experiência e o reforço da exposição diária às capacidades e às limitações do equipamento. É imperativo assegurar-se de que eles saibam disso.

O QUE BUSCAR EM UM PRESTADOR DE SERVIÇO EXTERNO

É importante que os prestadores de serviço externos estejam familiarizados com o tipo de sistemas que estarão observando: não se deve solicitar a um encanador que conserte o sistema elétrico da fábrica. Trabalhadores terceirizados despreparados ou inexperientes podem não fornecer nenhum benefício; eles podem não saber o que procurar ou não reconhecer que estão vendo. A contratação de pessoal mais experiente irá custar mais caro, mas irá fornecer um benefício real. Um conhecimento básico da operação de transportadores em indústrias similares é útil. É importante que os indivíduos que realmente irão realizar o trabalho sejam especialistas e não apenas a pessoa que vendeu o serviço. É melhor que os trabalhadores terceirizados já possuam um conjunto de habilidades - e o conjunto de ferramentas - para realizar o serviço necessário, quando for observado um problema, em vez de obter permissão para fazê-lo e depois voltar para realizá-lo mais tarde.

Esses recursos externos não são, por definição, empregados da operação, mas eles irão precisar apropriar-se do sistema do transportador e do uso eficiente e produtivo desse sistema. Eles devem demonstrar uma dedicação à operação e a suas responsabilidades e seus deveres. Se forem escolhidos com sabedoria e utilizados de forma eficiente, esse pessoal terceirizado irá aperfeiçoar os transportadores e agregar valor à operação.

O QUE FAZER QUANDO A INSPEÇÃO FOR CONCLUÍDA

Mais importante do que inspecionar a correia é utilizar a informação adquirida durante a inspeção. Registrar as observações e em seguida submetê-las à gerência é a razão pela qual a inspeção é feita.

Depois que todos os dados forem coletados em uma inspeção do transportador, eles devem ser armazenados; e, então, deve-se agir com base neles. Cada um dos problemas observados

Figura 27.2

Uma inspeção regular das correias do transportador é uma forma eficaz de avaliar o sistema, catalogar seus componentes e identificar as áreas que precisam de manutenção ou que oferecem oportunidades para se aumentar a eficiência.



pode ser avaliado, e sua causa raiz identificada pelo pessoal da fábrica ou pelos consultores externos. Quando as causas do problema tiverem sido identificadas, as soluções poderão ser encontradas. Deve-se consertar o que pode ser imediatamente consertado. Questões remanescentes devem ser documentadas, de forma que recursos apropriados possam ser alocados para fornecer as soluções necessárias. Uma inspeção da correia não mostra como resolver os problemas, mas é uma ferramenta inestimável usada na identificação desses problemas.

Com um bom registro das questões observadas em uma inspeção do transportador – ou ainda melhor, em uma série de inspeções regulares do transportador –, a operação tem a oportunidade de evitar problemas, aumentar a eficiência operacional e a lucratividade. Esses são os verdadeiros pontos importantes de qualquer inspeção do sistema do transportador de correia.

INSPECIONAR A CORREIA MANTÉM O TRANSPORTADOR EM BOAS CONDIÇÕES

Concluindo...

Uma operação de manuseio de material a granel é um sistema de componentes conectados. Se um componente ou subsistema deixa de funcionar, tanto os processos anteriores à zona de descarga como os processos posteriores serão afetados. Em termos mais simples, uma correia parada pode fazer com que uma fábrica inteira interrompa suas atividades. Consequentemente, um transportador é uma peça crítica em uma operação de manuseio de materiais a granel (**Figura 27.2**). Uma inspeção regular da(s) correia(s) do transportador é uma forma eficaz de avaliar o sistema, catalogar

seus componentes e identificar áreas que precisam de manutenção, ou que oferecem oportunidades para se aumentar a eficiência.

A Seguir...

Este capítulo sobre História do Transportador de Correia é continuação do capítulo de Acessibilidade do Transportador da seção Manutenção de Transportadores. Os próximos dois capítulos dão continuidade a esta seção sobre as medidas de manutenção para reduzir o derramamento e o pó, abordando a Manutenção e o Fator Humano.

REFERÊNCIAS

- 27.1 Martin Engineering website: <http://www.martin-eng.com>.
- 27.2 Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sixth Edition*. Naples, Florida.
- 27.3 O website <http://www.conveyorbeltguide.com> é um recurso valioso e não comercial, que abrange vários aspectos relativos às correias.

Figura 28.1

Não importa quão bem projetados e construídos sejam, os transportadores e seus componentes exigem manutenção oportuna para manter o desempenho em níveis de projeto.



Capítulo 28

28

MANUTENÇÃO

Planejamento da Manutenção.....	435
Recursos Humanos e Procedimentos.....	436
Agenda de Manutenção.....	438
A Importância da Manutenção.....	438
Questão de Segurança.....	439
Itens Avançados.....	442
O Investimento e a Razão da Manutenção.....	443

Neste Capítulo...

Este capítulo abordará as práticas recomendadas de manutenção para ajudar a controlar materiais fugitivos, aperfeiçoar a segurança e reduzir as paradas não programadas do transportador de correia. Sugere-se ainda um método para calcular o custo do tempo ocioso não programado do transportador.

Não importa quão bem projetados e construídos sejam, os transportadores e seus componentes exigem manutenção oportuna para manterem o desempenho em níveis de projeto (**Figura 28.1**). É de vital importância que o pessoal da manutenção seja corretamente treinado e equipado para detectar problemas em potencial, bem como para realizar manutenções e reparos de rotina.

PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO

Planejando a Manutenção

A experiência tem mostrado que, com o passar do tempo, as exigências de produção de uma fábrica aumentam. Muitas vezes os pacotes de benefícios para a gerência e para os empregados são baseados no alcance de metas de produção. Como consequência, o tempo ocioso destinado à manutenção invariavelmente diminui. Nesse cenário, a infraestrutura do transportador é frequentemente mantida sem manutenção, e os consertos necessários não são realizados, enquanto a fábrica se esforça para atingir suas metas de produção.

Isso faz com que o sistema de transporte seja negligenciado e caminhe para o ponto de uma falha catastrófica. É essencial que a programação de produção do transportador permita um tempo ocioso para que sejam realizadas as atividades necessárias de manutenção. A fim de permitir esses procedimentos de manutenção, o transportador deve ser desligado – de acordo com os procedimentos de desligar/ bloquear/ sinalizar – e, portanto, o tempo ocioso programado para se realizar essas funções deve ser mantido disponível. O tempo apropriado de parada, planejado para ocorrer dentro da programação de produção, a fim de se permitir que seja feita a manutenção, é essencial para evitar o “gerenciamento de crise” dos sistemas de transporte, que funcionam sem parar e cuja única manutenção só é realizada quando ocorre alguma falha.

O axioma “falhar em planejar e planejar para falhar” é verdadeiro em se tratando de transportadores de correia, para os quais não se planeja a manutenção; ela só é planejada em caso de falhas.

Projetando a Manutenção

O gerenciamento da manutenção precisa ser levado em conta quando o sistema do transportador se encontra na fase de projeto ou de planejamento. Muitas vezes, as necessidades do Departamento de Manutenção não são incluídas durante a fase de projeto; nesses casos, o novo sistema não é projetado de forma a permitir fácil acesso e manutenção. Em face das condições industriais – com o estresse contínuo das operações diárias combinadas com as demandas das condições e quantidades de materiais em constante alteração –, a manutenção do sistema se torna uma exigência real. O problema aumenta ainda mais se o sistema não foi projetado desde o princípio com as devidas previsões de manutenção. Para muitas fábricas, uma suposição comum é: “Se é difícil, demorado ou potencialmente perigoso, então, é inevitável que atalhos sejam seguidos”. No caso das atividades de manutenção, isso significa que, se um sistema é difícil de manter, as atividades de manutenção provavelmente não serão realizadas, ou, se o trabalho for realizado, será feito de forma superficial ou seguindo o caminho de menor resistência. De qualquer forma, o aumento do risco de um componente falhar gera perda de produtividade como consequência.

Em muitos casos, o processo de se projetar permite ou até mesmo promove problemas de manutenção. Os exemplos incluem espaços inadequados, componentes inacessíveis, prendedores “permanentes” ou outros sistemas que não podem ser reparados. Os projetistas normalmente pensam em projetos que requerem grandes manutenções e fazem previsões para eles; entretanto, frequentemente negligenciam as previsões necessárias para realizar manutenções de rotina de forma fácil e eficaz. Como exemplo, existem vários transportadores que incluem uma estrutura para elevar e substituir a polia principal, um evento que pode ser necessário realizar a cada 5 anos; mesmo assim, nenhuma adaptação é feita para a manutenção regular, como a lubrificação dos roletes ou a manutenção do raspador da correia.

Existem formas disponíveis de se resolver esses problemas, incluindo-os no projeto do sistema. Os exemplos incluem passarelas, plataformas, acessos adequados e recursos, como água, eletricidade e ar comprimido prontamente disponíveis para que as tarefas possam ser concluídas de forma mais oportuna e eficiente. Outros exemplos incluem o uso de componentes que são ajustáveis com “martelo” ou que são montados para o trilho deslizar para fora da estrutura. Com esses recursos integrados, a probabilidade de que a manutenção de rotina seja feita adequadamente irá aumentar significativamente.

O segredo é considerar os requisitos de manutenção no início do estágio de projeto. A Associação de Fabricantes de Equipamentos de Transportadores (CEMA) fornece diretrizes para acesso ao transportador para manutenção em *Belt Conveyors for Bulk Materials, Sexta Edição*.

Ergonomia e Manutenção

Onde quer que pessoas estejam envolvidas em um sistema – sejam eles projetistas, operadores, equipe de manutenção, seja a gerência –, o desempenho humano terá grande influência na eficácia e na eficiência geral desse sistema. A ergonomia (ou a engenharia do fator humano, como é conhecida algumas vezes) é uma ciência aplicada, cujo objetivo é projetar e organizar componentes que as pessoas utilizam, de forma que elas e os componentes possam interagir de forma mais eficiente e segura. Para que um sistema mecânico possa oferecer todo o seu potencial, deve-se dedicar tempo e comprometimento suficientes para otimizar o papel humano nesse sistema.

Os equipamentos devem ser projetados para aumentar a confiabilidade e a consistência dos operadores e do pessoal de manutenção, ao

realizarem manutenção regular.

RECURSOS HUMANOS E PROCEDIMENTOS

O Departamento de Manutenção

É importante que apenas pessoal competente e bem treinado – equipado com o devido equipamento de teste e ferramentas – realize a manutenção do transportador. Por razões tanto de segurança como de eficiência, o pessoal de manutenção deve ser formado por empregados capazes e veteranos, com autoridade para desligar um transportador e realizar um pequeno reparo que irá evitar um grande derramamento ou despesas maiores com equipamento.

Conforme se reduzem as equipes de manutenção, e as demandas do sistema do transportador aumentam, torna-se vital maximizar a eficiência dos recursos humanos disponíveis. Uma forma de maximizar a eficiência do pessoal é documentar os procedimentos para realizar cada tarefa de forma segura. Isso irá assegurar que todos os trabalhadores saibam não só como realizar tarefas de forma mais segura e eficiente, como também quais ferramentas e equipamentos serão necessários para concluir a tarefa. Isso também irá permitir que uma fábrica treine melhor os novos empregados, conforme os mais experientes forem aposentados ou transferidos.

Um sistema computadorizado de gerenciamento da manutenção (CMMS) é uma boa ferramenta para armazenar os procedimentos de manutenção/reparos. O sistema irá administrar os pedidos de trabalho e gerenciar as informações, de forma que a equipe de manutenção possa executar seus afazeres de acordo com as prioridades. Muitos sistemas também irão rastrear os gastos de manutenção para um determinado equipamento; isso é essencial para justificar a aquisição de um equipamento novo.

Um programa de manutenção que utiliza esses tipos de procedimentos irá provar ser muito mais eficiente e confiável a longo prazo.

Serviços Terceirizados

Conforme as fábricas reduzem seus custos com funcionários, muitas empresas estão confiando algumas tarefas, como a instalação

Figura 28.2

Utilizar prestadores de serviço para instalação e manutenção de transportadores permite que o pessoal da fábrica seja designado para as atividades principais exclusivas da operação.



do transportador e de sua manutenção à prestadores de serviço externos. Utilizar prestadores de serviço permite que o pessoal da fábrica seja designado para as atividades principais exclusivas da operação (**Figura 28.2**).

Prestadores de serviço predominam no mercado de manuseio de material a granel e podem ser categorizados como gerais ou especializados. Ambos têm seus méritos e irão agregar valor à fábrica se forem utilizados de maneira adequada e as limitações de cada um forem compreendidas.

Um prestador de serviços geral está disposto a realizar quase qualquer tarefa e possui um conhecimento geral sobre muitas coisas; entretanto, não é especialista em todos os aspectos ou componentes do sistema de transporte.

Prestadores de serviço especializados, por outro lado, são especialistas em certas áreas ou componentes; com frequência são empregados diretamente por um fabricante ou são treinados e certificados por ele. Esse treinamento dá a eles habilidades e conhecimento necessários para instalar ou manter adequadamente os equipamentos, de forma mais eficiente que um prestador de serviços gerais. Prestadores de serviço especializados devem estar aptos a oferecer garantias de desempenho, tanto em relação ao serviço prestado como em relação aos componentes que fornecem.

A limpeza de derramamento é outra área na qual um prestador de serviço terceirizado pode atuar e ajudar a liberar o pessoal da fábrica. Contratar prestadores de serviço para a limpeza de derramamento em uma fábrica pode, na verdade, ajudar a identificar a causa raiz do derramamento, levando a uma alteração nos procedimentos operacionais ou justificando a atualização ou substituição de um equipamento existente.

Inspeções

Inspeções rotineiras de manutenção podem aumentar a vida útil da correia e dos componentes e melhorar seu desempenho, evitando que pequenos problemas que podem ser facilmente resolvidos se transformem em grandes e caras dores de cabeça.

Em algumas das melhores operações, os

trabalhadores de manutenção rotineiramente “inspecionam” o transportador, procurando por indícios de problemas em potencial (**Figura 28.3**). (Consulte o Capítulo 27: *Vistoria do Transportador de Correia*). É importante que o “inspetor do transportador” não sofra impedimentos –, assim ele pode estar seguro e ser eficiente durante a inspeção.

O equipamento básico para inspeção inclui:

- A. Lanterna.
Se o inspetor do transportador for olhar dentro dos chutes de escoamento fechados ou áreas subterrâneas, como chutes de escoamentos e túneis de recuperação.
- B. Meios de registrar as informações.
Desde blocos de papel em uma prancheta até um computador portátil.
- C. Equipamentos de proteção individual (EPIs).
Capacetes, óculos de segurança, protetores de ouvido e respirador, ou seja, o que for indicado para as condições da fábrica.
- D. Rádio ou telefone celular.
Para permitir a comunicação com a sala de controle ou com o escritório de manutenção.

Ouvir uma opinião externa frequentemente ajuda a chamar a atenção para questões que o pessoal da fábrica costuma considerar como normais. Alguns fornecedores ou fabricantes irão se oferecer para inspecionar o sistema e fornecer um relatório do “estado do sistema”.

A forma mais eficaz de detectar ou solucionar



Figura 28.3

Em algumas das melhores operações, os trabalhadores rotineiramente “inspecionam” o sistema do transportador, buscando indicações de problemas em potencial.

problemas em um sistema de transporte é inspecioná-lo enquanto está em funcionamento. Embora a manutenção ou os reparos não devam ser feitos com o sistema em operação, observar o sistema funcionar e escutar os ruídos que ele faz irá permitir que o pessoal da manutenção identifique os componentes que necessitam de reparos/substituição.

É difícil realizar uma inspeção de correia útil quando a correia está operando em velocidades maiores do que 1,0 metro por segundo (200 pés/min). Grandes danos podem ser identificados, mas defeitos menores irão escapar da detecção se a correia estiver operando acima dessas velocidades. Uma solução para esse problema é inspecionar todo o comprimento de uma correia parada, verificando seção por seção. Uma alternativa seria usar uma transmissão de baixa velocidade para inspeção. Alguns transportadores possuem uma transmissão que opera de 0,1 a 0,25 metros por segundo (20 a 50 pés/min), a fim de permitir uma inspeção à baixa velocidade.

PROGRAMAÇÕES DE MANUTENÇÃO

Os intervalos de manutenção do transportador e as exigências específicas de manutenção para esse transportador irão depender de sua fabricação, de seus componentes, do volume e da natureza dos materiais transportados por ele. As diretrizes do fabricante para inspeção, manutenção e consertos devem ser seguidas. Entretanto, se não houver diretrizes publicadas, aqui são oferecidas algumas regras básicas para ajudar a orientar ou a estabelecer uma programação de manutenção (**Tabela 28.1**). Muitos componentes do transportador podem e devem ser inspecionados enquanto a correia está em funcionamento. Deve-se tomar cuidado para que só se inspecione os componentes do transportador quando a correia estiver em funcionamento, em vez de, na realidade, tentar realizar a manutenção neles. Se forem descobertos itens que precisam de manutenção, esses itens devem ser documentados. Muitas atividades de manutenção podem ser realizadas apenas quando o transportador não está em operação. *(Consulte o site Martin Engineering para obter informações adicionais sobre manutenção, [Referência 28.1.]*

A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO

Manuais

É importante verificar o manual do proprietário/operador emitido pelo fornecedor de qualquer peça do equipamento, para obter instruções específicas sobre manutenção, exigências e procedimentos. Um arquivo abrangente de manuais do equipamento deve ser mantido e deve estar acessível para os trabalhadores de todos os turnos.

Além disso, o pessoal da manutenção deve manter cuidadosamente os registros das inspeções e manutenções realizadas. Isso irá assegurar a manutenção apropriada dos equipamentos.

Construindo uma Biblioteca de Informações

Uma biblioteca, ou um banco de dados, dos vários componentes e subconjuntos dos transportadores deve ser criado. Esse arquivo deve incluir manuais, listas de peças e outros documentos associados aos componentes incluídos no sistema de manuseio de material. Itens como números da peça do fabricante e datas de instalação são informações valiosas para se estabelecer quando a manutenção deverá ser feita e quais procedimentos devem ser realizados, quando se aproxima o momento de realizar a manutenção.

Deve haver um arquivo central para essas informações. Este pode ser um arquivo físico ou, atualmente, eletrônico com os vários documentos, especificações e sites dos fornecedores de banco de dados eletrônico que mantém ou se conecta a eles. A informação deve ser disponibilizada a partir de uma única fonte, para que não existam arquivos em locais separados e potencialmente contraditórios. A decisão com relação a se arquivo ou banco de dados será mantido dentro da operação de manuseio de material a granel ou do escritório de manutenção é uma decisão da fábrica, mas, com a disponibilidade das redes eletrônicas, essas informações podem e devem ser compartilhadas. As informações estarão, então, disponíveis para outros departamentos, mesmo aqueles que não estão no mesmo local, como o grupo de engenharia empresarial.

Existem fornecedores que podem realizar essa coleta de informações e organizar esse serviço de manutenção para uma fábrica, como parte de sua proposta de manutenção ou como um serviço separado. Eles irão compilar

e manter essas referências em um banco de dados apropriado. Esse serviço pode ser particularmente útil quando os registros de um sistema de transportador existente se tornam ultrapassados. Com uma base mais ampla de experiência em equipamentos e fontes de informação, esses serviços podem ser capazes de rastrear uma informação de um fornecedor que, de outra forma, poderia se tornar indisponível.

Peças de Reposição

Determinadas peças para conserto devem estar disponíveis no estoque. Isso irá permitir a substituição de rotina das peças usadas e a conclusão rápida de reparos inesperados, para que o equipamento possa voltar a operar o mais rápido possível. Esse estoque deve incluir as peças com maior “probabilidade de serem danificadas” e as “peças usadas” para substituição, como as lâminas de limpeza da correia, barras de impacto e os roletes. Também deve estar incluído nos locais de armazenamento de manutenção um suprimento de fixadores da correia para “reparo de rasgos”

ou para reparos de emergência.

Ao padronizar vários componentes por toda a fábrica, o tamanho desse estoque de peças de reposição e, portanto, o custo dessas peças ociosas podem ser minimizados.

Pode ser uma boa ideia manter um “cemitério de peças”, no qual os componentes removidos possam ser armazenados e disponibilizados para serem recuperados e posteriormente utilizados como peças de substituição, quando necessário. É claro que as peças retiradas dos equipamentos necessitam ser totalmente limpas e inspecionadas antes de serem reutilizadas.

Lubrificação

Devido ao grande número de rolamentos presentes nos sistemas de transporte, e sua influência nas exigências de voltagem e potência da correia, a lubrificação é muito importante. Seguir as recomendações do fabricante com relação ao tipo, à quantidade e à frequência da lubrificação irá aumentar a expectativa de vida dos componentes de rotação do sistema.



QUESTÃO DE SEGURANÇA

A inspeção e a manutenção do transportador podem oferecer riscos significativos aos empregados, porque essas atividades podem fazer com que os trabalhadores fiquem muito próximos do transportador, em condições potencialmente perigosas (**Figura 28.4**). Existem muitos sistemas projetados para oferecer condições de segurança tanto para o pessoal como para o equipamento. A melhor abordagem com relação à segurança é um programa de segurança que desenvolva e mantenha um respeito saudável dos engenheiros, do pessoal de operações e da equipe de manutenção pela energia do transportador, e os riscos em potencial de sua operação.

Alguns ajustes podem ser feitos apenas com a correia em funcionamento, e isso é vantajoso para realizar algumas manutenções de rotina enquanto a correia está em operação. A maior parte dos regulamentos de segurança reconhece essa necessidade e estipula que “apenas pessoal treinado que esteja ciente dos riscos” pode realizar esses procedimentos. Existem sistemas projetados para oferecer condições de segurança

tanto para o pessoal como para o equipamento, quando a inspeção e a manutenção seguem os procedimentos estabelecidos. O treinamento nesses procedimentos normalmente é disponibilizado pelos fornecedores dos sistemas. É importante que apenas pessoal competente e bem treinado, equipado com os equipamentos e as ferramentas de teste apropriadas, execute a manutenção do transportador. (*É essencial uma revisão completa do Capítulo 2: Segurança e do Capítulo 28: Manutenção.*)



Figura 28.4

A inspeção e a manutenção do transportador podem oferecer riscos significativos aos empregados, porque essas atividades podem fazer com que os trabalhadores fiquem muito próximos do transportador, em condições potencialmente perigosas.

Manutenção Preventiva do Transportador de Correia | Tabela 28.1

**QUESTÃO DE SEGURANÇA**

Sempre inspecione a área de trabalho para verificar se há riscos antes de iniciar as inspeções ou realizar o trabalho



LOCALIZAÇÃO	PROCEDIMENTO: Semanalmente	LOCALIZAÇÃO	PROCEDIMENTO: Semanalmente
Polias de Curva	Verificar se a correia está centralizada na polia	Polia Dianteira	Inspeção os raspadores da correia para ver se há lâminas gastas ou faltando
Roldanas da Esteira	Verificar se todos os roletes estão girando*		Inspeção os raspadores da correia para ver se as estruturas e as lâminas estão limpas
	Verificar se todos os roletes estão livres de material acumulado*		Verifique se a tensão dos raspadores da correia está de acordo com as recomendações do fabricante
	Verificar se a correia toca todos os três roletes quando está carregada ou quando está descarregada*		Verifique se a correia está centralizada na polia
Correias do Transportador	Verificar danos ou maus-tratos à correia:		Verifique os bocais de supressão de pó para ver se há alguma obstrução
	Verificar a aderência da correia	Área de Carga	Inspeção as roldanas de impacto para ver se estão gastas
	Verificar se a correia está abaulada		Inspeção os amortecedores de impacto para ver se a cobertura superior está gasta
	Verificar danos devido ao impacto		Inspeção os amortecedores do suporte de vedação para ver se estão gastos
	Verificar danos químicos		Inspeção e ajuste as vedações de pó
	Verificar se há cortes ou rasgos na correia		Inspeção os bocais de supressão de pó*
Verificar se há falha na emenda	Roletes de Retorno		Verifique se os roletes estão girando livremente
Verificar se há rachaduras na cobertura da correia		Inspeção os roletes para ver se há acúmulo de material	
Transmissão do Transportador		Verificar nível de óleo do redutor	Inspeção as braçadeiras da armação para ver se estão gastas devido a problemas no trilho da correia
		Verificar se há vazamentos de óleo no redutor	Cordas de Segurança
	Inspeccionar o acoplamento da transmissão	Verifique se os sinalizadores estão livres de acúmulo de material	
	Verificar o nível de óleo no batente e inspecionar para ver se há vazamentos	Polia Tensora	Verifique se a correia está centralizada na polia
Assegure-se de que todos os protetores do motor estão no lugar e em boas condições	Inspeção a polia para ver se há acúmulo de material		
Estrutura do Transportador	Verifique se há peças estruturais enferrujadas, dobradas, quebradas ou em falta	Emendas	Mecânicas: Verifique a junta e os pinos para ver se estão gastos
	Verifique os corrimões e rodapés para assegurar que estejam em boas condições		Vulcanizadas: Verifique a junta para ver se estão separadas
	Verifique as passarelas para ver se há derramamento ou acúmulo de material	Polia Traseira	Verifique se a correia está centralizada na polia
	Verifique os portões de segurança para assegurar se estão em ordem de funcionamento		Verifique a lâmina do raspador em V para ver se está gasta
Alinhador de Correia	Verifique o vagão tensor para que possa operar livremente e em linha reta*		Verifique a armação do raspador em V
	Verifique se a correia está centralizada na polia*	Verifique a tensão do raspador em V	
Protetores	Verifique se todos os protetores de segurança estão no lugar e em boas condições	Roletes de Alinhamento	Verifique se o eixo pivotante da estrutura está livre*
	Verifique se há danos e se a instalação está correta.		Verifique se todos os roletes estão girando*

*** NOTA: Inspeções perfeitas podem exigir que a correia esteja em movimento.**

Sempre inspecione a área de trabalho e revise os procedimentos de trabalho para verificar se há algum risco, antes de iniciar a inspeção ou realizar algum trabalho. Reveja as exigências de segurança locais e da empresa antes de realizar quaisquer atividades de manutenção. Algumas instalações podem permitir que determinadas atividades de inspeção e/ou manutenção sejam realizadas em transportadores de correia em movimento por técnicos devidamente certificados e treinados. Para aqueles procedimentos que não podem ser realizados com segurança enquanto a correia está em funcionamento ou nas instalações que não permitem que seja feita a manutenção enquanto a correia está em funcionamento, os procedimentos de Desligar/ Bloquear/ Sinalizar devem ser seguidos antes de se realizar qualquer trabalho.

Manutenção Preventiva do Transportador de Correia | Tabela 28.1



QUESTÃO DE SEGURANÇA

Sempre inspecione a área de trabalho para verificar se há riscos antes de iniciar as inspeções ou realizar o trabalho



LOCALIZAÇÃO	PROCEDIMENTO: Mensalmente	LOCALIZAÇÃO	PROCEDIMENTO: Mensalmente
Polias de Curva	Verifique os rolamentos para ver se há evidência de movimento no eixo	Roletes da Esteira	Verifique a lubrificação dos rolamentos nos roletes
	Verifique as condições do rolamento e dos anéis de travamento para ver se estão bem apertados	Transmissão do Transportador	Verifique a lubrificação nos batentes dos rolamentos
	Verifique se há rasgos ou rachaduras na face ou nas pontas do cubo		Verifique a lubrificação nos rolamentos do eixo
	Verifique a lubrificação nos rolamentos do eixo		Inspeccione as correias da transmissão para ver se estão gastas e se a tensão está correta
Alinhador de Correia	Verifique os mancais para ver se há evidência de movimento no eixo	Área de Carga	Inspeccione os chutes de escoamento e as paredes dos chutes de escoamento para ver se há vazamentos
	Verifique as condições do rolamento e dos anéis de travamento para ver se estão bem apertados		Inspeccione vedações de entrada
	Verifique se há rasgos ou rachaduras na face ou nas pontas do cubo		Inspeccione vedações de saída
	Verifique a lubrificação nos rolamentos do eixo	Inspeccione os captadores do coletor de pó para ver se há vazamentos*	
Polia Dianteira	Verifique os mancais para ver se há evidência de movimento no eixo	Roletes de Retorno	Verifique a lubrificação dos rolamentos nos roletes
	Verifique as condições do rolamento e dos anéis de travamento para ver se estão bem apertados	Sirenes de Segurança	Faça um teste para assegurar-se de que as sirenes de segurança estão funcionando apropriadamente antes de inicializar o transportador
	Inspeccione a polia de recolhimento para ver se está gasta e presa à polia dianteira	Cordas de Segurança	Os cordas de parada de emergência devem ser testados em cooperação com a gerência
	Verifique se há rasgos ou rachaduras na face ou nas pontas do cubo	Roletes de Alinhamento	Verifique a lubrificação nos roletes e nos pontos pivotantes
	Verifique a lubrificação nos rolamentos do eixo	LOCALIZAÇÃO	PROCEDIMENTO: A Cada 6 Meses
Polia Tensora	Verifique os mancais para ver se há evidência de movimento no eixo	Breques/Batentes	Teste para ver se estão funcionando corretamente com carga completa*
	Verifique as condições do rolamento e dos anéis de travamento para ver se estão bem apertados	Estrutura do Transportador	Verifique as bases para ver se estão bem assentadas
	Verifique se há rasgos ou rachaduras na face ou nas pontas do cubo	Área de Carga	Inspeccione as buchas de desgaste para ver se estão gastas
	Verifique a lubrificação nos rolamentos do eixo	Cordas de Segurança	Teste o funcionamento para o desligamento do transportador*
Polia Traseira	Verifique os mancais para ver se há evidência de movimento no eixo	Dispositivos/Sinais de Aviso	Teste o funcionamento e as funcionalidades audiovisuais ou legíveis*
	Ajuste o tensor mecânico da correia para ver se a tensão está correta	LOCALIZAÇÃO	PROCEDIMENTO: Anualmente
	Verifique se há rasgos ou rachaduras na face ou nas pontas do cubo	Sistema Elétrico	Verifique se há fios desencapados, conduites danificados, aterramentos para sobrecarga elétrica e de sistema
	Verifique a lubrificação nos rolamentos do eixo	Travas	Faça o teste para assegurar o intertravamento apropriado dos transportadores*
	Verifique a lubrificação nos ajustadores do tensor mecânico da correia	Cordas de Segurança	Teste o circuito de inicialização do transportador com os sinalizadores puxados
	Verifique as condições do rolamento e dos anéis de travamento para ver se estão bem apertados	LOCALIZAÇÃO	PROCEDIMENTO: Circunstâncias Especiais
	Emendas	Depois de uma nova emenda: Verifique se há alguma emenda torta*	

*** NOTA: Inspeções perfeitas podem exigir que a correia esteja em movimento.**

Nota: Em todos os casos, as recomendações dos fabricantes para inspeção e manutenção devem ser seguidas, incluindo as recomendações para lubrificação. A lista acima abrange a maior parte dos componentes e sistemas encontrados na maioria dos transportadores de correia. Os componentes e sistemas específicos ou exclusivos do transportador que está sendo inspecionado devem ser adicionados com a frequência apropriada. Por exemplo: ecala, janelas de inspeção, detecção de rasgos, limpador(es) de correia(s), raspador(es), auxílio ao fluxo, mostruário, detector(es) de nível, lanterna, sistema de proteção contra incêndio, componentes de controle de pó, proteção contra raios, limpeza geral, itens proibidos, etc.

Deve-se tomar cuidado para não lubrificar demais as peças, pois isso pode danificar os seladores dos rolamentos, o que permitiria que os materiais fugitivos entrassem no rolamento, aumentando a fricção e diminuindo a vida útil deste. O excesso de óleo ou de graxa pode ser derramado na correia e atacar a cobertura, diminuindo a vida útil da correia. O excesso de graxa também pode cair nos corrimões, passarelas ou pisos, tornando-os escorregadios e perigosos.

Atualmente, algumas fábricas usam roletes e outros componentes giratórios equipados com rolamentos selados, que não necessitam de lubrificação e que, portanto, reduzem a necessidade de manutenção

Inicialização do Transportador

Uma correia é como um novo par de sapatos: ela precisa ser gradual e cuidadosamente “amaciada” para evitar momentos dolorosos. Atenção insuficiente à inicialização do transportador – tanto durante o funcionamento inicial de um novo sistema como em seguida a uma parada de manutenção – pode causar um dano significativo e dispendioso.

Normalmente, a operação de um transportador não exige a atenção de muitas pessoas. Em geral, essa é uma das vantagens de adoção dos transportadores de correia em relação a outras formas de transporte. Entretanto, seria um erro inicializar uma correia, especialmente em um novo transportador ou em uma linha que tenha sofrido grandes modificações, sem a atenção de pessoal extra ao longo da sua rota. Observadores devem estar ao longo da correia em funcionamento, nos pontos onde existe a probabilidade de ocorrerem problemas ou nos pontos em que, caso ocorram problemas, estes sejam particularmente dispendiosos. Esses observadores devem estar equipados com comunicadores portáteis ou celulares e estar posicionados próximo a cordas de desligamento de emergência. Uma inspeção cuidadosa antes da inicialização deve estabelecer se não existem materiais de construção, ferramentas ou componentes estruturais deixados onde possam emperrar ou cortar a correia quando ela começar a se mover.

A correia deve se movimentar vazia, lentamente no início e, em seguida, na velocidade normal de operação. Ela deverá

então, ser gradualmente carregada até atingir sua total capacidade, enquanto são verificados possíveis problemas.

ITENS AVANÇADOS

O Custo de Paradas Não Programadas

Os transportadores de correia são, com frequência, a linha mestra de uma operação, e a disponibilidade (ou vida útil) desses sistemas tem impacto direto na lucratividade da planta. Em muitas operações, a perda de produção atribuída ao tempo ocioso do transportador resulta em uma perda de oportunidade que não pode ser recuperada.

Enquanto a relação entre a disponibilidade do transportador e a lucratividade é óbvia, a relação entre a manutenção eficaz, a qualidade dos componentes e a concepção do projeto do transportador não é assim tão óbvia. Como os efeitos dessas condições e práticas são difíceis de identificar, as causas raiz do tempo ocioso do transportador normalmente não são abordadas, o que gera transportadores com problemas crônicos. Pesquisa publicada pela Australian Coal Association (Associação de Carvão da Austrália) indica que, quando a causa raiz do tempo ocioso de um transportador está relacionada à qualidade dos componentes, o custo do tempo ocioso é da ordem de cinco vezes o custo de substituição do componente. Quando a causa raiz do tempo ocioso está relacionada ao projeto básico do transportador, o custo do tempo ocioso é de aproximadamente duas vezes o preço de refazer o projeto (*Referência 28.2*). Num primeiro momento, essas proporções podem parecer incorretas ou até mesmo invertidas, mas deve-se levar em consideração que a falha de um componente frequentemente envolve a manutenção com um intervalo de tempo ocioso relativamente curto para substituição dessa peça, enquanto um erro no projeto básico frequentemente envolve uma despesa significativa de capital, e uma parada prolongada para que o problema seja corrigido definitivamente.

Cada situação é diferente, mas é claro que tratar do sintoma em vez da causa gera custos repetitivos devido ao tempo ocioso. Com o custo do tempo ocioso estabelecido entre duas e cinco vezes o custo das ações corretivas, é claro que manter registros precisos e executar uma análise completa do problema pode justificar quase

qualquer ação corretiva necessária.

Ao calcular o custo do tempo ocioso, as despesas comuns incluídas são:

- A. O custo de uma oportunidade perdida.
- B. Custo de aquisição dos componentes para substituição.
- C. Custo do trabalho de manutenção.
- D. Custo do prestador de serviço.
- E. Taxas de consultoria e engenharia.
- F. Custos de teste e análise.

O custo da oportunidade perdida pode ser calculado multiplicando a taxa de produção por hora e o número de horas de tempo ocioso pelo preço de venda do produto. Uma vez que os transportadores podem transportar grandes quantidades de material por hora, esse custo sobe rapidamente. Por exemplo, uma mina de carvão que produz 4.000 toneladas por hora e vende esse carvão a US\$ 50 por tonelada, perde a oportunidade de vender US\$ 200.000 para cada hora de tempo ocioso não programado. Deve-se acrescentar ao gasto total despendido com esse incidente, as despesas com serviços externos, com a substituição de componentes e com o custo total do tempo ocioso.

Usar o custo de oportunidade perdida é uma boa forma de obter os custos diretos e indiretos de uma operação, uma vez que se incluem no preço de venda todos os custos de produção, gerenciamento e administração, bem como o lucro desejado. Pode-se questionar isso dizendo que o carvão que não foi extraído pode ser vendido mais tarde, e pode ser que seja esse o caso ou não, mas isso dependerá do mercado e do contrato de mineração acordado com o cliente. Em qualquer um dos casos, perde-se o ganho que se obteria durante o período em que o sistema ficou ocioso.

O INVESTIMENTO E A RAZÃO DA MANUTENÇÃO

Concluindo...

Um serviço de manutenção eficiente e eficaz diminui custos, não apenas do departamento de manutenção como de toda a operação. A meta é fornecer um trabalho de qualidade com o mínimo de interrupção da rotina de produção. Isso irá gerar benefícios para a eficiência operacional, para a disponibilidade do sistema e em última análise, para o retorno financeiro.

Ironicamente, as fábricas que “cortam caminho” ou que “economizam” nas atividades de manutenção e limpeza normalmente terminam gastando mais a longo prazo, em termos financeiros e ambientais, para lidar com material fugitivo em suas instalações. O segredo para minimizar essas paradas não programadas é um serviço de manutenção eficiente.

As interrupções não programadas são bastante dispendiosas. Um autor declarou que o custo de um serviço é de três a sete vezes maior em uma parada de emergência do que em uma parada programada. Em 2002, outra fonte calculou os custos do tempo ocioso nas minas de carvão do tipo longwall em US\$ 30.000 por hora. Dependendo do tamanho da fábrica, uma diferença de 1% na disponibilidade do sistema para uma fábrica movida a carvão pode equivaler a um ou dois milhões de dólares menos no rendimento anual. Uma parada não programada do transportador ou uma falha que diminua a geração de disponibilidade em até mesmo 0,01% equivale a um custo significativo. O custo até mesmo da menor interrupção é proibitivo. É óbvio, então, que a manutenção para que se possa evitar o tempo ocioso não programado é um fator crítico da lucratividade geral da operação.

A Seguir...

Este capítulo sobre Manutenção é a continuação da seção Manutenção de Transportadores. O capítulo a seguir, O Fator Humano, conclui esta seção sobre o relacionamento entre um serviço de manutenção oportuno e regular, e a redução de derramamento e de material fugitivo.

REFERÊNCIAS

- 28.1 Martin Engineering website: <http://www.martin-eng.com>.
- 28.2 Roberts, Alan. (November 1996). *Conveyor System Manutenção & Reliability*, ACARP Project C3018. O autor é membro do Centre for Bulk Solids and Particulates, University of Newcastle, Australia. Publicado pelo Australian Coal Association Research Program (Programa de Pesquisa da Associação Carbonífera Australiana); pode ser adquirido através do site: <http://www.acarp.com.au/abstracts.aspx?repId=C3018>.

Figura 29.1

O pessoal que opera e gerencia um sistema de manuseio de material é o segredo do seu sucesso .



Capítulo 29

O FATOR HUMANO

29

Limitações de <i>Hardware</i>	445
O Processo para o Aperfeiçoamento Contínuo	446
Educação e Treinamento	446
A Importância da Manutenção	447
Consultando Especialistas	448
Desenvolvendo Parcerias com os Fornecedores	449
Para o Controle Total do Material	450

Neste Capítulo...

Neste capítulo, não iremos nos concentrar nem na tecnologia nem no *hardware* necessário para o manuseio bem-sucedido de material a granel; em vez disso, iremos focar o fator humano – as pessoas que fazem a diferença entre uma operação bem-sucedida e uma operação mal-sucedida. Este capítulo discute a necessidade de um compromisso com o aperfeiçoamento contínuo do controle de material e a maneira para que isso aconteça: a educação e o treinamento necessários para alcançá-lo. Além disso, este capítulo aborda a importância e os benefícios de se consultarem especialistas e de se desenvolverem parcerias com os fornecedores.

As indústrias nas economias estabilizadas estão experimentando uma tendência na qual a força de trabalho estabelecida está envelhecendo, e sua base de conhecimento e de experiência está sendo rapidamente esvaziada.

Em muitos casos, essa base de conhecimento está sendo substituída pela moderna tecnologia, na forma de sistemas de monitoramento e de controle mais sofisticados. O pessoal de fábrica que permanece em atividade tem sido solicitado a expandir seus esforços e capacidades para cobrir a falta de potencial humano.

Grande parte desse livro aborda os sistemas de *hardware* necessários para oferecer controle total do material, incluindo a prevenção e o controle de derramamento e de pó. Novas tecnologias e componentes atualizados para sistemas existentes irão aumentar a probabilidade de sucesso, mas o sucesso real e sustentável requer educar as pessoas responsáveis pelo desempenho geral da operação. O fator humano não pode ser ignorado quando se trata de operar e manter um sistema de manuseio de material.

De muitas formas, uma fábrica é um reflexo do pensamento do seu pessoal: alta gerência, operações e pessoal de manutenção, igualmente **(Figura 29.1)**. Se esses grupos enxergam e aceitam a fábrica como sendo suja, ineficiente, desagradável e insegura, irão permitir que ela se torne e permaneça dessa forma. Permitir que o pó e o derramamento se acumulem no ambiente de trabalho pode criar uma “fadiga” de material fugitivo. Com o passar do tempo, aqueles que trabalham nesse ambiente todos os dias acabam por aceitar as condições, até que

simplesmente deixam de ver essas condições como um problema. Mesmo quando algumas melhorias são implantadas, os resultados se tornam rapidamente aceitos como norma. Sem um processo para o aperfeiçoamento contínuo, as primeiras atualizações serão, em breve, aceitas como o melhor que se pode alcançar.

Para se implantar melhorias realmente benéficas e duradouras nos sistemas de *hardware*, é crítico que as atitudes e ações do pessoal de fábrica, de todos os níveis, sejam transformadas em um desejo de melhorar continuamente. O pessoal de fábrica que espera altos padrões de desempenho toma as medidas necessárias para atingir esses níveis, e aqueles que se comprometem em manter padrões ainda mais altos irão constatar melhorias na eficiência, nas condições de trabalho e na segurança.

Os sistemas de *hardware* para contenção de material e gerenciamento de pó aperfeiçoados descritos neste livro são etapas importantes para se alcançar o controle total do material. Entretanto, é o fator humano que irá fornecer a chave definitiva para o sucesso.

LIMITAÇÕES DO HARDWARE (EQUIPAMENTO)

A meta de se alcançar o controle total do material exige mais do que nova tecnologia e novos equipamentos.

Muitas vezes, novos componentes são instalados para atualizar um sistema de transporte de correia, a fim de gerar melhorias no controle de material e aumentar a eficiência da fábrica. Na maioria dos casos, esses sistemas funcionam como esperado e fornecem benefícios perceptíveis, pelo menos enquanto são novos. No entanto, a solução para controlar material fugitivo não pára com a instalação de novos equipamentos, independentemente de quão bem projetados ou caros eles sejam. Um novo *hardware* representa apenas o primeiro passo no caminho do processo de aperfeiçoamento.

O PROCESSO PARA O APERFEIÇOAMENTO CONTÍNUO

Desenvolvendo um Processo para o Aperfeiçoamento Contínuo

Melhorar o desempenho do transportador de correia, reduzindo o derramamento de material e controlando o pó transportado pelo ar, não é apenas uma questão de adquirir a tecnologia mais recente ou de comprar componentes de *hardware* do primeiro fornecedor que passar pela porta da frente da fábrica. Pelo contrário, a solução reside em desenvolver um processo que possa atualizar continuamente o desempenho do equipamento, dos materiais, dos fornecedores e do pessoal de fábrica. O processo começa com um comprometimento de toda a fábrica para aperfeiçoar o gerenciamento de material fugitivo. Ele favorece a educação e o treinamento de gerentes e de outros empregados, para que entendam o valor e vejam as oportunidades do controle total de material. Ele inclui a otimização e a autoridade dos departamentos de serviços para manter o desempenho dos componentes, e aperfeiçoar a eficiência operacional geral da fábrica. Favorece o desenvolvimento de relações com consultores e fornecedores que possam auxiliar a fábrica a enfocar os desafios que o manuseio de material oferece. Essas etapas ajudam a desenvolver um processo de contínuo refinamento na busca da meta do controle total do material.

Não se desenvolve esse processo de melhoria contínua da noite para o dia, nem se atinge esse objetivo com um decreto da alta gerência. Embora seja necessário o endosso dos executivos, também é necessário o compromisso e a autoridade do pessoal de operações e de manutenção. Esse processo deve ser cuidadosamente mantido através da educação e do treinamento.

Existem muitas técnicas comprovadas para desenvolver uma cultura de melhoria contínua. Os nomes podem ser familiares: Lean Manufacturing, Toyota Production System, Business Process Management, Lean, Six Sigma, e outros, agora e no futuro. Independentemente do plano específico selecionado, o fator mais importante para o sucesso é o comprometimento da gerência com a ferramenta escolhida.

Compromisso com o Aperfeiçoamento

Um controle de material eficaz exige um processo de melhoria contínua das operações de manuseio de material. Os resultados são afetados pela variação das condições do material, pela operação inapropriada do material e pela manutenção mínima ou muitas vezes inexistente.

As exigências da empresa obrigam a fábrica a buscar continuamente por oportunidades de reduzir custos e aumentar a lucratividade, ao mesmo tempo em que mantém uma operação segura e eficiente. Pressionar os fornecedores preferidos por concessões no preço pode levá-los a achar outras formas - nem sempre adequadas - de recuperar seus custos e atingir as margens exigidas, o que pode sair mais caro para a fábrica a longo prazo.

O aperfeiçoamento requer um círculo completo de comprometimento, começando pelo nível da gerência e estendendo-se até o nível de operações da fábrica, da gerência de manutenção até os operadores, a equipe de manutenção e qualquer outra pessoa envolvida.

A gerência deve reconhecer e demonstrar compromisso com a resolução dos problemas, enquanto os empregados devem ter acesso a recursos, tempo, ferramentas e equipamentos necessários para desenvolver, implantar e manter soluções. É essencial que a fábrica faça investimentos sensatos ao selecionar sistemas que irão ajudar a reduzir a manutenção, que interajam facilmente com a manutenção e que aumentem a confiabilidade no equipamento, no desempenho e na segurança.

EDUCAÇÃO E TREINAMENTO

Um aspecto importante do processo para o contínuo aperfeiçoamento é o treinamento de pessoal. Os empregados precisam ser treinados para que possam entender inteiramente a finalidade e as capacidades dos equipamentos que irão operar, ao mesmo tempo em que desenvolvem um nível de conforto e confiança em suas próprias capacidades. Essa educação deve incluir como identificar desafios, como solucionar problemas e como tomar medidas corretivas, ajustando o equipamento a fim de corrigir e minimizar tais problemas.

A educação deve identificar os riscos associados à operação do equipamento, e mostrar aos operadores como usar esse equipamento de forma eficiente e sem que ofereça risco às pessoas ou à fábrica.

A educação e o treinamento podem ser fornecidos por consultores que possuam informações sobre as características dos materiais a granel e o desempenho geral do equipamento. Fornecedores qualificados devem fornecer treinamento em instalação, manutenção e solução de problemas de seus sistemas.

A IMPORTÂNCIA DA MANUTENÇÃO

O axioma “Invista agora ou pague mais depois” é talvez mais verdadeiro quando se considera a manutenção de um equipamento de manuseio de material. Esse velho ditado quer dizer que, se a manutenção regular é negligenciada, a probabilidade de se ter que substituir um componente que falhou, provavelmente antes do esperado, aumenta.

Com o “enxugamento” das empresas para cortar orçamentos, junto com a aposentadoria precoce dos empregados experientes, uma área que parece ser mais atingida é o departamento de manutenção. As despesas ocultas do “enxugamento” podem ter origem em uma variedade de causas, incluindo a falta de conhecimento sobre a manutenção preventiva apropriada, recursos insuficientes para completar os reparos assim que se fizerem necessários e ciclos de manutenção mais longos, devido ao tempo que se leva até que os novos empregados conheçam e aprendam a usar os equipamentos.

A tendência em expansão para se atender à necessidade de manutenção do equipamento é contratar prestadores de serviço externos, para que executem até mesmo tarefas rotineiras de manutenção. Terceirizar os procedimentos de manutenção é uma forma aceitável de fornecer e estabilizar os custos da manutenção de rotina. Normalmente, esses profissionais de manutenção são especializados em um determinado tipo de sistema ou em um determinado conjunto de componentes: eles oferecem qualidade, eficiência e velocidade aos serviços prestados. Esses especialistas em manutenção também podem ajudar no

treinamento especializado necessário para aumentar as habilidades e o conhecimento do pessoal de manutenção da fábrica, em procedimentos complicados e em novas tecnologias.

Um exemplo seria uma copiadora do escritório. Se uma copiadora quebra, o reparo necessário normalmente não é responsabilidade da pessoa que cuida da manutenção do prédio; a atitude correta é entrar em contato com uma pessoa que tenha experiência em conserto de copiadoras. Uma copiadora é um equipamento complexo, que representa um investimento de capital considerável. O pessoal de manutenção predial não está familiarizado com as nuances de uma copiadora, e os consertos podem estar muito além do alcance de sua especialidade. Os usuários de uma copiadora não são incentivados a tentar consertá-la, pois suas tentativas normalmente tornam as coisas piores.

Os sistemas de manuseio de material são normalmente um conjunto de equipamentos complexos, que representam um investimento considerável de capital. O pessoal de operação e de manutenção pode não estar familiarizado com as nuances específicas daquele equipamento. O fornecedor especializado possui maior acesso ao conhecimento técnico e às nuances dos produtos cuja manutenção está sendo feita, eliminando a curva de aprendizado e permitindo que o fornecedor de manutenção mantenha um histórico completo do equipamento, o qual pode ser usado para estimar intervalos e métodos de uma falha. Quando esse equipamento ou sistema de manuseio de material precisar de manutenção ou quebrar, pessoas com experiência nessa área deverão ser chamadas.

Infelizmente, esse não é o método usual adotado na maioria das operações. O equipamento é temporariamente “remendado”, pois assim a fábrica pode “dar um jeito” até o próximo ciclo de manutenção. Quando chega a hora do novo ciclo de manutenção, o “remendo” já foi esquecido, e outros problemas, mais imediatos, chamam a atenção.

Se os fornecedores de equipamento oferecem contratos de manutenção, pode ser do interesse da operação aproveitar ao máximo esse recurso.

CONSULTANDO ESPECIALITAS

As pessoas algumas vezes estão tão ocupadas reagindo às necessidades diárias que são incapazes de ver as oportunidades à sua frente. A tarefa diária de operar e manter um sistema de manuseio de material consome seu tempo e energia, limitando, assim, sua capacidade de identificar desafios ou de ver os benefícios de prováveis melhorias.

A complacência ou a atitude de se dizer “nós sempre fizemos assim” pode dominar empregados que se acostumaram a certas condições, certos procedimentos, estilos ou a um certo nível de desempenho.

Pesquisas mostram que os empregados dizem que seu trabalho lhes permite fazer o que fazem “melhor” em apenas um terço do

tempo (*Referência 29.1*). Gerenciar de forma que os empregados possam fazer o que “fazem melhor” na maior parte do tempo motiva os empregados a aumentar sua produtividade ao mesmo tempo em que permite que isso aconteça.

Recursos externos podem trazer contribuições significativas para a operação de uma fábrica (**Figura 29.2**). Eles podem ser especialistas em um determinado setor do mercado, em um processo específico ou em uma determinada tecnologia que é utilizada em todo o setor. Esses profissionais especialistas em manuseio de material podem analisar os sistemas da fábrica, identificar desafios e oferecer recomendações. Eles fornecem uma visão ampla do setor de manuseio de material, e são um recurso valioso para se obterem soluções para os desafios associados ao transporte e ao armazenamento de material a granel. Eles podem oferecer um “mapa” com as indicações para se alcançar uma fábrica mais limpa, mais segura e mais produtiva.

Uma desculpa comum é de que as pessoas têm medo de fazer aperfeiçoamentos porque acham que isso colocaria seus empregos em risco ou daria um motivo para que a gerência designasse novamente um equipamento importante. Na verdade, o que acontece é o oposto. As empresas sempre têm mais projetos do que recursos. Se os trabalhadores estiverem abertos a mudanças e concentrados no que fazem melhor, esses indivíduos têm mais probabilidade de serem aqueles que a empresa escolhe para novas tarefas ou para novos projetos. Isso aumenta a segurança no emprego. Além disso, se a empresa se torna mais lucrativa como consequência de uma contribuição individual, é mais provável que essa empresa permaneça em funcionamento, mais uma vez, aumentando a segurança no emprego.

Com a filosofia e o aperfeiçoamento da tecnologia discutidos neste livro, fica claro que existem “novas” formas de se fazer as coisas, formas que irão ajudar as fábricas a aperfeiçoar seus processos e a trabalhar mais eficientemente. Com frequência a fábrica pode ainda usar o mesmo equipamento básico para aumentar a capacidade e a saída e, ainda assim, ter uma fábrica mais limpa e mais segura, sem ter que investir em um sistema de manuseio de material inteiramente novo.

Figura 29.2

Os consultores podem ajudar o pessoal da fábrica a ver os pontos fortes e fracos do sistema de manuseio de material.



Figura 29.3

Ao fazerem importantes contribuições para o sucesso de uma fábrica, os fornecedores passam de prestadores de serviço a parceiros.



DESENVOLVENDO PARCERIAS COM OS FORNECEDORES

A fim de atingir suas metas de melhoria do processo em todas as áreas, especialmente na área de manuseio de material, a fábrica precisa aproveitar a base de conhecimento dos fornecedores-chave qualificados (**Figura 29.3**).

Um relacionamento aberto com fornecedores-chave pode ser uma grande vantagem competitiva, quando os ambientes de negócios estão em contínua mudança. Com muita frequência, o trabalho de projeto é fornecido para empresas de instalação e manutenção que não são especializadas, que possuem apenas um conhecimento generalizado, deixando os custos dispararem e um equipamento que não funciona como esperado. Quando os fornecedores devem afunilar seus produtos e serviços através de uns poucos grandes distribuidores para alcançar a fábrica, o pessoal de fábrica fica isolado de um recurso importante para a solução de problemas – fabricantes e empresas de manutenção com especialização em áreas técnicas específicas.

Sempre há o medo de que a terceirização diminua o trabalho dos empregados e a segurança do trabalho. A manutenção nos sistemas que controlam material fugitivo é normalmente o item de menor prioridade na programação de manutenção diária e é quase nunca uma prioridade durante as paradas. Embora os gerentes argumentem que possuem pessoas da empresa com tempo para realizar esse trabalho, a realidade é que esses empregados normalmente não são nem treinados nem incentivados a tomar as medidas necessárias para controlar materiais fugitivos, e são pressionados pela crise do momento. Como resultado, simplesmente não se faz o trabalho. O pessoal capacitado de manutenção deve se concentrar no que faz melhor. Nunca há escassez dos principais trabalhos de manutenção, que requerem conhecimento especializado dos processos e procedimentos de manutenção da fábrica.

Uma organização formada por fornecedores qualificados possui pessoal de vendas experiente e instruído, além de recursos corporativos, incluindo especialistas em aplicações, gerentes do setor, engenheiros de produto, engenheiros de projeto e especialistas em instalação, que podem fazer importantes

contribuições para um programa da fábrica a fim de conter o derramamento e controlar o pó fugitivo. O segredo é fazer com que os fornecedores se tornem parceiros da fábrica.

Frequentemente essa parceria não funciona, devido a uma falha em reconhecer a especialização do fornecedor, e à importância do conhecimento e da experiência que ele traz para o pessoal da fábrica.

Os relacionamentos irão florescer se o fornecedor for capacitado para superar as resistências a mudanças, muito comuns em uma empresa. Um problema comum é a síndrome normalmente denominada de “Não foi Inventada Aqui”. Essa síndrome refere-se à incapacidade de um indivíduo ou organização de aceitar soluções – equipamentos ou ideias – que não tenham sido desenvolvidos internamente. Um fornecedor experiente irá ajudar a encontrar formas de permitir mudanças nos “procedimentos operacionais padrão”, de forma que as melhorias sejam feitas sem causar ressentimentos.

Fornecedores que se esforçam para se tornarem parte de uma equipe, e são capazes de se adaptar ao ambiente único de cada fábrica, têm muito mais probabilidade de obter sucesso na construção de uma relação mutuamente benéfica a longo prazo. Fornecedores e representantes de vendas têm que ser sensíveis a essas questões, e estar preparados para fazer alterações aos primeiros sinais de incompatibilidade.

O controle total do material requer uma grande dose de especialização e de atenção aos detalhes. Ao se escolher um consultor ou uma empresa de manutenção para ajudar a obter o controle total do material, é preciso considerar cuidadosamente as principais competências do fornecedor, bem como sua capacidade de cumprir os compromissos assumidos. A capacidade do fornecedor de produzir soluções específicas para a situação, de fabricá-las, instalá-las e, em seguida mantê-las em um único padrão de desempenho é uma vantagem estratégica para a fábrica e para o fornecedor.

Um parceiro irá compartilhar o risco e a recompensa das melhorias de um sistema. Mais importante ainda, um parceiro ganha o direito de estar lá, com energia, esforço e resultados. O segredo do sucesso nessa parceria é que tanto o pessoal de operações como o fornecedor

estabelecem um relacionamento de longo prazo baseado em maior eficiência e lucratividade. O ingrediente mais importante do processo é uma comunicação de duas vias, aberta e honesta, entre o prestador de serviços e a liderança da fábrica, para que se estabeleça confiança mútua.

PARA O CONTROLE TOTAL DE MATERIAL A GRANEL

Concluindo...

Existem muitas tecnologias novas e comprovadas e soluções atualizadas de equipamentos discutidas nesta edição. Elas vão desde chutes de fluxo de escoamento customizados, a sistemas de limpeza de correia aperfeiçoados, todas buscando obter o controle total do material. Entretanto, o único segredo do sucesso para conter o derramamento e controlar o pó são as pessoas – aqueles que operam e mantêm os transportadores de correia e o resto da fábrica. É e sempre será “o fator humano” que irá determinar, em última análise, o sucesso ou o fracasso de um sistema de manuseio de material.

A Seguir...

Este capítulo O Fator Humano conclui a seção Manutenção de Transportadores, no qual discutimos vários aspectos da manutenção necessários para reduzir materiais fugitivos e ampliar a vida útil do transportador de correia. O capítulo a seguir começa com a seção Panorama do Manuseio de Materiais a Granel. O capítulo que irá abordar o Gerenciamento Total do Projeto inicia a seção.

REFERÊNCIAS

- 29.1 Sullivan, Dr. John. *Increasing retention and productivity: let employees do what they do best!* Article #163. Available online: <http://ourworld.compuserve.com/homepages/GATELY/pp15s163.htm>.

Seção 7

PANORAMA DO MANUSEIO DE MATERIAIS A GRANEL

• Capítulo 30	454
GERENCIAMENTO TOTAL DO PROJETO	
• Capítulo 31	464
ÍNDICES DE DESEMPENHO	
• Capítulo 32	484
CONSIDERAÇÕES SOBRE INDÚSTRIAS ESPECÍFICAS	
• Capítulo 33	504
CONSIDERAÇÕES SOBRE TRANSPORTADORES ESPECIALIZADOS	

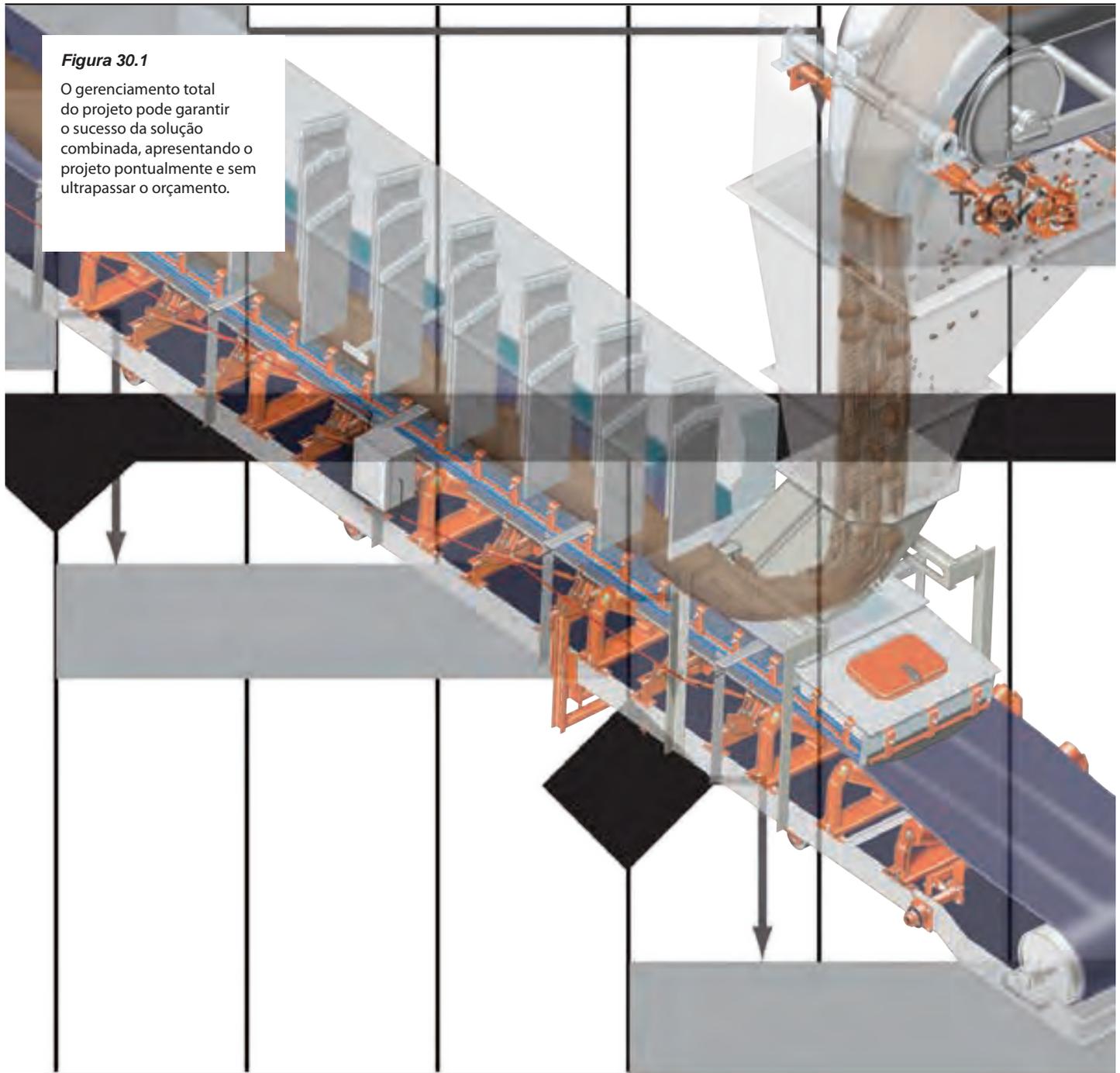


Figura 30.1

O gerenciamento total do projeto pode garantir o sucesso da solução combinada, apresentando o projeto pontualmente e sem ultrapassar o orçamento.

Capítulo 30

GERENCIAMENTO TOTAL DO PROJETO

O que Esperar do Gerenciamento de Projeto	455
O Gerente de Projeto.....	455
Acompanhamento do Projeto	456
Sequência do Projeto.....	456
Como o Sucesso é Avaliado	462

30

Neste Capítulo...

Neste capítulo abordaremos o gerenciamento de projeto, o valor de um gerente de projeto experiente e o trabalho de acompanhamento do projeto feito por essa pessoa até sua conclusão bem-sucedida. A sequência do projeto e as tarefas básicas que precisam ser executadas serão explicadas.

Entre outras vantagens, a abordagem do gerenciamento total do projeto pode garantir o sucesso da solução combinada ao uso mais eficiente do capital, a fim de oferecer um resultado mutuamente benéfico, tanto para o cliente como para o fornecedor (**Figura 30.1**). Este capítulo oferece um breve resumo de cada área do gerenciamento de projeto. Existem inúmeros livros disponíveis sobre esse assunto; recomenda-se um estudo adicional.

O QUE ESPERAR DO GERENCIAMENTO DE PROJETO

Empresas que oferecem serviços de gerenciamento total do projeto suprem seus clientes com produtos autossuficientes que os ajudam a direcionar seus projetos, desde o início, até o momento de colocá-los em prática. Ter uma única fonte como responsável permite ao gerente de projetos incluir em um único pacote a pesquisa, a conceituação, as cotações, o projeto, as compras e a construção, de forma a controlar efetivamente os riscos e dinamizar a entrega.

Com apenas um contrato para administrar, o proprietário/gerente da planta se beneficia com linhas simplificadas de comunicação. A integração das funções de projeto, de compras e de construção fornece oportunidades para se acompanhar rapidamente a conclusão do projeto.

As funções de gerenciamento de projeto são muito mais fáceis quando a responsabilidade e as obrigações estão todas nas mãos do gerente de projeto. Em situações onde isso não é possível, é importante definir os papéis e as responsabilidades logo no início do projeto, pois, assim, as partes interessadas sabem quem é responsável e que procedimentos devem ser seguidos.

Uma certificação da International Organization for Standardization (ISO -

Organização Internacional de Padronização), que garante um controle rigoroso de qualidade do início ao fim de um projeto, é um item desejável em uma empresa que oferece serviços de gerenciamento de projetos. O registro ISO 9001 certifica que processos consistentes de negócios estão sendo aplicados às funções de projeto e de fabricação. Uma especialização adicional pode ser esperada se um gerente de projetos for certificado pelo Project Management Institute (PMI - Instituto de Gerenciamento de Projetos). O PMI é a associação líder mundial, sem fins lucrativos, para a profissão de gerenciamento de projetos.

Uma empresa que fornece projetos totalmente gerenciados, normalmente utiliza um sistema de gerenciamento de qualidade proativo que oferece suporte e orientação para todos os níveis de projeto, fabricação e construção. Essa função opera em todas as etapas de um projeto e em seus complementos, mas não substitui o projeto existente, nem a verificação e os procedimentos de revisão do projeto.

O GERENTE DE PROJETOS

O gerente de projetos é a pessoa responsável pelo êxito geral de um projeto. Ao estabelecer expectativas razoáveis e transparentes para seus colegas, prestadores de serviço e subcontratados, o gerente de projetos administra a programação e o orçamento geral do projeto, a fim de assegurar que o trabalho foi designado e concluído de forma a oferecer uma solução de qualidade e de acordo com as necessidades do projeto (e do proprietário), dentro do prazo, e sem ultrapassar o orçamento.

Em termos gerais, o gerente de projetos é responsável por:

- A. Definir as metas e os objetivos do projeto.
- B. Dividir os objetivos em tarefas.
- C. Especificar os recursos necessários.
- D. Alocar o orçamento de acordo com os objetivos do projeto.
- E. Desenvolver o cronograma do projeto.
- F. Implantar o plano de projeto.
- G. Gerenciar e controlar o trabalho.
- H. Solucionar conflitos.
- I. Comunicar-se com os proprietários.

Um gerente de projetos qualificado e experiente pode fazer a diferença entre o sucesso e o fracasso de um projeto. Independentemente de o trabalho ser uma reforma ou uma nova construção, um gerente de projetos experiente e especializado no ramo de manuseio de materiais a granel será capaz de implantar com êxito um projeto, seja de um ponto de transferência ou de um transportador de correia, a partir da análise do projeto até a instalação e funcionamento. Também é mais provável que um gerente experiente possua conhecimento de tecnologias relevantes, como componentes de última geração do transportador de correia, chutes projetados e minimização de pó.

Além do conhecimento específico do setor, um gerente de projetos eficaz possui boa capacidade de liderança e organização, e é capaz de coordenar a comunicação com os proprietários e gerentes, prestadores de serviço e subcontratados. O gerente de projetos mantém ligação com os proprietários e com os gerentes para tratar das questões do dia a dia e monitora o progresso do trabalho com relação ao escopo do projeto, além de controlar as interrupções programadas ou outros prazos finais. As áreas de conhecimento importantes para um gerente de projetos incluem administração do tempo, gerenciamento de qualidade, gerenciamento de recursos humanos e gerenciamento dos riscos. O gerenciamento eficaz de um projeto exige uma pessoa analítica, que seja bem organizada, possua habilidades de acompanhamento, seja capaz de realizar múltiplas tarefas ao mesmo tempo e seja uma boa em estimativas, em gerência de orçamentos e em comunicação.

ACOMPANHAMENTO DO PROJETO

Conforme o projeto se desenrola em direção à sua conclusão, todas as etapas precisam ser capturadas e registradas. Todos os prazos e custos conhecidos e estimados devem estar incluídos no acompanhamento do projeto. Esses custos e prazos estimados podem ser destacados para que sejam verificados ou ajustados conforme são obtidas informações adicionais. Os prazos estimados podem ser expressos em forma de tempo (por ex., “O aço vai demorar duas semanas para ser entregue depois de feito o pedido”) ou podem ser expressos em função da mão de obra necessária

para se realizar um determinado trabalho (por ex., “Serão necessárias 40 horas para montar a estrutura utilizando duas pessoas”). As etapas anteriores podem, então, ser identificadas e colocadas para gerar o cronograma do projeto ou o gráfico de Gantt. Um gráfico de Gantt é um tipo popular de gráfico de barras que ilustra a programação de um projeto. Ele ilustra as datas de início e fim dos elementos finais e dos elementos resumidos de um projeto. As várias subtarefas são colocadas no gráfico e mostram as relações de precedência entre as atividades. Os gráficos de Gantt podem ser utilizados para mostrar a situação da programação atual, usando sombras para indicar o percentual de conclusão das tarefas e uma linha vertical indicando a posição “Hoje”. O desenvolvimento do gráfico de Gantt atualmente pode ser encontrado disponível em vários programas de computador.

Quando o projeto se aproxima de seu final, tudo o que foi feito – não apenas no local do trabalho, mas também durante todo o projeto – precisa ser acompanhado e atualizado no plano de projeto e/ou em um registro diário de atividades do projeto. Recibos de material e de trabalho, certificações e registros de inspeção precisam ser organizados e preenchidos para controle. Em muitos locais, manter registros diários dessas atividades é uma exigência legal.

SEQUÊNCIA DO PROJETO

Definição do Problema

Para se definir um projeto, é preciso definir primeiro qual é o problema. Isso deve ser feito de forma que o problema a ser abordado seja uma pergunta, não uma solução sugerida. Um exemplo poderia ser: “Nós precisamos de um transportador de correia”. Embora isso na verdade possa ser uma solução, não define um problema ou uma oportunidade. Um exemplo melhor seria: “Precisamos mover nosso material do ponto A para o ponto B. Como poderemos fazer isso?”. Com essa pergunta aberta, não existe a expectativa de uma solução. A melhor solução ainda é uma opção a ser identificada. Essa descrição do problema ou da questão precisa ser definida e acordada mutuamente, tanto pelo cliente como pelo gerente de projetos. Ao definir o problema, abre-se a oportunidade de pensar em diferentes soluções, em vez de se comprometer com uma

solução que pode ser ideal ou não.

Plano Inicial do Projeto

Nesse ponto, o plano inicial do projeto deve ser gerado. Mesmo que todos os detalhes e fatos não estejam definidos e compreendidos, um esboço precisa ser elaborado. Isso pode ser feito em papel. Existe também uma variedade de *softwares* de gerenciamento de projetos disponíveis que irão não apenas ajudar a desenvolver esse plano, mas também irão ajudar a fazer um acompanhamento e uma atualização desse plano.

A maior parte desses *softwares* irá permitir o planejamento e o acompanhamento dos quatro aspectos básicos do projeto:

- A. Cronograma.
- B. Mão de obra.
- C. Custos.
- D. Materiais.

Tarefas Básicas

Para iniciar o plano do projeto, deve-se listar as tarefas básicas necessárias para sua execução. Isso pode ser feito no *software* ou em uma única folha de papel ou, ainda, em uma pasta de arquivo (dependendo do tamanho total do projeto) para cada tarefa. Essas tarefas incluem:

- A. Definir o escopo e as especificações.
- B. Criar um projeto conceitual.
- C. Definir um projeto preliminar.
- D. Garantir uma cotação.
- E. Finalizar as especificações/projeto.
- E. Solicitar cotação (RFQ) e proposta final.
- G. Promover a revisão de propriedade.
- H. Providenciar o pedido de compra (PO).
- I. Detalhar o projeto.
- J. Fabricar.
- K. Instalar.
- L. Operar.
- M. Verificar o desempenho do sistema.
- N. Manutenção.

Cada um desses itens – as tarefas básicas do projeto – podem, então, ser complementados com subtarefas, conforme mais detalhes se tornem disponíveis. O plano do projeto deve ser um documento vivo e continuamente

atualizado.

Definir as tarefas básicas irá ajudar aqueles envolvidos a visualizarem a maior parte do projeto, tanto em termos de estimativa de mão de obra como de prazos. Isso aumenta a qualidade das estimativas e da comunicação entre os proprietários, o gerente de projeto e os vários fornecedores e prestadores de serviço.

Tarefa 1: Definindo o Escopo e as Especificações

O próximo passo é definir os requisitos necessários e os requisitos de sistema, como, por exemplo, as especificações gerais (volume, prazo, material, distância, restrições), com base na entrada do cliente e nas restrições conhecidas. Um exemplo seria:

Precisamos mover areia seca (menos de 2% de umidade) por 1,2 quilômetros (4.000 pés), com uma inclinação contínua de 5%. Não temos uma superfície adequada. É preciso limpar o caminho do material com 1,8 metros (6 pés) e alterar o ângulo em 45°.

Outros tipos de problemas a serem abordados nessa fase seriam, por exemplo, identificar os critérios mais difíceis e os mais fáceis. Os critérios mais difíceis incluem itens como quanto, com que rapidez e qual a distância. Os critérios fáceis são os itens opcionais, do tipo “nós gostaríamos de ter”. Os exemplos podem incluir velocidades variáveis, altura de descarregamento ajustável ou a seleção de um raspador de correia específico.

Tarefa 2: Criando um Projeto Conceitual

A primeira etapa em qualquer projeto conceitual deve ser constituída pelas soluções que primeiro vêm à mente. A incorporação do proprietário ou do gerente da operação ao grupo de “brainstorm” irá permitir obter o apoio destes à adoção da solução, para que eles tenham um melhor entendimento dos problemas e uma perspectiva mais positiva com relação ao sucesso do projeto. “Brainstorm” significa identificar todas as soluções possíveis, sejam práticas ou não. Esse exercício garante que todas as opções serão levadas em consideração. Todas as ideias devem ser livremente aceitas e anotadas para que sejam analisadas na próxima etapa.

Faz parte dessa etapa definir os parâmetros do projeto. Essa etapa pode se beneficiar do teste de material para definir um intervalo aceitável de parâmetros para o projeto. Outro aspecto importante da fase conceitual é identificar quaisquer limitações de campo, com a verificação dos pontos de trabalho no local, elevações e obstruções. No caso de as condições reais no campo, além do intervalo de parâmetros do projeto, estarem em jogo, as medidas para compensar essas condições precisam ser consideradas. Isso pode exigir a inclusão de “recursos à prova de falhas”, que permitam uma fácil manutenção, bem como a inclusão de métodos para mitigar essas circunstâncias imprevistas.

A próxima etapa é listar os prós e contra para cada ideia. Aqui é onde se deve fazer a análise crítica de cada ideia. Uma combinação de soluções pode oferecer o melhor valor. Os problemas com uma ideia podem ser resolvidos pelo acréscimo de uma nova ideia.

Depois da análise crítica de cada ideia, o escopo e as especificações são concluídas em um formato predeterminado. O escopo identifica especificamente o que será abrangido ou que equipamento será fornecido; as especificações são detalhes das necessidades. A definição do escopo deve relacionar os itens, conceitos e especificações incluídos no projeto; também podem ser detalhados os itens que não estão incluídos no projeto. As opções podem ser listadas separadamente, e o uso de um formato predeterminado torna mais fácil se manter longe de especificações nebulosas ou imprecisas.

O sistema de transporte inclui:

- A. Estrutura.
- B. Pontos de transferência.
- C. Correia.
- D. Raspadores da correia.
- E. Instalação.
- F. Inicialização do sistema.
- G. Teste de desempenho.
- H. Revisão de manutenção com o proprietário/equipe de manutenção.
- I. Liberação do sistema.
- J. Preparação do local NÃO incluída.
- K. Manutenção elétrica do local NÃO incluída.

Especificações:

- A. Transportador com 1.800 milímetros (72 pol.) de largura.
- B. Com 81 metros (265 pés) de comprimento.
- C. Com 1 ponto de transferência (carga).
- D. Chute curvo inferior de carga com centro ajustável.
- E. Motor de:
 - a. 480volts;
 - b. 50 Hz;
 - c. 25kW(30hp);
- F. Garantia da manutenção.
- G. Cerca de 2.400 horas para o primeiro grande intervalo de manutenção.
- H. Mais de 90% do tempo para o primeiro ano (com contrato de manutenção).

Tarefa 3: Definir um Projeto Preliminar

Com o escopo e as especificações em mãos, um projeto preliminar pode identificar as necessidades do sistema com relação aos custos e aos prazos.

Ao trabalhar com um projetista ou engenheiro de projetos, o sistema identificado durante a etapa conceitual é esboçado. No que se refere ao transportador de correia, esse esboço é normalmente chamado de Planilha de Fluxo do Processo (**Figura 30.2**). Ela mostra os principais dados e o *layout* geral do transportador. Usando esse esboço e outros documentos do projeto, as peças, ou subconjuntos, são classificadas em “fazer” ou “comprar”. Essa classificação precisa ser verificada duas vezes para garantir que todos os detalhes foram incluídos. Itens ignorados nessa etapa irão gerar um atraso na entrega e aumentar os custos quando forem descobertos durante a instalação ou inicialização.

Tarefa 4: Garantir uma Cotação

Nesse ponto, as informações exigidas para o desenvolvimento de uma cotação devem estar disponíveis. Uma cotação fornece uma estimativa razoável do preço e da entrega de uma solução. Não é um preço da empresa e nem pretende ser usado para garantir um pedido de compra.

Tarefa 5: Finalizando Especificações/Projetos

Depois de determinar se o projeto irá se ajustar aos parâmetros orçamentários e fornecer o desempenho necessário, o projeto e as especificações do projeto podem ser finalizados.

Tarefa 6: Solicitar Cotação e Proposta Final

Para cada um dos itens destacados dos como uma estimativa no plano, o projeto deve obter cotações. Existem quatro áreas que exigem uma ação específica para cotação:

A. Materiais.

Ao cotar os materiais, os prazos devem ser considerados; e não apenas os prazos de entrega, mas também os prazos das operações secundárias que serão necessárias para converter essa matéria-prima em peças “utilizáveis” (por exemplo, braçadeiras de corte, perfuração e solda).

B. Componentes adquiridos.

É importante garantir que todas as especificações necessárias sejam informadas ao fornecedor quando o pedido de cotação for emitido. Se um fornecedor identifica a necessidade de informação adicional, ele deve ser informado sobre quando será dada a resposta. Mesmo que não se tenha certeza de quando a informação solicitada vai estar disponível, ele deve obter uma expectativa a esse respeito. Deve ser feito acompanhamento com o fornecedor. Nesse

acompanhamento, o fornecedor pode ser atualizado com relação ao prazo para obter uma resposta. Deve-se lembrar de que os atrasos na resposta podem gerar atrasos na capacidade do fornecedor concluir a cotação.

C. Mão de obra contratada.

Dentre as quatro áreas que precisam de cotações impressas, a que se refere à mão de obra contratada é a que apresenta mais dificuldades para obter estimativas ou cotações mais precisas. Qualquer fornecedor em potencial deve revisar o escopo, as especificações, os esboços e as fotografias para observar quaisquer exceções ou revisões necessárias.

D. Mão de obra direta.

O gerente de projetos irá necessitar discutir a mão de obra direta com vários recursos dentro da empresa, para esboçar os requisitos e a duração. Um dos métodos mais precisos para obter a estimativa é dividir o trabalho em tarefas, fazer a estimativa para cada tarefa e, então, totalizar essas estimativas para obter o total geral.

Cotações e estimativas podem ser comparadas a qualquer histórico existente para um trabalho similar, a fim de se certificar de que o custo é razoável e de que nada óbvio escapou às considerações.

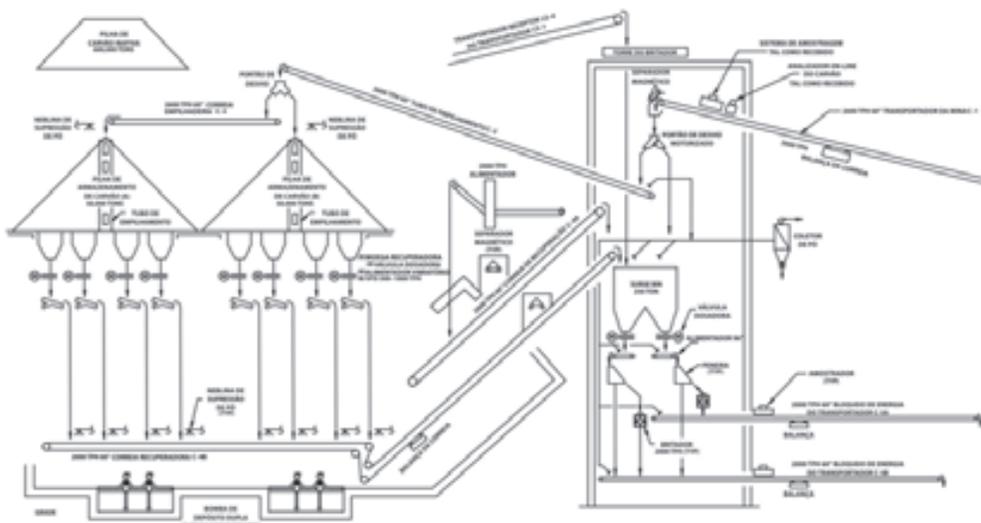


Figura 30.2

Uma planilha de fluxo do processo mostra os dados-chave e o layout geral do transportador.

O plano do projeto e o cronograma (gráfico de Gantt) precisam ser atualizados, levando-se em consideração toda a mão de obra, os prazos, custos e fluxos de caixa, antes que a cotação seja analisada para o cliente.

A informação mínima que deve ser incluída na cotação é:

- A. Escopo.
- B. Especificações.
- C. Etapas principais e pontos de revisão.
- D. Custo.
- E. Programação de pagamento.

Se for incluída alguma informação adicional na cotação, as declarações de confidencialidade precisam estar no lugar. Se os esboços ou desenhos forem incluídos, precisam ser preliminarmente marcados conforme for apropriado.

A programação de pagamento incluída na cotação precisa estar vinculada à conclusão de etapas específicas ou marcos do projeto.

Tarefa 7: Revisão do Proprietário

A cotação deve ser revisada pelo gerente de projeto juntamente com o proprietário/gerência do projeto. Essa tarefa não deve ser realizada por e-mail, fax ou telefone, mas sim pessoalmente, se for possível. A compreensão das expectativas, detalhadas nessa etapa, reduz os mal-entendidos ao longo do projeto, até sua conclusão.

Quaisquer preparativos para o projeto a serem fornecidos pela fábrica também precisam ser revisados, e as condições de entrega precisam ser definidas. O gerente de projetos deve verificar se o proprietário/gerência da fábrica entende as exigências, bem como o fato de que, quando o Pedido de Compras (PO) for emitido, a fábrica estará se comprometendo tanto com o trabalho como com a programação.

Tarefa 8: Pedido de Compras (PO)

Depois que o PO ou a requisição for recebida pelo gerente do projeto e documentada, com uma cópia da cotação e do PO junto no arquivo do projeto, é possível assumir compromissos com relação a materiais e mão de obra. Os compromissos não podem ser assumidos com uma aprovação verbal do projeto. Até que o verdadeiro pedido de compras seja recebido,

o cronograma e os compromissos quanto ao escopo e aos custos devem ser flexíveis e podem estar sujeitos a alterações. Se o PO é autorizado dentro do prazo, sem revisões ou alterações, não será necessário realizar nenhuma revisão da programação ou dos custos.

Se o PO for entregue antecipadamente, determinados aspectos podem ser concluídos antes do programado (por ex., pedidos de material colocados ou compromissos com subcontratados para que mantenham-se programados), mas a entrega adiantada do projeto deve depender de uma cuidadosa revisão de toda a cadeia de fornecimento, incluindo os compromissos de mão de obra e as condições do local.

Se o PO for recebido depois da data especificada na cotação, todos os aspectos de toda a programação – incluindo o trabalho dos fornecedores, projetistas e subcontratados – precisarão ser verificados novamente pelo gerente de projetos.

Tarefa 9: Detalhando o Projeto

Quando um projeto é submetido à equipe de projetos, o gerente de projetos deve verificar se o escopo e as especificações foram revisados em detalhes com a equipe de projetos. Cada um desses documentos de escopo e de especificações possui sua própria importância. O escopo tem por finalidade assegurar que todos os aspectos, do trabalho cotado, foram planejados e abordados. As especificações garantem que o equipamento projetado apresentará o desempenho esperado e identificado no contrato.

Uma revisão da programação é tão importante quanto a revisão do escopo e das especificações. Antes de fazer a cotação para esse trabalho, o gerente de projetos terá recebido um cronograma estimado da equipe de projetos. Nesse ponto, ele irá revisar esse compromisso e obter um compromisso renovado do gerente da equipe de projetos. Essa verificação é necessária em cada etapa do projeto para que se consiga entregar o projeto dentro do prazo.

Através desse processo, revisões de projeto são necessárias para atingir as quatro metas básicas de projeto: custo, prazo, escopo e manufaturabilidade. Cada um deles deve

ser acompanhado durante todo o processo do projeto. Um representante da equipe de fabricação deve participar das revisões do projeto.

Tarefa 10: Fabricação

Conforme os projetos dos componentes e subconjuntos são inicializados, a liberação entre o projeto e a fabricação deve acontecer. Da mesma forma que com a equipe de projetos, a programação, o escopo e as especificações devem ser revisadas pelo gerente de projetos com todos os envolvidos na fabricação dos componentes e subconjuntos do projeto.

Depois que um projeto está em andamento, não é hora de experimentar novos fornecedores. O gerente de projetos deve utilizar fabricantes que possuam um histórico de entrega pontual de produtos de qualidade e deverá, se possível, evitar fornecedores desconhecidos ou financeiramente questionáveis. Algumas vezes isso não pode ser evitado, mas, nesses casos, as precauções básicas deverão ser tomadas. Deve-se verificar cuidadosamente as referências, solicitando estatísticas tanto com relação à qualidade quanto com relação à entrega para programação, juntamente com uma verificação de credenciais, como as certificações do sistema de qualidade ISO.

Conforme os materiais, componentes e subconjuntos são entregues, eles precisam ser inventariados e inspecionados. Os fornecedores precisam ser informados imediatamente de qualquer falta de produto ou itens que não estejam em conformidade com o que foi pedido e a resolução pretendida determinada, para evitar atrasos no projeto.

Tarefa 11: Instalação

Os dois problemas de controle mais importantes na instalação, que são obstáculos para uma entrega de qualidade e dentro do prazo, são o fluxo de caixa e a programação. Na realidade, se o gerente de projeto está negociando com fornecedores ou subcontratados no local de trabalho, o fluxo de caixa é a ferramenta básica para controlar a programação. Da mesma forma que deve haver um compromisso entre o gerente de projeto e o cliente no que se refere à entrega, o fornecedor e o subcontratado também devem se comprometer com o gerente de projeto. No

desenvolvimento do plano de fluxo de caixa – parte do plano do projeto –, uma porcentagem substancial do pagamento total do fornecedor deve ser reservado para a entrega bem-sucedida dos materiais ou da mão de obra contratada. O pagamento atrasado, ou retido sem motivo, pode afetar a capacidade do fornecedor de manter as programações futuras de entrega ou de qualidade.

Assim que os materiais, componentes ou subconjuntos são recebidos e aprovados no local de trabalho, eles devem ser instalados por ordem de instalação, armazenados fora do caminho, em uma área controlada, e protegidos. Perda de material – devido ao vandalismo ou à pilhagem – é uma preocupação em muitos locais ao redor do mundo e pode afetar o custo do projeto e a programação, devido ao tempo e aos gastos de substituição dos materiais danificados ou em falta.

O gerente de projetos é responsável por controlar todo o trabalho produzido na instalação sob o escopo do projeto. O gerente deve observar e controlar cuidadosamente quaisquer alterações do escopo. As alterações do escopo, qualquer que seja o motivo, devem ser documentadas (ordem de alteração) e irão normalmente exigir uma revisão do contrato ou um adendo para assegurar a validade. Elas podem comprometer rapidamente o orçamento e a programação do projeto e são umas das primeiras razões de fracasso na entrega do projeto.

Tarefa 12: Operação

A inicialização de qualquer equipamento deve seguir um procedimento de inspeção completa e um ajuste de todos os componentes e sistemas elétricos pelo gerente de projeto, que deve revisar a lista de verificação de inicialização, se houver.

Antes da inicialização, os equipamentos móveis devem ser verificados visualmente para assegurar que todos os componentes estejam de acordo com o esperado, com o gerente de projetos identificando e fazendo quaisquer ajustes necessários. Depois da inicialização e do teste inicial, o equipamento deve ser carregado para que se possa verificar o desempenho, novamente fazendo quaisquer ajustes necessários.

A operação do equipamento deve ser

demonstrada para os representantes do cliente, para o proprietário ou gerente, com uma demonstração de cada componente, sua função e suas necessidades de manutenção.

Instruções passo a passo devem ser fornecidas tanto para os procedimentos de inicialização como de manutenção.

Tarefa 13: Verificação do Desempenho do Sistema

Juntamente com a inicialização da máquina e durante um período de horas/dias/ou semanas, conforme foi definido no escopo do projeto, o desempenho do sistema deve ser avaliado para assegurar que ele satisfaça ou exceda as expectativas do cliente, conforme estabelecido nos requisitos iniciais da fase do escopo e de especificações do projeto. Nas primeiras fases de um projeto, quando o escopo é definido, existem problemas e expectativas. Essa fase do projeto irá utilizar esses problemas e expectativas (claramente definidos) como indicadores-chave de métricas ou de desempenho (KPI's) para medir o sucesso da solução e da instalação.

Tarefa 14: Manutenção

Por fim, um guia para requisitos de manutenção do sistema e uma revisão deles devem ser fornecidos em detalhes. A revisão dos requisitos de manutenção deve ser feita com pelo menos dois representantes do cliente presentes, para assegurar que, uma vez que o trabalho é liberado, irá haver um determinado nível de entendimento e de colaboração com relação ao trabalho necessário para que a solução continue a ter um desempenho com o máximo de eficácia.

Uma posição de manutenção aperfeiçoada – e conseqüentemente um melhor desempenho – pode ser obtida se o fornecedor da solução também se responsabilizar pela manutenção do equipamento, por meio de um contrato de manutenção. Através desse conceito, os custos de manutenção podem se tornar fixos (para o usuário), a manutenção programada terá a prioridade necessária, e o tempo ocioso do equipamento poderá ser reduzido, maximizando a produtividade.

COMO O SUCESSO É AVALIADO

Concluindo...

Finalmente, ao selecionar uma empresa para gerenciamento total do projeto, é aconselhável que a empresa a ser selecionada apoie seu desempenho – e o desempenho da solução proposta e instalada de manuseio de materiais – com uma garantia de desempenho. As melhores garantias são aquelas escritas por uma empresa que possua um registro de sucesso; que abranja serviços de projeto, compras, instalação, implantação e acompanhamento; e que tenha capacidade financeira para honrar as garantias oferecidas.

Um projeto sem um gerente de projetos ou com um gerente de projetos ineficaz tem maior probabilidade de não cumprir seus custos e prazos finais. Esses projetos também têm maior probabilidade de sofrer problemas de qualidade por não terem como proprietário um gerente de projetos treinado e experiente. O gerenciamento eficaz gera melhores projetos e melhores resultados.

A Seguir...

Este capítulo sobre Gerenciamento Total do Projeto é o primeiro capítulo da seção Panorama do Manuseio de Materiais a Granel. Os três capítulos a seguir darão continuidade a esta seção, começando com Medidas de Desempenho, no Capítulo 31, seguido por Considerações sobre Setores Específicos no Capítulo 32, e Considerações sobre Transportadores Especializados, no Capítulo 33.

REFERÊNCIAS

- 30.1 Project Management Institute (PMI). Informações adicionais sobre gerenciamento de projetos e o programa de certificação para gerentes de projeto estão disponíveis no PMI, no site da organização: <http://www.pmi.org>.

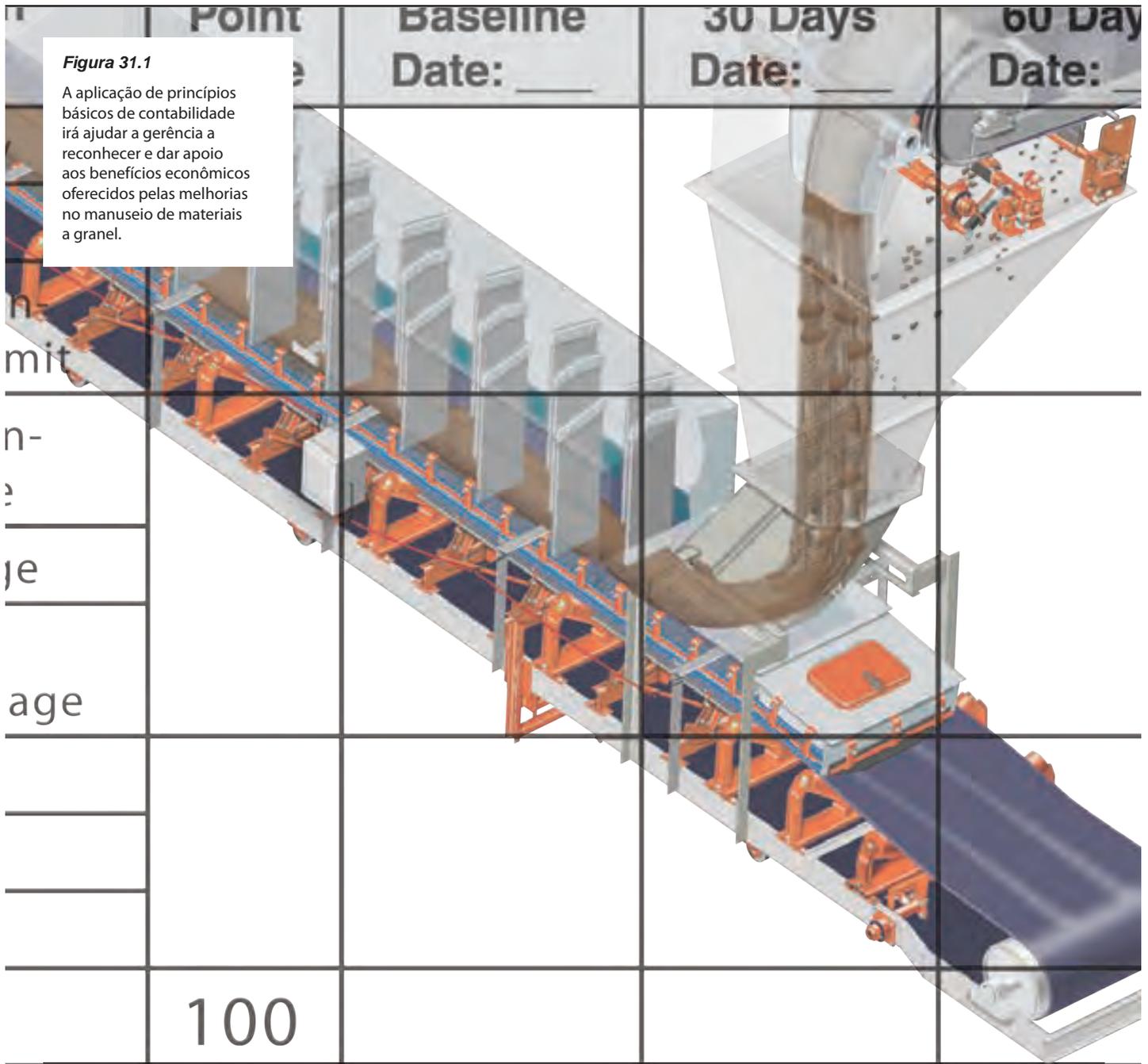


Figura 31.1

A aplicação de princípios básicos de contabilidade irá ajudar a gerência a reconhecer e dar apoio aos benefícios econômicos oferecidos pelas melhorias no manuseio de materiais a granel.

Capítulo 31

ÍNDICES DE DESEMPENHO

Medindo o Desempenho	465
Calculando o ROI	468
Medindo os Materiais Fugitivos	471
Medindo a Eficiência	480
Tópicos Avançados	481
O Retorno dos Cálculos de ROI	483

Este Capítulo...

Este capítulo fornece ferramentas para medir os efeitos das melhorias em segurança, limpeza e produtividade no manuseio de materiais a granel em operações industriais. Ele propõe medidas qualitativas e quantitativas para avaliar os benefícios dessas melhorias. A finalidade é ajudar um engenheiro ou o gerente de uma operação de manuseio de materiais a aplicar princípios básicos de contabilidade para o financiamento e gerenciamento de sistemas que aperfeiçoem o manuseio de materiais, através do controle de materiais fugitivos. Essas medidas irão ajudar a gerência a reconhecer os benefícios econômicos que essas melhorias irão fornecer (**Figura 31.1**).

MEDINDO O DESEMPENHO

A Importância de se Medir o Desempenho

Um indicador-chave da filosofia de gerenciamento de uma empresa é o seu procedimento para avaliar o Retorno sobre o Investimento (**ROI**) em relação aos gastos. De acordo com um relatório de 2007, elaborado pelo Aberdeen Group (como ressaltado na edição de fevereiro de 2007 da *The Manufacturer*), menos de 25% das empresas estimam de forma consistente o **ROI**, antes de agir, com base em um projeto proposto, e apenas 20% mede os custos e ganhos reais para calcular o **ROI** depois que o projeto é concluído. Por outro lado, as empresas entre “As Melhores do Ramo” têm 88% mais de probabilidade de estimar o **ROI** antes de iniciar os projetos e 130% mais de probabilidade do que seus concorrentes de medir o **ROI** depois da conclusão do projeto. As empresas “Melhores do Ramo” que calculam o **ROI** produzem 93% mais melhorias em várias medidas de desempenho, quando comparadas às empresas que não fazem essa avaliação (*Referência 31.1*).

Medir o desempenho do manuseio de materiais a granel envolve medidas tanto quantitativas (valor preciso baseado em cálculos ou medições) como qualitativas (valor aproximado ou intuitivo baseado em opinião ou julgamento pessoal). Essas medidas de desempenho são ferramentas para a tomada de decisões, para designar responsabilidades e determinar aperfeiçoamentos. Tais medidas

devem ser parte de um processo estratégico usado para avaliar o cumprimento das metas e dos objetivos por uma pessoa, equipe ou empresa. Outro nome comum para a medida de desempenho é *Key Performance Indicators* (**KPI** - Indicadores-chave de Desempenho). Essas medidas de desempenho são normalmente exibidas em gráficos ou planilhas de cálculo, pois assim, as tendências e o progresso com relação às metas podem ser facilmente identificados.

A condição e o gerenciamento dos sistemas de manuseio de materiais a granel afetam diretamente todos os aspectos do desempenho de uma empresa. A medida de desempenho mais comum para padrões de saúde e segurança é a conformidade da empresa com relação aos regulamentos ambientais e de segurança.

A medida de desempenho mais universal é o desempenho financeiro de uma empresa, expresso no Balanço e na Declaração de Lucros e Perdas (**P&L**).

Desempenho Financeiro

Uma empresa deve lucrar para ter recursos para comprar materiais, pagar salários, pagar dividendos e reinvestir no negócio. As vendas (ou entradas) são normalmente confundidas com os lucros, acarretando erros sobre quanto uma empresa ganhou e o que eles fazem com essa quantia. Uma empresa cujo negócio principal envolve o manuseio de materiais a granel normalmente realiza um lucro de menos de 5% depois de pagar os impostos. Em outras palavras, os investidores adiantam seu dinheiro e, no fim do ano, irão ganhar menos de 5 dólares para cada 100 dólares arriscados. Se a empresa não lucrar, os investidores perdem dinheiro. Uma razão para que as pessoas queiram investir em operações de manuseio de materiais a granel, em vez de colocar seu dinheiro no banco e deixá-lo render juros é o potencial para grandes lucros, caso a empresa (ou seja, os sistemas de manuseio de materiais a granel) tiver um desempenho ótimo.

Para avaliar o desempenho de uma empresa, tanto o Balanço como a Demonstração de Resultados são necessários. A Demonstração de Resultados é uma coleção de entradas (vendas, alugueis, *royalties*) menos as despesas, durante um período, normalmente um mês, um trimestre ou um ano inteiro. Um Balanço é uma contabilidade dos ativos (o que a firma

possui ou o que tem a receber) menos os passivos (empréstimos e contas que a empresa deve pagar) e o patrimônio líquido (os lucros e perdas acumulados), em um determinado momento, normalmente o último dia do mês, do trimestre ou do ano.

É comum comparar demonstrações financeiras de anos anteriores com as do ano corrente, para avaliar o progresso da empresa em alcançar suas metas financeiras. As metas financeiras são normalmente estabelecidas pelo conselho de diretores ou acionistas. Empresas públicas vendem ações da empresa ao público como forma de alavancar seus recursos financeiros para que o negócio cresça. Empresas privadas obtêm seus fundos dos proprietários, que usam seus próprios recursos ou emprestam dinheiro para financiar o crescimento do negócio além do que os lucros apenas poderiam financiar.

O dinheiro usado para operar um negócio normalmente é dividido em duas categorias: Fundos de Capital e Fundos Operacionais. Os Fundos Operacionais normalmente são obtidos com o processo contínuo de vender um produto, receber o dinheiro e pagar todas as contas. Para continuar atuando, a empresa precisa vender seus produtos por mais do que ele custa para ser produzido, ou, em breve ela terá problemas financeiros. É importante receber rapidamente a quantia obtida com as vendas, ou não haverá Fundo Operacional suficiente para que o negócio funcione. Se não houver lucro, a empresa terá de pedir dinheiro emprestado, ou os acionistas terão de investir mais dinheiro.

Os Fundos de Capital são usados para aquisições que irão durar por muito tempo, como terras, edifícios e equipamentos. Os Fundos de Capital são obtidos com os lucros líquidos, venda do estoque ou empréstimos. A fim de ter dinheiro para gastos de capital, a empresa precisa acumular lucros ou pedir dinheiro emprestado. Para emprestar dinheiro para gastos de capital, a empresa deve ter um registro de lucro ano após ano, ou a taxa de juros será maior, devido ao risco adicional que o banco corre ao emprestar dinheiro para a empresa. Como os Gastos de Capital normalmente envolvem grandes somas de dinheiro, a empresa tem de planejar com antecedência e confiar que o investimento irá gerar lucro suficiente para pagar a dívida

contraída. Por essa razão, os Gastos de Capital são frequentemente planejados para um ano ou mais depois da obtenção de lucros.

O Custo de Capital total envolve uma combinação do valor do dinheiro retido no negócio depois das despesas e dos impostos (Patrimônio Total), o valor dos empréstimos existentes (Dívida Total), a quantia que os acionistas esperam ganhar sobre seus investimentos (Custo de Patrimônio) e a quantia que a empresa deve pagar para emprestar dinheiro e investir no negócio (Custo da Dívida). Quase sempre o Custo de Capital é usado como o Retorno sobre o Investimento (ROI) mínimo para um projeto. Esses números variam enormemente, dependendo de como uma empresa é financiada, mas geralmente o Custo de Capital é de cinco a dez pontos percentuais maior do que os juros que o banco cobraria.

O custo do dinheiro usado para investir em novos equipamentos ou atualizações não é apenas o custo do dinheiro emprestado pelo banco (**Equação 31.1**). Quanto maior o risco do investimento, maior será o retorno que a empresa deverá ter para justificar o gasto do dinheiro.

O Custo do Capital é normalmente um custo médio estabelecido para toda a empresa por seu departamento financeiro. Ele não deve ser confundido com as exigências da empresa para projetos individuais, normalmente denominadas ROI ou Retorno. O valor do ROI exigido em uma determinada empresa normalmente pode variar de 10 a 33%. Um grande investimento de longo prazo, como um novo sistema completo de transportador de correia, normalmente terá uma exigência de ROI na extremidade mais baixa do intervalo. As melhorias nos transportadores para que sejam eliminados o pó e o derramamento normalmente possuem um ROI bastante alto, talvez exceda os 100% (**Equações 31.2-4**). Em outras palavras, espera-se que esses investimentos se paguem em menos de um ano (**Tabela 31.1**).

$CC = \left(\frac{TE}{TE + TD} \square CE \right) + \left(\frac{TD}{TE + TD} \square CD \square (1 - T) \right)$		
Dado: Uma empresa vale US\$ 2.000.000 e deve US\$ 500.000 a 8%. O acionista espera um patrimônio de 15%, e o índice de imposto da empresa é de 35%. Calcule: O custo total de capital.		
CC	Custo de Capital	Porcentagem
TE	Patrimônio Total	2.000.000
TD	Total de Dívidas	500.000
CE	Custo do Patrimônio	0,15 (15%)
CD	Custo da Dívida	0,08 (8%)
T	Índice de Imposto da Empresa	0,35 (35%)
$CC = \left(\frac{2.000.000}{2.000.000 + 500.000} \square 0,15 \right) + \left(\frac{500.000}{2.000.000 + 500.000} \square 0,08 \square (1 - 0,35) \right) = 0,13$		
CC	Custo do Capital	0,13 (13%)

Equação 31.1

Cálculo do custo de capital.

$ROI = \frac{TPS}{TPC}$		
Dado: Um projeto irá economizar US\$ 10.000 e irá custar US\$ 25.000. Calcule: O retorno sobre o investimento.		
ROI	Retorno sobre Investimento	Porcentagem
TPS	Total Economias Projeto	10.000
TPC	Total Custos Projeto	25.000
$ROI = \frac{10.000}{25.000} = 0,4$		
ROI	Retorno sobre Investimento	0,4 (40%)

Equação 31.2

Cálculo do retorno sobre o investimento.

$ROI(\text{anos}) = \frac{1}{ROI}$		
Dado: Um projeto tem um retorno sobre o investimento de 40% (0,4). Calcule: A quantidade de anos necessários para obter o retorno sobre o investimento.		
ROI(anos)	Retorno sobre o Investimento em Anos	anos
ROI	Retorno sobre o Investimento em Percentual (Decimal)	0,4
$ROI(\text{years}) \frac{1}{0,4} = 2,5$		
ROI(years)	Retorno sobre o Investimento em Anos	2,5 anos

Equação 31.3

Cálculo do retorno sobre o investimento em anos.

$ROI(\text{meses}) = \frac{12}{ROI}$		
Dado: Um projeto possui um retorno sobre o investimento de 40% (0,4). Calcule: A quantidade de meses necessários para obter o retorno sobre o investimento.		
ROI(meses)	Retorno sobre o Investimento em Meses	meses
ROI	Retorno sobre o Investimento em Percentual (Decimal)	0,4
$ROI(\text{months}) \frac{12}{0,4} = 30$		
ROI(meses)	Retorno sobre o Investimento em Meses	30 meses

Equação 31.4

Cálculo do retorno sobre o investimento em meses.

Tabela 31.1

Conversões de ROI		
ROI	Retorno Anos	Retorno Meses
10%	10,0	120,0
20%	5,0	60,0
30%	3,3	40,0
40%	2,5	30,0
50%	2,0	24,0
60%	1,7	20,0
70%	1,4	17,1
80%	1,3	15,0
90%	1,1	13,3
100%	1,0	12,0

CALCULANDO O ROI

Dados Necessários para Calcular o ROI do Projeto

É difícil justificar um projeto ou provar que ele tem um ROI aceitável se os custos de operação do sistema não forem registrados. Existem dúzias de parâmetros que podem ser medidos para justificar um projeto; nem todos os números de custo e de produção precisam ser coletados. Dados de uma lista de dados comuns podem ser usados para justificar os projetos de controle de pó e derramamento nos sistemas de transportador de correia (**Tabela 31.2**).

Ter esses números como “números impressos” – as despesas reais e as oportunidades perdidas – fornece a munição necessária para justificar os projetos de melhoria.

Tabela 31.2

Dados Usados nos Cálculos do ROI	
Dados	Unidades
Administrativos/Operacionais	
Custo de conformidade: manter registros e relatórios	moeda
Prêmios de seguros de saúde e de passivos aumentam	moeda
Vida útil do equipamento reduzida	moeda
Multas de segurança/ambientais	moeda
Custos legais	moeda
Custos energia	moeda
Custo de descarte de refugo	moeda
Produção	
Rendimento: por hora, dia, semana ou mês	toneladas (st)
Tempo de produção	horas
Custo por tonelada de material a granel	moeda/ton (st)
Custo do tempo ocioso	moeda/hora
Limpeza manual (em média 1 ton por hora)	Custo de mão de obra/hora
Limpeza máquina (em média 5 tons por hora)	Custo de mão de obra e máquina/hora
Perda de produto devido ao pó ou ao derramamento	O normal é de 0,5% a 3% do índice de produção
Segurança (Referência 31.2)	
Custo de incidente registrável	moeda
Custo do tempo perdido devido a incidente	moeda
Manutenção	
Nova instalação: Custo estimado para mão de obra e materiais	moeda
Ajuste: Custo estimado de mão de obra por ajuste	moeda
Peças de substituição: Custo das peças e de mão de obra	moeda
Desgaste do equipamento: Custo da correia e de materiais resistentes ao uso	moeda

Registros precisos e oportunos são essenciais para verificar o desempenho e justificar as despesas. Sem manter registros, tudo que resta são argumentos sem fatos, que, com frequência, geram oportunidades perdidas e desempenho abaixo da média.

Usando o ROI para Justificar o Equipamento

Cada fábrica possui prioridades e expectativas distintas com relação ao tratamento de seu sistema de manuseio de material a granel. Enquanto uma fábrica pode estar lidando com um material seco, de fluxo livre, uma segunda operação pode estar lidando com um material úmido e aderente, e uma terceira fábrica pode estar lidando com materiais que possam expor seus funcionários a riscos à saúde e a empresa a violações ambientais, a multas, à compensação à comunidade e a custos médicos significativos. Da mesma forma que as fábricas possuem diferentes tipos de materiais manuseados, elas também possuem diferentes práticas contábeis, estilos de gerenciamento e procedimentos de manutenção. O processo de determinar quanto investir e em qual sistema pode variar bastante de empresa para empresa.

Entretanto, se a manutenção de registros for precisa, existem abordagens racionais a serem levadas em conta para os projetos que melhoram o manuseio de materiais a granel, como, por exemplo, através do controle de pó, de derramamento e do material residual. A seguir temos um exemplo de como determinar economicamente a quantidade correta de investimento em sistemas de limpeza da correia.

Uma Amostra de Cálculo: Avaliando o ROI dos Raspadores de Correia

O sucesso de uma operação, ao eliminar o material residual, pode ser categorizado em “níveis” arbitrários. Como alcançar esses níveis será determinado por uma medida de quantidade de material residual remanescente em uma área determinada (normalmente, um metro quadrado) da correia. Para fins dessa discussão, a linha de base para material residual remanescente na correia (ou “Nível 0”) seria de mais de 250 gramas de material por metro quadrado.

A limpeza de Nível I seria definida como permitindo de 101 a 250 gramas de material remanescente por metro quadrado da correia.

Um sistema comum de limpeza da correia para alcançar o Nível I de limpeza seria um raspador primário único ou um raspador secundário do tipo lâmina.

A limpeza de Nível II é definida como permitindo de 11 a 100 gramas de material remanescente por metro quadrado da correia. Um sistema de limpeza comum para alcançar esse nível de material residual seria um sistema de raspadores customizado, composto de um pré-raspador com um raspador secundário e, em alguns casos, um raspador terciário.

A limpeza de Nível III é definida como permitindo níveis de material residual entre 0 e 10 gramas por metro quadrado da correia. Um sistema de limpeza que possa alcançar esse nível de desempenho, em circunstâncias normais, seria um sistema de lavagem da correia envolvendo uma ou mais barras de pulverizadores de água, vários conjuntos de limpeza e um método de remoção do excesso de umidade da correia. Esses sistemas mais complicados ou mais sofisticados atingem um nível de desempenho aperfeiçoado; sua aquisição é mais cara, bem como sua manutenção.

Conforme uma empresa aumenta seus gastos com raspadores de correia, seus custos para limpar o material fugitivo (o material residual liberado pela correia) irão diminuir. A relação entre a aquisição (e manutenção) de sistemas de limpeza e os custos de limpeza necessários pode ser colocada em um gráfico (**Figura 31.2**). Em algum ponto, o custo de raspadores adicionais irá exceder as economias alcançadas ao reduzir a despesa de limpeza. O ponto de equilíbrio será o ponto onde a curva do Custo de Limpeza intercepta a curva do Custo de Investimento no Sistema de Limpeza da Correia e do Custo de Manutenção.

O ponto de benefício econômico ótimo nesse exemplo é próximo ao desempenho de limpeza de Nível II. Toda vez que o nível de material residual desejado diminui ou aumenta a eficácia da limpeza, dois custos relacionados a ela serão afetados: o custo de investimento aumenta enquanto o custo para limpar o material residual diminui. Conforme uma empresa aumenta os gastos em raspadores de correia, seus custos de limpeza devem diminuir. O material residual pode ser suprimido até chegar a quase zero, mas o investimento

em um sistema de limpeza da correia para fazer isso pode ser maior do que pode ser justificado, devido ao custo total de instalar, manter e operar o sistema. Em algum ponto, o custo do investimento em raspadores de correia adicionais é maior do que as economias resultantes da redução de despesas para limpar o material residual. Consequentemente, adicionar raspadores de correia além desse ponto, com base apenas nesse cálculo do ROI, pode ser uma decisão ruim.

Pode haver uma análise similar do custo *versus* benefícios, realizada para manutenção e ajuste dos sistemas de limpeza da correia. O desempenho da limpeza será melhor cada vez que as lâminas de limpeza forem limpas e novamente tensionadas com relação à correia; entretanto, em algum ponto ao longo da linha, o custo de mão de obra será maior do que o valor da melhora do desempenho. Como exemplo, o benefício da inspeção e ajuste semanal dos sistemas de limpeza pode se pagar, enquanto que o custo de mão de obra para ajuste em todos os turnos, programado para todos os dias, pode ser que não se pague.

É claro que essa é uma avaliação puramente econômica dos benefícios das melhorias nos sistemas de limpeza da correia. Ela não inclui nenhuma variável de saúde, segurança ou problemas de relacionamento com a comunidade. Não há uma resposta universal para essas questões. O equilíbrio entre saúde e segurança, custos de manutenção e retorno sobre o investimento deve ser avaliado e otimizado para cada fábrica.

ROI em Melhorias Relacionadas à Segurança

Acidentes são normalmente vistos como sendo contusões, cortes e ossos quebrados, mas os efeitos sobre a saúde devido à exposição,

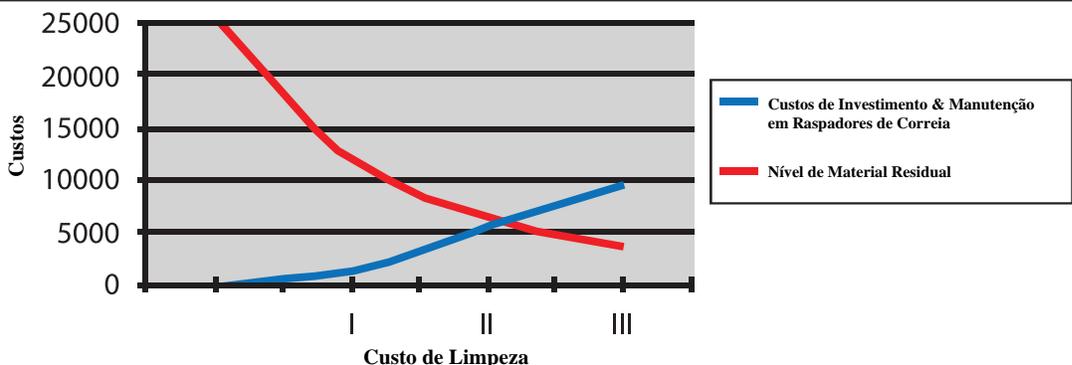
a longo prazo, ao pó e ao derramamento de material podem ser ainda mais significativos. Com uma força de trabalho mundial de 2,8 bilhões de trabalhadores, estima-se que ocorram 270 milhões de acidentes com tempo perdido e 2,2 milhões de acidentes fatais relacionados ao trabalho, por ano. Doenças ocupacionais acrescentam outras 160 milhões de incapacidades a longo prazo. Estima-se que 95% desses acidentes e doenças ocorrem em economias emergentes, como o Brasil. (Referência 31.3).

Excluindo danos à propriedade, o custo médio de todos os acidentes com tempo perdido nos locais de trabalho e doenças ocupacionais nas economias de mercado estabelecidas é de aproximadamente US\$ 35.500 por incidente. Para as economias emergentes, o custo médio por acidente com tempo perdido é de aproximadamente US\$ 4.700. O custo desses incidentes nas economias de mercado estabelecidas para um acidente fatal é de aproximadamente US\$ 1 milhão. Não existem estimativas confiáveis sobre o custo de um acidente fatal no local de trabalho nos mercados emergentes, mas, se a proporção entre acidentes com tempo perdido nas economias estabelecidas e nas economias emergentes forem mantidos, um acidente fatal nas economias emergentes poderia custar US\$ 132.500.

Esses valores representam os custos totais, diretos e indiretos para a empresa. Tais valores, junto com os custos por danos à propriedade e por danos ambientais, podem ser usados nos cálculos do ROI de uma empresa, para ajudar a justificar as melhorias em segurança e nas condições de trabalho, relacionadas ao controle do material fugitivo.

Mas eles não representam o custo para os trabalhadores e seus familiares, que é

Figura 31.2
Custos comuns e parâmetros de produção relacionados aos projetos para controle de pó e de derramamento versus custo de limpeza.



frequentemente três vezes maior, em termos de perdas salariais, custos não reembolsados e incapacidade de retornar ao mesmo nível de trabalho. Pode ser fácil racionalizar o baixo custo de um acidente para uma empresa, em um país em desenvolvimento, comparado ao custo nos países desenvolvidos. Entretanto, isso ignora o custo do sofrimento humano e o fato de que qualquer empresa pode se beneficiar por ser mais produtiva do que seus concorrentes locais.

Já se argumentou que os países em desenvolvimento não podem arcar com os custos de uma postura que considere a “saúde e a segurança em primeiro lugar” — que as nações emergentes devem fazer qualquer coisa para gerar renda e se tornarem economicamente viáveis e/ou competitivas. Isso coloca a segurança em último lugar, uma questão a ser considerada apenas depois que o país se tornar competitivo no mercado.

Entretanto, os dados mostram algo diferente. Em 2003, a Organização Internacional do Trabalho (OIT) de Genebra relatou pesquisas sugerindo que os países com maior índice de segurança no trabalho também são os mais competitivos. Observando que os países mais competitivos também são os mais seguros, um relatório emitido em 2005, Trabalho Decente – Trabalho Seguro, do Congresso Mundial sobre Segurança e Saúde no Trabalho, afirma: “Não existe nenhuma evidência de que qualquer país tenha se beneficiado com baixos níveis de segurança e saúde”. O relatório continua: “Uma estratégia baseada em baixos níveis de segurança não gera maior competitividade ou sustentabilidade” (*Referência 31.3*).

O relatório da OIT, A Segurança em Números: Indicadores para uma Cultura Global de Segurança, lista uma série de efeitos decorrentes de uma política ruim de saúde e segurança no resultado financeiro de uma empresa (*Referência 31.2*). Esses efeitos incluem:

- A. Alta taxa de absenteísmo e mais tempo ocioso, acarretando perda de produtividade.
- B. Subutilização de fábricas de produção dispendiosas, e uma possível queda na economia de escala.
- C. Moral baixo, levando à perda de produtividade.
- D. Perda de empregados capacitados e

experientes, bem como do investimento feito pela empresa no treinamento desses empregados.

- E. Dificuldade em recrutar empregados altamente qualificados.
- F. Pagamento de indenização e/ou perdas e danos a trabalhadores que tenham sofrido lesões ou a dependentes de trabalhadores mortos.

Além disso, as empresas arcam com:

- A. Os custos legais relacionados.
- B. Pagamento de adicionais de periculosidade.
- C. Altos prêmios de seguros.
- D. Danos materiais ou à propriedade devido a incidentes e acidentes.
- E. Multas.
- F. Discussões com sindicatos, autoridades públicas e/ou residentes locais.
- G. Perda de imagem.
- H. Redução nas vendas.

Em alguns casos, o custo pode ser a perda total ou parcial da “licença de funcionamento” da empresa.

Quando se trata de competitividade, todas as empresas podem se beneficiar por serem mais produtivas do que seus concorrentes locais. A segurança é parte essencial para ser competitivo.

MEDINDO MATERIAIS FUGITIVOS

Quantidade e Qualidade

Sem as duas informações, tanto as qualitativas como as quantitativas, a discussão sobre a eficácia dos esforços para controlar o material fugitivo se converte em um debate fútil baseado em opiniões, e não em fatos. Medidas da quantidade de material fugitivo coletado oferecem fortes evidências da natureza dos problemas específicos de uma operação, e funcionam como avaliações que capturam a verdadeira quantidade de material perdido, testando o sistema antes e depois que os projetos de melhoria são instalados.

O(s) tipo(s) de material(is) fugitivo(s) visto(s) em uma operação de manuseio de material a granel pode(m) ser determinado(s) normalmente pelo tamanho das partículas no material a granel e pela forma da pilha

do material. O pó é composto por partículas muito pequenas que tendem a ser transportadas pelo ar e se acumular ao cobrir uma área. O derramamento, em geral, tem forma granular, representando o tamanho médio da partícula do material a granel transportado, e se acumula em pilhas de formato cônico, com uma inclinação igual ao ângulo de repouso do material a granel. Em alguns casos, o furo através do qual o derramamento vaza age como uma tela, e a pilha de material derramado terá um tamanho uniforme. Em outros, o processo cria uma separação por tamanho de partículas, através do fluxo de ar ou da gradação.

Enquanto medir o derramamento é um processo relativamente direto, determinar a origem do material fugitivo normalmente é um trabalho de investigação. É importante fazer uma pesquisa quando se estiver procurando pela origem de um derramamento e tentar deduzir de onde o material pode ter se originado. Se não houver uma origem clara, pode ser que o derramamento seja causado por um problema operacional, como um chute ligado, uma correia desalinhada ou sobrecarregada, ou um problema de manutenção, como um indicador com defeito.

Além das informações quantitativas, podem haver ocasiões em que apenas as medições sejam insuficientes para indicar a natureza do problema, ou para representar a quantidade de melhorias necessárias ou alcançadas. Nesses casos, tem-se a oportunidade de usar padrões qualitativos. Entretanto, para serem eficazes e úteis, esses padrões devem ser definidos previamente e sujeitos a um sistema de pontuação versátil e bem intencionado.

A Escala dos Materiais Fugitivos

Faz parte da natureza humana esquecer quais eram as condições no passado e, inconscientemente, mudar a definição do que é aceitável. Uma escala de materiais fugitivos é um sistema de avaliação que utiliza valores pontuais predeterminados e fotografias comparativas de uma operação ou instalação específica, como padrão de avaliação. Uma escala estabelece um índice que atribui valores ao desempenho do sistema no controle de materiais fugitivos. Ela exige a atribuição de pontos para o controle de pó, derramamento e material residual em um determinado sistema, usando um sistema de pontuação

preestabelecido, específico para a operação.

Ao utilizar essas pontuações, uma operação pode avaliar o desempenho do seu equipamento (e dos seus fornecedores) em obter o controle dos materiais fugitivos.

Uma escala, combinada com os dados quantitativos coletados sobre taxas de produção, custos de manutenção e segurança do trabalhador, pode ser usada para preparar uma avaliação abrangente dos esforços da gerência em relação a um processo contínuo de aperfeiçoamento.

Sistema de Pontuação

O sistema de pontuação sugerido é baseado na comparação entre as inspeções visuais e uma série de condições, divididas em categorias e ilustradas com fotos relevantes. Cada categoria recebe uma pontuação numérica com um determinado peso. A gerência estabelece o peso, a fim de concentrar os esforços em um problema específico. O total de todas as pontuações numéricas fornece uma classificação geral, enquanto uma lista da pontuação por categoria fornece um meio de dividir o problema em origens administráveis do material fugitivo.

Cada operação de manuseio de material deve estabelecer seu próprio sistema de pontuação, com base no que é aceitável, e usar fotos reais da fábrica para a pontuação do sistema de desempenho.

Definição da Escala Swinderman

A Escala Swinderman de Materiais Fugitivos, detalhada a seguir é uma tentativa de desenvolver esse sistema de pontuação.

O material apresentado pretende ser uma amostra ou demonstração dessa escala. Cada operação desenvolve sua própria escala de pontuação, para sua situação específica, e utiliza essa escala para medir a melhoria do desempenho em um período.

A escala pode ser revisada periódica ou, talvez anualmente, aumentando as exigências para dar suporte ao processo de aperfeiçoamento contínuo, conforme a limpeza vá melhorando. O sistema de pontuação e as metas não devem ser alterados com muita frequência, ou não será possível avaliar o

progresso alcançado.

A seguir, uma definição desse sistema.

Pó

Definição: partículas de material fugitivo suficientemente pequenas para serem transportadas pelo ar, normalmente com diâmetros menores do que 10 microns. O pó geralmente se distribui igualmente por uma área e pode ser emitido por qualquer fonte do processo.

Nível D1: Excessivamente Empoeirado _____ pontos (**Figura 31.3**).

- Mais de 10 miligramas de pó por metro cúbico.
- Opacidade maior do que 31%.
- Visibilidade menor do que 15 metros (50 pés) através do pó.
- Não é possível respirar sem respirador.
- Olhos constantemente irritados e lacrimejantes.

Nível D2: Empoeirado _____ pontos (**Figura 31.4**).

- 1,2 a 10 miligramas de pó por metro cúbico.
- Opacidade de 11 a 30%.
- Visibilidade menor do que 50 metros (150 pés) através do pó.
- Possibilidade de irritação da boca e/ou do nariz com um pouco de dificuldade de respirar.

Nível D3: Sem Pó _____ pontos (**Figura 31.5**).

- Menos de 1,2 miligramas de pó por metro cúbico.
- Opacidade de 0 a 10%.
- Visibilidade maior do que 100 metros (300 pés) através do pó.



Figura 31.3

Classificado como D1 – excessivamente empoeirado



Figura 31.4

Classificado como D2 – empoeirado.



Figura 31.5

Classificado como D3 – sem pó.

Figura 31.6

Classificado como S1 – derramamento excessivo



Derramamento

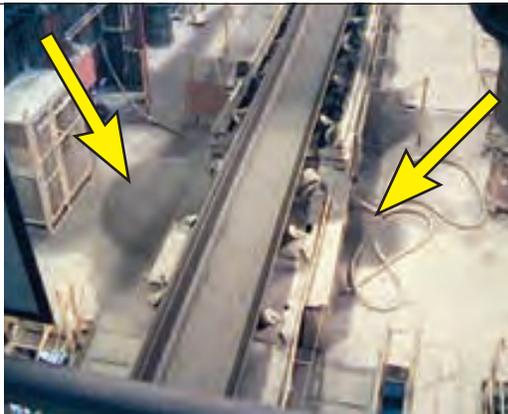
Definição: material que escapa do equipamento, do processo ou de uma correia do transportador, para locais indesejados. O derramamento normalmente é de natureza granular, e típico da distribuição do tamanho do material a granel. Normalmente se acumula próximo a e/ou abaixo da origem do vazamento.

Nível S1: Derramamento Excessivo _____ pontos (**Figura 31.6**).

- Precipitação constante de material, a partir dos vazamentos nos chutes e nos equipamentos do processo, fazendo com que as passarelas e os equipamentos fiquem soterrados.
- Acúmulos semanais de mais de 2 toneladas de material fugitivo.
- Dificuldade de se andar junto ao equipamento ou nas passarelas do transportador.
- As partículas se alojam nos olhos, ouvidos e no nariz.
- Necessária limpeza manual constante para manter a produção.

Figura 31.7

Classificado como S2 – derramamento frequente.



Nível S2: Derramamento Frequente _____ pontos (**Figura 31.7**).

- Camadas de derramamento sem fonte imediatamente identificável, ou repetidos erros de operação.
- Acúmulos semanais de até 2 toneladas de material fugitivo.
- Existe alguma dificuldade em se andar nas passarelas e entre o material acumulado.
- É necessária uma limpeza manual a cada 1 ou 2 semanas.

Figura 31.8

Classificado como S3 – sem derramamento.



Nível S3: Sem Derramamento _____ pontos (**Figura 31.8**).

- Derramamento que é resultado de um tombamento ocasional do processo ou de manutenção intencionalmente postergada.
- Caracteriza-se por não formar cascalho ou grânulos devido à acumulação de material.
- Requer limpeza manual ocasional.

Material Residual

Definição: material fugitivo que adere à correia depois que esta descarregou sua carga. Caracteriza-se por pilhas de material fino, úmido, ou de flocos secos abaixo dos roletes de retorno e do alinhador da correia; acúmulo de material nas polias de curva e outros componentes. O material residual é uma possível fonte de pó.

Nível C1: Sujo _____ pontos
(Figura 31.9).

- De 101 a 250 gramas por metro quadrado de material residual na superfície da correia (Limpeza de Nível I) (Para referência: $1,0 \text{ g/m}^2 = 0,003 \text{ onças/pés}^2$).
- Caracteriza-se por uma camada de material de 0,5 a 1 milímetro (0,02 a 0,04 pol.) de espessura na correia.
- O material se acumula abaixo dos roletes.
- Necessita de limpeza pelo menos uma vez por semana.
- Adequado para operações de mineração com molde aberto, nas quais se utiliza limpeza mecanizada.
- Pode ser alcançado por um sistema de limpeza da correia único ou duplo.

Nível C2: Limpo _____ pontos
(Figura 31.10).

- De 11 a 100 gramas por metro quadrado de material residual na superfície da correia (Limpeza de Nível II).
- Parece uma película ou camadas de material residual na correia, descolorindo levemente a superfície.
- Pequena quantidade de material acumulado abaixo dos roletes de retorno – pode estar na forma de flocos.
- Necessita de limpeza manual de 2 a 4 vezes por mês.
- Adequado para a maioria das aplicações de transporte de material a granel.
- Pode ser alcançado com um sistema de limpeza da correia duplo ou triplo.

Nível C3: Muito Limpo _____ pontos
(Figura 31.11).

- De 0 a 10 gramas por metro quadrado de



Figura 31.9

Classificado como
C1 – sujo



Figura 31.10

Classificado como
C2 – limpo



Figura 31.11

Classificado como
C3 – muito limpo

material residual na superfície da correia (Limpeza de Nível III).

- Caracteriza-se por uma correia levemente úmida na maior parte, com pouca ou nenhuma camada de material residual.
- Necessita de limpeza manual menos de uma vez por mês.
- Normalmente requer o uso de pulverizadores de água e uma caixa de lavagem para alcançar esse nível de forma consistente.

A fábrica deve determinar o número máximo de pontos possível para todas as categorias especificadas, depois de revisar suas metas de controle do material fugitivo e incluir os valores dos pontos no formulário (**Tabela 31.3**).

Amostra do Procedimento da Escala de Swinderman: Procedimento da Empresa Happy

Procedimento

A meta é reduzir a quantidade de limpeza necessária e satisfazer às exigências legais relativas ao pó. A gerência seleciona uma área para monitoramento do desempenho. A gerência e um fornecedor de serviços de manutenção se reúnem para estabelecer o peso dos três elementos: pó, derramamento e material residual. (**Tabela 31.4**).

Nesse exemplo, os supervisores de produção e manutenção da Empresa Happy desenvolvem, em conjunto, as definições e os níveis de desempenho para sua operação, com base nos problemas existentes e nos resultados desejados. Uma vez por mês eles inspecionam a área como uma equipe e graduam as condições ambientais para atribuir pontuações que espelhem o desempenho do sistema de manuseio de materiais. O material residual recebe o maior peso, com valor de até 60 pontos para uma operação limpa. Consequentemente, as melhorias no controle de material residual serão exibidas como uma grande melhoria na pontuação geral.

Pesquisa de Base

A gerência e o fornecedor de serviços de manutenção fazem uma excursão pela área e tiram fotografias representativas. Essas fotos fornecem uma escala de comparação visual que vai de Aceitável a Não Aceitável. Estabelece-se uma classificação inicial, e um plano de melhorias é implantado. Na pesquisa realizada antes de qualquer melhoria do sistema, as operações de manuseio de material da Empresa Happy foram classificadas com uma pontuação igual a 15 (**Tabela 31.5**). Essa pontuação reflete uma fábrica empoeirada com problemas de derramamento e de material residual significativos.

Pesquisa no 1º Mês

Depois de 30 dias, a Empresa Happy melhorou seu desempenho para uma pontuação igual a 45 (**Tabela 31.6**). A instalação de sistemas de limpeza da correia melhorou o desempenho da limpeza, aumentando a classificação de material residual de Sujo para Limpo. A fábrica ainda está avaliada como Empoeirada com Derramamento Excessivo.

Pesquisa no 2º Mês

Depois de 60 dias, a Empresa Happy melhorou seu desempenho para uma pontuação igual a 60 (**Tabela 31.7**). As melhorias nos sistemas de manuseio de materiais melhoraram o nível de derramamento de Derramamento Excessivo para Derramamento Frequente. Pó e Derramamento ainda permanecem nos mesmos estágios em que estavam durante a pesquisa anterior.

Pesquisa no 3º Mês

Depois de 90 dias, a Empresa Happy melhorou seu desempenho para uma pontuação igual a 70 (**Tabela 31.8**). O Pó e o derramamento foram eliminados, e o material residual foi reduzido a níveis aceitáveis com a instalação de sistemas múltiplos de limpeza.

Resultados da Empresa Happy

Ao comparar a pontuação de base com os resultados obtidos nesse ínterim, pode-se deduzir que o primeiro problema a ser abordado foi o do material residual, em seguida, o do derramamento e, finalmente, o do pó. Observando a pontuação final, parece que a meta inicial foi alcançada, mas ainda é possível realizar melhorias adicionais. Fotos que documentam o novo nível de desempenho são tiradas e submetidas à análise, junto com o padrão original, como evidência de desempenho superior.

Formulário de Pontuação da Escala Swinderman						
Sistema de Pesos para Área de Pontuação _____ de Emissões de Material Fugitivo						
Nível	Descrição	Classificação				
		Pontos Escala	Base Data: ____	30 Dias Data: ____	60 Dias Data: ____	90 Dias Data: ____
D1	Excessivamente Empoeirado					
D2	Empoeirado					
D3	Sem Pó e de Acordo com os Limites Legais					
S1	Derramamento Excessivo e Contínuo					
S2	Derramamento Frequente					
S3	Sem Derramamento ou com Derramamento Ocasional					
C1	Sujo					
C2	Limpo					
C3	Muito Limpo					
PONTUAÇÃO TOTAL		100				

Tabela 31.3

Quanto maior a pontuação, melhor o desempenho. Máxima pontuação possível = 100; mínima = 0.

Formulário de Pontuação da Escala Swinderman (Com os Pesos Atribuídos pela Gerência)						
Sistema de Pesos para Área de Pontuação <u>Acionador</u> Emissões de Material Fugitivo						
Nível	Descrição	Classificação				
		Pontos Escala	Base Data: 23 Maio	30 Dias Data: 23 Jun.	60 Dias Data: 23 Jul.	90 Dias Data: 23 Agos.
D1	Excessivamente Empoeirado	20				
D2	Empoeirado					
D3	Sem Pó e de Acordo com os Limites Legais					
S1	Derramamento Excessivo e Contínuo	20				
S2	Derramamento Frequente					
S3	Sem Derramamento ou com Derramamento Ocasional					
C1	Sujo	60				
C2	Limpo					
C3	Muito Limpo					
PONTUAÇÃO TOTAL		100				

Tabela 31.4

Quanto maior a pontuação, melhor o desempenho. Máxima pontuação possível = 100; mínima = 0.

Tabela 31.5

Pesquisa de Base						
Sistema de Pesos para Área de Pontuação Acionador 1 de Emissões de Material Fugitivo						
Nível	Descrição	Classificação				
		Pontos Escala	Base Data: 23 Maio	30 Dias Data: 23 Jun.	60 Dias Data: 23 Jul.	90 Dias Data: 23 Agos.
D1	Excessivamente Empoeirado	20	15			
D2	Empoeirado					
D3	Sem Pó e de Acordo com os Limites Legais					
S1	Derramamento Excessivo e Contínuo	20	0			
S2	Derramamento Frequente					
S3	Sem Derramamento ou com Derramamento Ocasional					
C1	Sujo	60	0			
C2	Limpo					
C3	Muito Limpo					
PONTUAÇÃO TOTAL		100	15			

Quanto maior a pontuação, melhor o desempenho. Máxima pontuação possível = 100; mínima = 0.

Resultados da Pesquisa de Base			
Área	Acionador 1	Classific.	D2, S1, C1
Data	23/5	Pontuação	15

Tabela 31.6

Pesquisa 1o Mês						
Sistema de Pesos para Área de Pontuação Acionador 1 de Emissões de Material Fugitivo						
Nível	Descrição	Classificação				
		Pontos Escala	Base Data: 23 Maio	30 Dias Data: 23 Jun.	60 Dias Data: 23 Jul.	90 Dias Data: 23 Agos.
D1	Excessivamente Empoeirado	20	15	15		
D2	Empoeirado					
D3	Sem Pó e de Acordo com os Limites Legais					
S1	Derramamento Excessivo e Contínuo	20	0	0		
S2	Derramamento Frequente					
S3	Sem Derramamento ou com Derramamento Ocasional					
C1	Sujo	60	0	30		
C2	Limpo					
C3	Muito Limpo					
PONTUAÇÃO TOTAL		100	15	45		

Quanto maior a pontuação, melhor o desempenho. Máxima pontuação possível = 100; mínima = 0.

Resultados da Pesquisa 1º Mês			
Área	Acionador 1	Classific.	D2, S1, C2
Data	26/3	Pontuação	45

Pesquisa 2o Mês						
Sistema de Pesos para Área de Pontuação Acionador 1 de Emissões de Material Fugitivo						
Nível	Descrição	Classificação				
		Pontos Escala	Base Data: 23 Maio	30 Dias Data: 23 Jun.	60 Dias Data: 23 Jul.	90 Dias Data: 23 Agos.
D1	Excessivamente Empoeirado	20	15	15	15	
D2	Empoeirado					
D3	Sem Pó e de Acordo com os Limites Legais					
S1	Derramamento Excessivo e Contínuo	20	0	0	15	
S2	Derramamento Frequente					
S3	Sem Derramamento ou com Derramamento Ocasional					
C1	Sujo	60	0	30	30	
C2	Limpo					
C3	Muito Limpo					
PONTUAÇÃO TOTAL		100	15	45	60	

Tabela 31.7

Quanto maior a pontuação, melhor o desempenho. Máxima pontuação possível = 100; mínima = 0.

Resultados da Pesquisa 2º mês			
Área	Acionador 1	Classific.	D2, S2, C2
Data	23/7	Pontuação	60

Pesquisa 3o Mês						
Sistema de pesos para Área de Pontuação Acionador 1 de Emissões de Material Fugitivo						
Nível	Descrição	Classificação				
		Pontos Escala	Base Data: 23 Maio	30 Dias Data: 23 Jun.	60 Dias Data: 23 Jul.	90 Dias Data: 23 Agos.
D1	Excessivamente Empoeirado	20	15	15	15	20
D2	Empoeirado					
D3	Sem Pó e De Acordo com os Limites Legais					
S1	Derramamento Excessivo e Contínuo	20	0	0	15	20
S2	Derramamento Frequente					
S3	Sem Derramamento ou com Derramamento Ocasional					
C1	Sujo	60	0	30	30	30
C2	Limpo					
C3	Muito Limpo					
PONTUAÇÃO TOTAL		100	15	45	60	70

Tabela 31.8

Quanto maior a pontuação, melhor o desempenho. Máxima pontuação possível = 100; mínima = 0.

Resultados da Pesquisa 3º Mês			
Área	Acionador 1	Classific.	D3, S3, C2
Data	23/8	Pontuação	70

MEDINDO A EFICIÊNCIA

O manuseio de materiais a granel é um processo; portanto, muitas das medições feitas para calcular o desempenho não são valores absolutos, e sim pontos de dados individuais em um quadro de controle de processo estatístico. A maioria dos resultados desse processo de controle de material fugitivo, como pó e a coleta ou raspagem da correia, segue uma curva em sino clássica. Consequentemente, em alguns momentos, os resultados estão acima da média; em outros momentos, eles estão abaixo da média. Além disso, também é incomum a remoção de 100% do pó ou material residual sem gastos extraordinários ou sem consequências indesejadas, tais como a raspagem da correia de tal maneira que parte da sua cobertura superior seja removida.

Já que o controle de materiais fugitivos é um processo contínuo, quanto mais pontos de dados forem obtidos, mais representativos serão os resultados. Portanto, é melhor considerar os resultados de todos os transportadores, ao invés de apenas um, para avaliar o desempenho contínuo da indústria na redução de pó e derramamento.

De maneira semelhante, é impreciso se referir à eficiência como um valor que se aplica a qualquer condição do transportador, gramas por metro quadrado de material ou as

propriedades do material a granel. A resposta é que tudo é relacionado ao material a granel em particular e à condição do equipamento, e não é necessariamente uma função do *design* do raspador de correia. Se um raspador de correia for avaliado com 90% de eficiência na remoção de uma camada de material residual, a camada remanescente deve ter espessura de 100 milímetros (4 polegadas) ou 1 milímetro (0,04 polegadas) de espessura.⁹ Ambos podem ser considerados 90% eficientes, mas o custo de limpeza e problemas operacionais serão radicalmente diferentes. Seria melhor ter um raspador que removesse o material residual a uma espessura de 0,1 milímetros (0,004 polegadas) ao invés da marca abstrata de 90% de eficiência.

Devido ao grande número de variáveis no manuseio de materiais a granel – tanto nos próprios materiais a granel como na condição dos transportadores – é física, financeira e estatisticamente impossível reduzir as emissões fugitivas a zero em um longo período de tempo. Em muitas operações, um desempenho da raspagem aceitável compreende a contenção de material fugitivo em um nível de controle que exija limpeza uma vez por semana, sem causar problemas de segurança ou perda na produção.

Tabela 31.9

Declaração de Lucros e Perdas (com Limpeza de Nível II)			
Declaração de Lucros e Perdas da Empresa Happy para o Período de 1º de Janeiro a 31 de Dezembro		Moeda USD	% de Vendas
Rendimentos	Vendas	\$1.000.000	100%
	Total de rendimentos	\$1.000.000	100%
Custo dos Bens Vendidos	Mão de Obra de Produção	\$250.000	25%
	Materiais de Produção	\$150.000	15%
	Custo Total dos Bens Vendidos	\$400.000	40%
Despesas	Salários & Suprimentos Escritório	\$100.000	10%
	Salários & Suprimentos Manutenção	\$250.000	25%
	Água, Gás & Eletricidade	\$100.000	10%
	Juros, Licenças & Multas	\$50.000	5%
	Total de Despesas Antes do Imposto	\$500.000	50%
Lucros	Rendimento Menos Despesas	\$100.000	10%
	Impostos (Taxa de Imposto 50%)	\$50.000	5%
	Lucro Líquido Livre de Impostos	\$50.000	5%

TÓPICOS AVANÇADOS

Amostra de Cálculo: Retorno sobre o Investimento em Limpeza da Correia e Impacto sobre a Declaração de Lucros e Perdas

Para ilustrar os efeitos de várias situações nas declarações financeiras, utilizaremos a Declaração de Lucros e Perdas de uma empresa fictícia, a Empresa Happy (**Tabela 31.9**).

Empresa Happy: Retorno sobre o Investimento em Limpeza da Correia

A Empresa Happy está considerando a aquisição de raspadores de correia para reduzir os custos de limpeza. Para isso, faz uma estimativa dos custos de equipamentos e de mão de obra para executar a limpeza (**Tabela 31.10**). Considerou-se a vida útil do equipamento de limpeza da correia como sendo de três anos, para diluir o custo do equipamento com o passar do tempo.

O custo da limpeza e o custo da limpeza da correia interceptam-se entre o Nível II e o Nível III de limpeza. A Empresa Happy decide adquirir um equipamento que alcance o Nível II de limpeza (11 a 100 gramas por metro quadrado de material residual na correia, após a limpeza da correia). Esse equipamento de limpeza irá produzir um retorno sobre o investimento adequado: 336% com retorno em 3,6 meses (**Equação 31.5**).

Apesar de o retorno ser excelente, se a Empresa Happy manteve registros detalhados, ela poderá buscar economias adicionais resultantes da instalação e manutenção de raspadores de correia. Por exemplo, essas economias adicionais poderiam decorrer do aumento de vida útil da correia e da roldana ou da redução de acidentes com perda de tempo da equipe de limpeza. Redução das despesas operacionais diferentes das despesas de limpeza mostra um retorno de US\$ 27.000 (**Tabela 31.11**).

Essas informações adicionais alteram o cenário financeiro, e o gráfico agora mostra

Material Residual Aceitável		Custo de Instalação e Manutenção de Raspadores de Correia em Dólares (do fornecedor)	Custos do Raspador de Correia em Dólares por ano (desvalorização de 3 anos do equipamento)	Custo estimado de Limpeza de correia em Dólares por ano Manutenção e Equipamento	Custo Total Anual em Dólares da Instalação e Manutenção de Raspadores de Correia	Custos estimados de Limpeza em Dólares
Nível	g/m ²					
0	>250	N/A	N/A	N/A	N/A	\$25.000
I	101–250	\$1.500	\$500	\$1.000	\$1.500	\$12.000
II	11–100	\$6.000	\$2.000	\$3.500	\$5.500	\$6.500
III	0–10	\$15.000	\$5.000	\$4.500	\$9.500	\$3.500

Tabela 31.10

ROI = $\frac{SCU}{ACBC}$	
Dado : Um raspador de correia irá economizar US\$ 18.500 em limpeza por ano e o custo desse raspador é de US\$ 5.500 por ano. Calcule : A taxa de retorno.	
ROI	Retorno sobre o Investimento em Porcentagem (como Decimal)
SCU	Economia Anual em Limpeza
ACBC	Custo Anual de Limpeza da Correia
ROI = $\frac{18.500}{5.500} = 3,36$	
ROI	Retorno sobre o Investimento em Porcentagem (como Decimal)
ROI = 3,36 (336%) (12/3,36 = 3,57 ou 3,6 meses para retorno)	

Equação 31.5

Cálculo do ROI para a Empresa Happy com o Nível II de Limpeza.

que vale a pena reduzir o material residual ao Nível III (0-10 gramas por metro quadrado), instalando um sistema de limpeza da correia sofisticado (**Figura 31.12** e **Equação 31.6**).

Declaração de Lucros & Perdas da Empresa Happy

Tomando as economias do exemplo de Retorno sobre Investimento do Raspador de

Correia, no qual a Empresa Happy instalou um equipamento de limpeza de correia para alcançar o Nível III de limpeza, e colocando essa informação na declaração financeira anterior, na linha de Salários & Suprimentos de Manutenção, a situação financeira da Empresa Happy se altera, como mostra a Declaração de Lucros & Perdas Corrigida (**Tabela 31.12**).

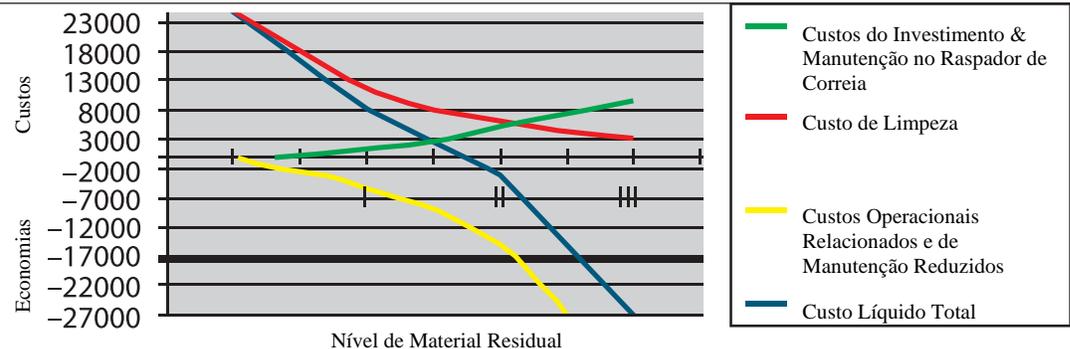
Tabela 31.11

Custos/Economias Estimados para se Alcançar Níveis Específicos de Limpeza					
Material Residual Aceitável		Custo Total para Instalação e Manutenção de Raspadores de Correia em Dólares	Custos de Limpeza Estimados em Dólares	Economias Operacionais Adicionais em Dólares	Custo Líquido Total em Dólares
Nível	g/m ²				
0	>250	N/A	\$25.000	0	\$25.000
I	101–250	\$1.500	\$12.000	(\$5.000)	\$8.500
II	11–100	\$5.500	\$6.500	(\$15.000)	(\$3.000)
III	0–10	\$9.500	\$3.500	(\$40.000)	(\$27.000)

Valores entre parênteses representam números negativos.

Figura 31.12

O gráfico atualizado mostra que o custo líquido total apresentou uma economia anual de US\$ 27.000 com o Nível III de limpeza.



Equação 31.6

Cálculo do retorno sobre o investimento para a Empresa Happy com o Nível III de limpeza.

$$ROI = \frac{SCU + ROC}{ACBC}$$

Dado : Um raspador de correia irá economizar US\$ 21.500 em custos de limpeza e reduzir os custos operacionais em US\$ 40.000; o custo desse raspador de correia é de US\$ 9.500 por ano. **Calcule:** O retorno sobre o investimento.

ROI	Retorno sobre o Investimento em Porcentagem (como Decimal)	ROI
SCU	Economia Anual em Limpeza	21500
ROC	Custos Operacionais Reduzidos	40000
ACBC	Custo Anual em Limpeza de Correia	9500

$$ROI = \frac{21.500 + 40.000}{9.500} = 6,47$$

ROI	Retorno sobre o Investimento em Porcentagem (como Decimal)	ROI = 6,47 (647%)(12/6,47 = 1,85 meses para retorno)
------------	--	--



Declaração de Lucros e Perdas Corrigida (com Limpeza de Nível III)			
Declaração de Lucros e Perdas CORRIGIDA para o Período de 1 de Janeiro a 31 de Dezembro		Moeda USD	% de Vendas
Rendimentos	Vendas	\$1.000.000	100%
	Total de Rendimentos	\$1.000.000	100%
Custo dos Bens Vendidos	Mão de Obra de Produção	\$ 250.000	25%
	Materiais Produção	\$ 150.000	15%
	Custo Total dos Bens Vendidos	\$ 400.000	40%
Despesas	Salários & Suprimentos Escritório	\$ 100.000	10%
	Salários & Suprimentos Manutenção	\$ 223.000	22%
	Água, Gás & Eletricidade	\$ 100.000	10%
	Juros, Licenças & Multas	\$ 50.000	5%
	Total Despesas Antes do Imposto	\$ 473.000	47%
Lucros	Rendimento Menos Despesas	\$ 127.000	13%
	Impostos (Taxa de Imposto 50%)	\$ 63.500	6,5%
	Lucro Líquido Livre de Impostos	\$ 63.500	6,5%

Tabela 31.12

Ao reduzir o custo total das operações com a instalação e manutenção de um sistema sofisticado de limpeza da correia, o lucro líquido livre de impostos da Empresa Happy aumentou cerca de 30%, de 5% para 6,5%.

forneceu ferramentas para avaliar a necessidade de melhorias no controle de materiais fugitivos e os benefícios obtidos com elas. Seguem os dois capítulos finais, que abordam os transportadores utilizados em situações específicas.

O RETORNO DOS CÁLCULOS DE ROI

Concluindo...

A discussão e as equações neste capítulo são úteis por si só. O segredo de sua utilidade está na sua aplicação; elas devem ser usadas na avaliação de um sistema para se estabelecer o impacto econômico das melhorias feitas. Ao se aplicar essas considerações econômicas, pode-se avaliar o valor das melhorias em um sistema de manuseio de materiais a granel para uma operação, especialmente nas áreas de controle de material fugitivo. Com uma sólida manutenção de registros e análise de desempenho, as implicações financeiras das alterações propostas podem ser compreendidas.

O objetivo desses procedimentos é tornar mais fácil para a gerência dizer “sim” para os projetos de melhoria e, em seguida, acompanhá-la e fazê-la se sentir segura com relação à decisão tomada. Assim, será mais fácil garantir aprovações para projetos adicionais e será mais difícil para a gerência dizer “não” no futuro.

A Seguir...

Este capítulo sobre Medidas de Desempenho

REFERÊNCIAS

- 31.1 “Measuring ROI pushes it higher, say Harte Hanks Aberdeen of Enterprise Solutions.” (February 12, 2007). *The Manufacturer* (US Edition).
- 31.2 International Labour Organization. (2003). *Safety in Numbers, Pointers for a Global Safety Culture at Work*. Geneva, Switzerland.
- 31.3 Takala, J. (18–22 September 2005). *Introductory Report: Decent Work – Safe Work*. XVIIIth World Congress on Safety and Health at Work, Orlando, Florida. Available at: <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/wdcongrs17/intrep.pdf>.
- 31.4 Dorman, Peter. (April 2000). *The Cost of Accidents and Diseases*. Geneva, Switzerland. Available online: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/papers/ecoanal/wr_chp1.htm.
- 31.5 Occupational Safety & Health Administration, U.S. Department of Labor, Mineral Processing Dust Control website: <http://www.osha.gov/SLTC/silicacrystalline/dust/>.

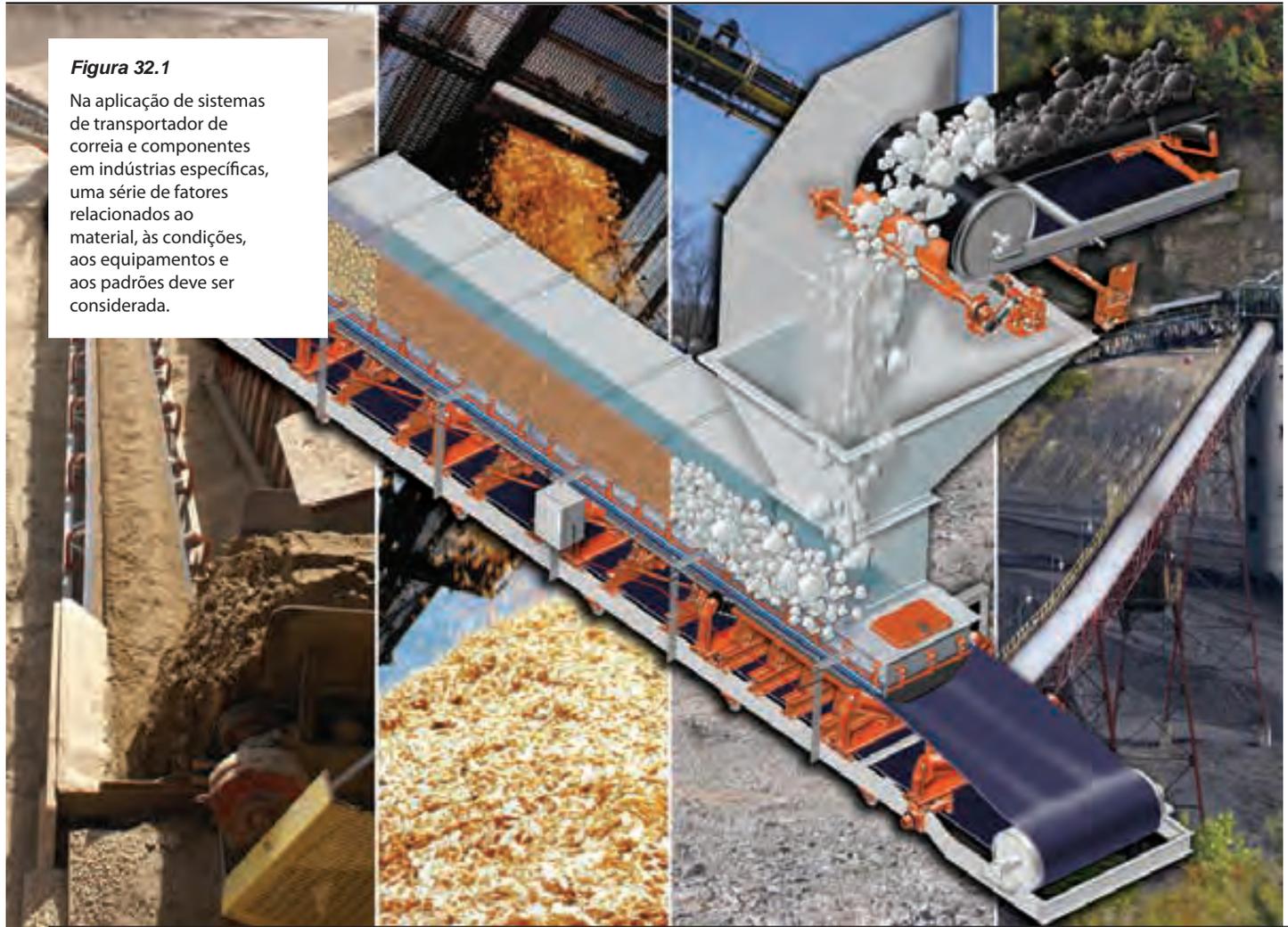


Figura 32.1
 Na aplicação de sistemas de transportador de correia e componentes em indústrias específicas, uma série de fatores relacionados ao material, às condições, aos equipamentos e aos padrões deve ser considerada.

Capítulo 32

**CONSIDERAÇÕES
 SOBRE
 INDÚSTRIAS ESPECÍFICAS**

Agregado, Brita, Areia e Cascalho 486

Transporte de Material a Granel 488

Cimento 490

Termogeração a Carvão 492

Mineração de Carvão (Subterrânea) 494

Mineração Hardrock (Metais e Materiais Não Combustíveis) 496

Fundição de Metal 498

Indústrias de Processamento 499

Produtos de Papel e Celulose/Produtos Florestais 500

Mineração de Superfície (Carvão e Outros Minerais) 502

Conheça seu “Inimigo” 503

Neste Capítulo...

Neste capítulo, oferecemos uma visão geral de algumas das condições específicas que têm maior probabilidade de afetar os esforços para reduzir o derramamento e o pó em uma série de setores da indústria de transportadores de material a granel. Incluímos observações gerais e informações específicas sobre transportadores e pontos de transferência, limpeza da correia e gerenciamento do pó, para dez indústrias diferentes.

Enquanto existem muitas coisas que se mantêm verdadeiras para todos os transportadores de correia que manuseiam material a granel, independentemente do setor em que atuam, vários fatores devem ser considerados para cada setor específico. Isso tem relação com os materiais, as condições, os equipamentos e os padrões encontrados no setor (**Figura 32.1**).

Em geral, a tendência crescente em termos de manuseio de materiais a granel inclui transportadores mais rápidos, com maior capacidade, maiores limites para tempo ocioso e reduções das interrupções para manutenção e da força de trabalho da fábrica.

Devido ao investimento de capital exigido para o manuseio de materiais a granel, a maioria das indústrias é avessa ao risco e relutante quanto ao uso de tecnologias não comprovadas. A segurança é sempre uma questão importante, bem como evitar os problemas legais. O básico em todas as operações é de que os materiais devem ser transportados para que a fábrica seja bem sucedida. A eficiência acumulada no manuseio de materiais geralmente é recompensada com lucratividade acumulada.

A seguir apresentamos um pouco dessas questões relacionadas a esses setores da indústria. Ao mesmo tempo em que essas observações são verdadeiras para a maior parte das situações, elas podem ou não se aplicar a qualquer operação específica.

AGREGADO, BRITA, AREIA E CASCALHO

(Consulte também Cimento e/ou Mineração de Superfície).

Em geral

- Em muitas áreas geográficas, as licenças de operação são difíceis de serem obtidas. Isso quer dizer que as operações existentes devem ser completamente exploradas enquanto empreendimentos comerciais e residenciais crescem ao redor delas. Essas operações devem ter consciência de problemas como pó, derramamento e ruídos, a fim de reduzir os problemas com os vizinhos.
- Em geral e em todo o mundo, esse tipo de indústria está se consolidando. Grandes empresas multinacionais estão adquirindo negócios para expandir seus territórios geográficos e buscando uma integração vertical – acrescentando fábricas de concreto pré-misturado e de brita à produção de cimento, por exemplo.
- Esse setor é muito dependente dos mercados de construção civil e de obras públicas (pavimentação de estradas, por exemplo).
- Fábricas portáteis são utilizadas agora para muitas operações menores, reduzindo o custo do transporte (o que é bom para uma indústria em que a eficiência é medida pelo custo por tonelada de material) e permitindo o uso de depósitos menores.
- As pequenas operações devem consistir de apenas três ou quatro pessoas.
- Uma vantagem nessa indústria é de que os materiais manuseados tendem a ser bastante consistentes, devido ao processamento mínimo necessário para o produto final. Isso permite maior padronização de acessórios em toda a fábrica do que em outras indústrias.



- A reciclagem de materiais – concreto e pavimentos asfálticos, por exemplo – apresenta desafios adicionais para o equipamento de manuseio de materiais.
- O controle de despesas é um assunto comum nesse setor. As melhorias do transportador precisam oferecer economias óbvias e retorno imediato.
- A manutenção tende a ser realizada de forma fragmentada, especialmente nas fábricas menores, e equipamentos que não são considerados essenciais são frequentemente negligenciados, acarretando dificuldades no controle dos materiais fugitivos.

Transportadores e Pontos de Transferência

- As fábricas variam muito em tamanho e sofisticação. As correias tendem a estar em piores condições do que na maioria das indústrias, e os transportadores podem utilizar correias usadas ou correias com várias emendas mecânicas.
- O impacto pode ser grande sob as caçambas de caminhão e dos britadores; as forças de carga serão mais leves nas correias de produtos acabados. O uso de amortecedores de impacto é comum, mas uma atenção especial para com a operação nominal do amortecedor é essencial.
- O bloqueio do chute é um problema comum nas áreas de triagem da fábrica. Canhões de ar ou vibradores são um meio eficaz de reduzir esses bloqueios.
- O derramamento de pedras grandes representa um risco para as polias. Portanto, polias suspensas são usadas normalmente como polias traseiras, polias de curva e, em alguns casos, como polias dianteiras. Essas polias suspensas criam uma aba na correia, dificultando a limpeza e a vedação. Instalar raspadores da correia de retorno e envolver as polias suspensas pode resolver esse problema.
- Os tensores de correia normalmente estão cobertos com material derramado. Isso causa excesso de tensão desigual e desalinhamento. As estruturas dos tensores estão frequentemente soltas para evitar que a correia dobre, mas isso acarreta o desalinhamento. As estruturas dos tensores podem ser apertadas ao serem refeitas, e um cobertura em ângulo (chapéu chinês) pode ser instalada sobre os tensores de polias para evitar que o material derramado danifique a

operação de tensionamento.

- As vedações das calhas dos pontos de transferência são normalmente rudimentares; a utilização de correias usada como faixas de vedação é uma prática comum, mas inadequada. O chute frequentemente se encontra desgastado, enferrujado ou frágil. E as chapas de desgaste localizam-se muito acima da correia, tornando a instalação de vedações projetadas da calha-guia um desafio. Entretanto, devido à construção desses transportadores, em geral aberta, normalmente é fácil reconstruir as calhas. Reconstruir o sistema de calha-guia e vedação de acordo com os padrões discutidos neste volume pode controlar a maior parte dos problemas de vedação. Vedações autoajustáveis funcionam bem.
- As correias ficam desalinhadas com frequência devido à práticas ruins de carregamento. A instalação de dispositivos de alinhamento multipivotantes antes da polia traseira e depois da área de carga pode controlar a maioria dos problemas.

Limpeza da Correia

- O nível mínimo de limpeza da correia necessário é dez, e, muitas vezes, são utilizados raspadores de correia feitos no próprio local. Quando são utilizados raspadores customizados, estes são normalmente usados apenas em correias difíceis; mesmo assim, são normalmente subdimensionados e não recebem manutenção adequada. Um sistema de limpeza de correia típico é um raspador primário único. O material residual é uma grande fonte de pó transportado pelo ar, e, portanto, a limpeza da correia receberá maior atenção nesse setor; sistemas projetados mantidos por prestadores de serviço contratados irão se tornar cada vez mais comuns, a fim de atender às regulamentações de forma consistente.
- Materiais triturados em correias úmidas podem acarretar bastante dificuldade para a limpeza da correia, pois irão aderir nela. Frequentemente, as partículas possuem bordas duras ou afiadas, levando ao rápido desgaste da lâmina.
- Usar uretanos macios na construção da lâmina, combinados com pulverizadores de água para ajudar a remover o material aderido pode reduzir o desgaste nos pré-

raspadores.

- Em alguns casos, lâminas secundárias de metal duro se desgastam, seguindo um padrão “encastelado”. Isso é causado por pequenas partículas que se alojam entre a correia e a lâmina e que permitem que outras partículas deslizem, passando pela lâmina de limpeza. Em alguns casos, o desgaste é acelerado por uma qualidade da água levemente ácida. Esse desgaste pode ser reduzido com o uso de lâminas de carboneto de tungstênio e a pulverização de água na correia. A limpeza constante do raspador com uma mangueira de água também é benéfica.

Gerenciamento do Pó

- Pulverizar água é um método típico de supressão de pó. Uma taxa maior de aplicação para água “comum” (não tratada/não tensoativa) aumenta os problemas com o manuseio de material, como o acúmulo nas telas de peneiramento ou o aumento do material residual. Além disso, alguns estados e governos locais restringiram o uso (e o descarte) de água. Em consequência, algumas operações agregadas agora utilizam supressão de tensoativos ou de espuma como alternativa.
- A caçamba dos caminhões é um dos locais da fábrica que requerem controle eficaz do pó. Isso pode exigir a combinação de vários métodos de controle de pó para se obter um resultado satisfatório.



TRANSPORTE DE MATERIAL A GRANDEL

(Consulte também a lista de materiais específicos a serem manuseados, como, por exemplo, cimento, agregado, carvão, produtos florestais.)

Esta é uma revisão sobre o carregamento e o descarregamento de sistemas de transporte de material a granel – incluindo navios, barcos, caminhões e vagões – e o manuseio de materiais para terminais de carga.

Em Geral

- Uma ampla variedade de materiais – desde carvão até produtos químicos, calcário para minérios brutos ou processados, e grãos – pode ser enviado a granel. É importante que os sistemas sejam projetados para serem flexíveis e trabalharem com uma grande variedade de materiais. Em muitos casos, materiais diferentes são carregados no mesmo transportador, e/ou o lado de retorno da correia é usado para transporte, e a contaminação entre as cargas é um problema.
- Existem uma série de sistemas utilizados para transportar materiais a granel e para carregamento e descarregamento desses sistemas. Os materiais podem ser transportados por navio, barco, trem ou caminhão; materiais podem ser carregados e descarregados por transportador de correia, rosca transportadora, transportador pneumático ou caçambas. A tendência do setor é de altas taxas de “toneladas por hora” para carregamento e descarregamento, a fim de reduzir as cobranças por sobre-estadia.
- A tolerância com o tempo ocioso nessas instalações é pequena, porque interrupções



inesperadas irão resultar em cobranças por sobre-estadia, pois são responsáveis por atrasar a partida programada.

- Em muitos casos, essas instalações são as maiores em velocidade e tamanho das correias.
- Descarregar material de navios é especialmente desafiante. Nos navios com autodescarregamento, transportadores com grandes ângulos que acomodam o material entre duas correias são usados com frequência. Estes normalmente operam com velocidades maiores do que 4,5 metros por segundo (900 pés/min). O equipamento usado nos sistemas de descarregamento de navios deve ser capaz de suportar condições severas, incluindo temperaturas extremas e exposição à água salgada.
- Canais de água e portos têm seu uso compartilhado entre operações industriais e usuários que buscam por recreação. O pó e o derramamento nessas áreas irão rapidamente atrair reclamações dos usuários não comerciais para as agências regulatórias.
- O descarregamento de vagões gera uma situação particularmente difícil para um controle eficaz do pó, bem como para manutenção do fluxo de material.

Transportadores e Pontos de Transferência

- O alinhamento da correia é crítico para manter a carga na correia e evitar o derramamento ao longo do transportador. A utilização de dispositivos de alinhamento da correia multipivotantes é eficaz no controle dos problemas de alinhamento.
- Nos transportadores de navios, o acesso é frequentemente sacrificado ao se levar em consideração o espaço e o peso. Isso irá aumentar a dificuldade de manter os acessórios do transportador; portanto, a qualidade e a frequência da manutenção são reduzidas, acarretando em pó e derramamento em excesso. O acesso é normalmente difícil ou impossível em descarregadores de pau de carga, e deve-se levar em consideração plataformas de trabalho portáteis ou a capacidade de mover o descarregamento para um local onde a manutenção possa ser realizada. Incorporar o acesso para manutenção irá aumentar significativamente a eficácia dos acessórios,

porque eles irão receber manutenção mais frequentemente.

- A eliminação do derramamento é especialmente importante (nas aplicações de carregamento), porque os materiais possuem um grande valor agregado por tonelada e são considerados contaminados e inúteis se caírem no chão ou na água. Em mais e mais jurisdições, esses materiais são considerados lixo tóxico.
- O derramamento nos acionadores é um problema comum, porque eles devem atingir alturas mínimas de carga e carregar vários tipos de material. A saia cria uma parede em todo o comprimento dos defletores suspensos e inclinados e ajuda a evitar que o material se espalhe. As bandejas para derramamento são normalmente colocadas sob o transportador em áreas críticas, com previsão de limpeza constante ou limpeza fácil.
- As correias nos portos precisam ser projetadas com distância da aba para vedação maior do que o normal, para controlar o derramamento. Como esses transportadores são montados normalmente em estruturas que devem ser flexíveis, eles têm mais probabilidade de ficar desalinados.

Limpeza da Correia

- Nos transportadores de alta velocidade e nas polias de descarregamento que são difíceis de alcançar, raspadores de correia de longa duração, que mantêm automaticamente a pressão e o ângulo de limpeza, são a melhor opção.
- Como algumas correias do terminal são utilizadas para diversos materiais e/ou para transportar nas duas direções, a lavagem da correia pode ser necessária para reduzir a contaminação cruzada.
- As caixas de lavagem são comprovadamente úteis para assegurar que as correias que passam por corpos de água estejam bem limpas. As caixas de lavagem também são eficazes para reduzir a contaminação quando as correias são usadas para manusear vários materiais diferentes. Deve-se usar água fresca



para lavar as caixas e para a lavagem, ou o equipamento irá oxidar.

- Sistemas de cortina de ar e a vácuo são eficazes para materiais muito finos como alumina. Esses materiais frequentemente apresentam uma tendência de aderência devido à estática, em que os refugos fluem diretamente; nesses casos, um coletor a vácuo é necessário.

Gerenciamento do Pó

- Normalmente utiliza-se a coleção de pó, desde imensos sistemas centralizados até coletores com ponto de origem individual.
- Métodos convencionais de controle de pó e derramamento frequentemente não são suficientes. O uso de caixas de lavagem e programações de manutenção tão frequentes quanto uma vez a cada ciclo de carregamento/d Descarregamento são necessários.
- Chutes curvos de carga especiais são usados normalmente para centralizar o material e reduzir a geração de pó.

CIMENTO

(Consultar também Agregado.)

Em Geral

- A consolidação da propriedade tornou esse setor verdadeiramente global. Há uma grande quantidade de informações compartilhadas e que enfocam a solução de problemas no manuseio de materiais. Isso faz com que novas tecnologias sejam rapidamente adotadas em nível corporativo. As tendências gerais nessa indústria refletem diretamente a economia global.
- O cimento (e/ou a escória) é rapidamente enviado para todo o mundo por trem, barco, caminhão e navio.
- A limpeza e a vedação de materiais muito finos, secos e abrasivos mostram-se um desafio constante.
- A maioria das fábricas de cimento também possui sistemas de manuseio de combustíveis para o carvão ou coke de petróleo usados para acender a fornalha. A necessidade de sistemas para manusear combustível derivado de refugo – incluindo pneus cortados, plásticos, tinta, lixo agrícola e fraldas – provavelmente continuará a crescer.
- Materiais encontrados nessa indústria variam de cascalhos grandes de calcário na pedreira, materiais de altas temperaturas no resfriador de escória, a pós finos e secos que arriscam



a fluidez das operações de empacotamento/embarque.

- O cimento acabado deve ser mantido seco.
- As temperaturas elevadas encontradas no manuseio de escória representam um problema comum.

Transportadores e Pontos de Transferência

- Na pedreira, as aplicações exigem taxas de trabalho de médio a pesado para o equipamento do transportador.
- Correias de descarregamento do triturador primário estão frequentemente sujeitas às imensas forças de impacto que devem ser cuidadosamente avaliadas para reduzir danos à correia, derramamentos e vazamentos.
- No caso do processamento de cimento, as correias são menores, e o impacto em geral não é um problema. Depois da trituração, um equipamento para trabalhos leves em geral é suficiente.
- Correias para cimento bruto e cimento acabado são excelentes aplicações para transportadores sustentados a ar, para reduzir o derramamento e a contaminação.
- O cimento acabado tende a aerar, criando problemas para o transporte em transportadores de correia, desde o empoeiramento até o deslizamento do material. As velocidades e o ângulo de inclinação da correia precisam ser cuidadosamente planejados.
- A escória é abrasiva e manuseada em altas temperaturas. Isso exige correias especiais e acessórios projetados para temperaturas elevadas.

Limpeza da Correia

- A limpeza de correias para escória pode exigir sistemas especializados de limpeza de alta temperatura.
- Quando as correias de limpeza são usadas para combustível derivado de refugo, prefere-se pré-raspadores com uma única lâmina, para reduzir a possibilidade de material coletado nos espaços entre as lâminas.



Gerenciamento de Pó

- Para o controle do pó nas pilhas de material bruto, a água tem sido o sistema de supressão mais adequado. O uso de supressão com espuma é eficaz no triturador e acarreta alguns efeitos residuais.
- No que se refere ao acabamento, a adição de umidade não é permitida. Portanto, a contenção e a coleta são as únicas opções.
- Transportadores sustentados a ar podem ser utilizados de forma eficaz para controle do pó nesse setor.
- Devido à natureza abrasiva da escória e ao tamanho - muito pequeno - da partícula do cimento acabado, o vazamento dos chutes e das vedações da calha-guia é um problema comum. Prestar atenção extra no conserto e na vedação dos furos nos chutes vai oferecer maior controle do pó. O suporte da correia e as vedações autoajustáveis são úteis para controlar o pó nos pontos de transferência.

TERMOGERAÇÃO A CARVÃO

Em Geral

- A regulamentação vem diminuindo a lucratividade nessa indústria. Para aumentar a confiabilidade e reduzir os custos, a gerência busca fazer mais com menos.
- O controle do pó é uma grande preocupação para o setor, especialmente para as fábricas que optaram pelo carvão sub-betuminoso com baixo teor de enxofre, como o carvão Powder River Basin (PRB), nos EUA, ou que queimam linhito.
- Todas as operações de manuseio de carvão devem se preocupar com riscos de incêndio e explosões, incluindo acúmulo de gás metano e material de pontos quentes.
- O manuseio de cinzas em suspensão e cinzas sedimentadas, e de lâminas provenientes da dessulfurização de gás de combustão pode exigir sistemas adicionais de manuseio de material e especialização.
- Como utilitários regulamentados, muitas instalações de geração de energia devem fornecer uma produtividade estável, minimizando o risco de interrupções não programadas.
- O equipamento projetado para um determinado tipo de carvão pode se mostrar problemático quando o carvão é alterado. Por exemplo, a saída de BTU mais baixa para linhito ou carvão PRB exige que seja queimada uma quantidade adicional de carvão para atingir a mesma saída térmica. Isso pode exigir alterações do projeto ou da operação do sistema de manuseio de materiais, como, por exemplo, aumentar a velocidade do transportador ou ter transportadores que funcionem durante longos períodos. O sistema existente de chute de material pode não ser capaz de combinar as características de fluxo do novo



material com as exigências de rendimento (tonelagem).

- Alterações sazonais do clima podem acarretar alterações no desempenho do carvão, conforme este se movimenta pelo sistema de manuseio de materiais.
- As alterações do material que ocorrem no dia a dia irão afetar o desempenho do transportador. Devido às condições do tempo, o carvão pode mudar de bastante molhado/pastoso para muito seco/pulverizado.
- Geralmente, o carvão é um material pouco abrasivo. As exceções são o carvão bruto ou o refugo de mineração, como se pode ver nas fábricas geradoras localizadas nas bocas das minas.
- Está se tornando cada vez mais comum queimar combustíveis auxiliares combinados ao carvão. Esses combustíveis incluem tiras de pneus e lixo agrícola. A introdução apropriada desses materiais ao carvão é crítica; se não for bem mensurada, irá criar derramamentos, neblina e outros problemas operacionais.
- O acúmulo de material fugitivo apresenta possibilidade de graves incêndios/explosões devido à combustão espontânea, e pequenos eventos criam altas concentrações de pó, além da probabilidade de explosões secundárias.
- O linhito ou carvão PRB, em particular, são vulneráveis à combustão espontânea de material estagnado: o acúmulo de material nas paredes dos chutes ou sob o transportador, como pó ou material derramado. Boas práticas de limpeza, limpeza adequada e sistemas de vedação são essenciais para minimizar o risco.

Transportadores e Pontos de Transferência

- As correias do transportador em geral são vulcanizadas e possuem uma longa vida útil.
- As larguras do transportador são moderadas, variando comumente de 900 a 1.800 milímetros (36 a 72 pol.), e as velocidades de 2 a 3 metros por segundo (400 a 600 pés/min), normalmente. É uma prática comum baixar as velocidades da correia e limitar a capacidade para controlar problemas com material fugitivo.
- É particularmente indicado transportar

carvão triturado com transportadores sustentados a ar.

- Problemas com o alinhamento da correia no manuseio do carvão podem ser resolvidos com dispositivos de alinhamento multipivotantes. Dispositivos pivotantes padrão frequentemente deslizam nas correias de manuseio de carvão; é por isso que esses alinhadores de correia são frequentemente amarrados a um dos lados do transportador. Desativar esses dispositivos de alinhamento pode criar problemas ainda maiores, acarretando danos à correia e problemas de derramamento de material.
- A vedação da calha-guia é importante no manuseio do carvão. Os transportadores de carvão são particularmente adequados para amortecedores de suporte de correia e vedação autoajustável.
- A preocupação com um rendimento consistente e com a redução da geração de pó faz com que se considere a construção de chutes de fluxo em muitas aplicações de manuseio de carvão.

Limpeza da Correia

- A limpeza dos transportadores de manuseio de carvão é normalmente mais direta e pode ser considerada uma aplicação mais comum. Um sistema padrão de limpeza da correia em uma geradora de energia elétrica é um sistema duplo ou triplo, com um raspador primário de poliuretano e um ou dois raspadores secundários com ponta de carboneto de tungstênio.
- Alguns tipos de carvão contêm argila, o que pode dificultar a limpeza. Esse material tende a “lambuzar” a correia e se acumular como “flocos de milho” abaixo dos roletes de retorno. A solução normal é fazer com que os raspadores de correia funcionem com pressão de limpeza mais alta, ou utilizar um ângulo de limpeza mais agressivo.
- O uso de água é benéfico para manter a eficiência do raspador de correia, mas as geradoras de energia elétrica têm frequentemente editais mal concebidos sobre o uso da água (“água não”), devido à penalidade por BTU. A quantidade de água necessária para manter a eficiência da limpeza da correia é tão pequena que é difícil separá-la de outras fontes de utilização de água, como supressão do pó, chuva e



até mesmo a água absorvida devido ao alto índice de umidade.

Gerenciamento do Pó

- As regulamentações sobre emissão de Pó afetam o manuseio do carvão, desde o descarregamento do vagão por meio de sistemas de manuseio de materiais até os reservatórios acima das caldeiras.
- O carvão que possui baixo teor de enxofre queima de forma mais limpa, mas normalmente é mais quebradiço. Conforme as fábricas mudam para o carvão limpo, também se torna necessário encontrar métodos para reduzir o pó. Esses métodos podem incluir chutes de fluxo customizados, sistemas de supressão de pó e a atualização dos sistemas de coleção de pó existentes (caixas coletoras de pó).
- A supressão de pó com uso somente de água não é uma opção econômica, pois reduz a saída térmica do carvão. A supressão química é a escolha de muitas fábricas, porque seus níveis reduzidos de umidade minimizam a penalidade em razão da umidade acrescentada.
- Vagões rotativos para trens de carvão criam um grande problema com relação ao pó. A supressão com espuma ou tensoativos oferece benefícios, incluindo um efeito residual que permanece com o carvão quando ele vai para a pilha de estocagem.
- Coletores de pó inseríveis (modulares) são adequados para o gerenciamento do pó específico do lugar, caso a contenção não seja prática ou seja insuficiente.

MINERAÇÃO DE CARVÃO (SUBTERRÂNEA)

(Consulte também Mineração de Superfície e/ou Mineração Hardrock.)

Em Geral

- As restrições de altura são um dos maiores fatores nessa aplicação. Isso irá afetar o estilo da estrutura do transportador, o que, por sua vez, vai afetar os sistemas auxiliares que podem ser utilizados. Devido às dificuldades de movimentar e instalar o equipamento no subsolo, os chutes são mínimos e as mesas de impacto raramente são utilizadas.
- São necessários projetos modulares para muitos componentes, para contrabalançar as limitações de espaço e acesso.
- A tendência é usar transportadores mais largos com velocidades mais altas. As linhas principais do transportador são geralmente vulcanizadas, mas outras correias podem conter um número maior de emendas mecânicas. Há uma utilização significativa de correias usadas, bem como de correias que ultrapassaram de há muito sua real vida útil. Isso significa que as correias estão em más condições e, portanto, mais difíceis de se limpar, vedar e alinhar.
- As correias que alimentam as linhas principais são projetadas para serem aumentadas. Conforme a face que está em uso se movimenta, são instaladas seções adicionais (painéis) da correia no transportador, o que quer dizer que essas correias incorporam múltiplas emendas mecânicas.
- As aprovações legais (baseadas nas questões de segurança) são um fator para a seleção dos materiais para componentes. Nos Estados Unidos, a Mine Safety and Health Administration (MSHA - Administração de Saúde e Segurança em Mineração) define os padrões para correias do transportador e para os materiais em contato com a correia, como os sistemas de limpeza e vedação.



Fora dos EUA, os padrões da British and Deutsches Institut für Normung (DIN/ EN) para os materiais utilizados no subsolo são amplamente aceitos. Na maioria dos mercados fora da América do Norte, não se pode utilizar alumínio no subsolo, devido ao baixo limite de faísca. Os regulamentos regionais e as agências (como a ATmospheres EXplosibles [ATEX] ou a Association for Mining of North Rhine-Westphalia “Landesoberber-gamt” [LOBA]) talvez tenham que ser levados em consideração.

- Na época dessa publicação, uma norma final publicada pela MSHA, nos Estados Unidos, em dezembro de 2008, e que entrou em vigor em 31 de dezembro de 2009 exige que os transportadores de correia em operação nas minas subterrâneas de carvão sejam mais resistentes ao fogo do que se exigia anteriormente. Essa norma também exige que a correia existente seja substituída num prazo máximo de dez anos.
- Essa fabricação também exige que, a partir de 2 de março de 2009, os roletes danificados de outros componentes do transportador sejam consertados ou substituídos, que as correias sejam corretamente alinhadas, que não se permitam materiais na entrada da correia e que sejam feitas emendas para manter as propriedades à prova de fogo. Além disso, ela diminuiu a concentração média de pó respirável no percurso de ar da correia, também a partir de 2 de março de 2009. A MSHA ou um fornecedor de correia confiável pode ser contatado a fim de obter informações adicionais e atualizadas.
- A utilização de prestadores de serviço contratados especializados para manutenção dos acessórios é comum nesse setor. Isso se deve ao papel crítico que a limpeza e a vedação assumem na prevenção de incêndios, explosões e interrupções da produção.
- As capacidades dos equipamentos continuam a crescer, aumentando as toneladas de carvão produzidas por mineiro-hora; por outro lado, o tempo de manutenção é reduzido.
- As operações subterrâneas normalmente utilizam água para supressão do pó. Isso resolve um problema, porém cria outros. A umidade irá afetar as propriedades dos materiais transportados e o projeto do equipamento, incluindo até mesmo o tipo de

metal utilizado para reduzir a corrosão.

- Com os métodos modernos de mineração, o tamanho do cascalho é razoavelmente consistente. Entretanto, o carvão bruto, o qual contém pedra e argila, apresenta problemas de manuseio.
- As regulamentações de segurança nas minas com relação aos procedimentos de manutenção tornam claro que sistemas de mudança rápida ou favoráveis à manutenção, devem ser utilizados.

Transportadores e Pontos de Transferência

- Os transportadores são projetados para serem movidos, com exceção das linhas principais e das “correias inclinadas”, que carregam material para fora dos túneis. As correias são mais longas, mais espessas e normalmente exigem raspadores para trabalho pesado e sistemas de transferência. Sistemas de autoajuste da vedação são úteis.
- Os pontos de transferência estão posicionados normalmente a 90°, ou possuem grandes alturas de queda, criando situações de alto impacto e aumentando as dificuldades de vedação. Conexões com os pontos de transferência são comuns; canhões de ar são úteis para resolver esses problemas.
- O derramamento é difícil de controlar, devido à variação constante das condições de carga e que criam problemas de alinhamento da correia. É necessário o uso de dispositivos de alinhamento para trabalho pesado, devido ao constante impacto das emendas mecânicas e das condições geralmente ruins da correia.
- A detecção e a remoção de objetos estranhos dos transportadores é um problema para as correias subterrâneas, porque a presença de ferramentas de mineração, correias no telhado e outros pedaços soltos de metal pode danificar a correia e bloquear os chutes.
- Espaços estreitos e pé-direito limitado apresentam dificuldades para o uso e a substituição dos revestimentos dos chutes, nas aplicações de transportadores subterrâneos.

Limpeza de correia

- Os materiais manuseados nas operações subterrâneas contêm uma grande parte de água junto com o carvão. Isso aumenta os problemas de material residual. Em consequência, muitas operações utilizam três,

quatro ou mais raspadores para uma correia.

- Muitas operações usam múltiplos conjuntos de raspadores, que varrem os transportadores para carregar os materiais removidos de volta dos raspadores terciários para o corpo principal do material.
- Devido às numerosas emendas, os raspadores da correia e as montagens devem ser projetados para suportar impactos repetitivos. Para maior durabilidade, preferem-se pré-raspadores de poliuretano com lâminas pesadas. Uma grande variedade de raspadores secundários é utilizada.
- A correia de refugo é normalmente a mais difícil de limpar, e produz o maior nível de desgaste da lâmina. Na maioria dos casos, é necessário realizar uma limpeza agressiva com manutenção frequente.
- Os raspadores com lâminas de poliuretano de alto desempenho podem ser mais adequados para aplicações desafiadoras.
- O transporte de cascalho nas correias de retorno é sempre uma possibilidade, devido ao desalinhamento, às condições ruins da correia e das emendas, ao solo em desnível e/ou às condições de alagamento. Portanto, a proteção da polia, como os raspadores em V e os raspadores diagonais, é importante. Isso é particularmente verdadeiro nas correias inclinadas, nas quais um conteúdo com alto índice de umidade pode fazer com que haja retorno de material ou o que se conhece como “mud rush” na África do Sul.
- A utilização de serviços de manutenção é comum e eficaz nos locais onde os custos de mão de obra contratada são baixos.

Gerenciamento do Pó

- Como o pó do carvão apresenta risco de incêndio e de explosão, todas as formas de gerenciamento do pó – contenção, coleta e vários tipos de supressão – têm sido utilizadas.
- A baixa qualidade da água no subsolo pode impedir o uso de sistemas de supressão de pó que incluam bocais com orifícios estreitos.



MINERAÇÃO HARDROCK (METAIS E MATERIAIS NÃO COMBUSTÍVEIS)

(Consulte também Mineração de Superfície e/ou Mineração de Carvão.)

Em Geral

- Como os preços dos metais flutuam, os orçamentos estão frequentemente sujeitos a alterações, e os projetos podem ser acelerados ou colocados em espera.
- Normalmente as fábricas funcionam 24 horas por dia, 7 dias por semana, quando os preços dos metais são favoráveis. As interrupções são programadas com bastante antecedência, e os intervalos semanais para manutenção são curtos, tornando a manutenção especializada contratada uma opção bastante atrativa.
- Os minérios são normalmente extraídos com explosivos, o que acarreta grandes pedaços de cascalho. O descarregamento dos bastidores primários é normalmente “200 milímetros (8 pol.) menos”.
- Os minérios são geralmente materiais altamente abrasivos, o que pode diminuir a vida útil da correia e de outros componentes.
- O processo para se fazer pelotas de taconita cria situações nas quais altas temperaturas são comuns. O pó de taconita pode ficar incrustado na borda da correia, tornando-se uma “serra” que irá cortar o rolete de alinhamento da correia em questão de semanas.
- Outros minérios, como o níquel ou a bauxita, são encontrados com frequência nas formações parecidas com argila, resultando em materiais aderentes, escorregadios e/ou



com características aderentes.

Transportadores e Pontos de Transferência

- As aplicações para equipamentos do transportador se encontram normalmente na ponta do espectro que corresponde ao trabalho pesado, caracterizando-se por cargas pesadas e múltiplas emendas em transportadores relativamente curtos. A vida da correia é normalmente tão curta que ela é considerada sacrificada, e, assim, equipamentos de limpeza e de vedação mais agressivos podem ser utilizados.
- Transportadores terrestres são usados frequentemente para transportar materiais e descarte. Esses transportadores são normalmente difíceis de acessar e podem cruzar áreas sensíveis, como autoestradas ou áreas de preservação da natureza.
- Larguras da correia de 1.800 milímetros (72 pol.) e velocidades de mais de 5 metros por segundo (1.000 pés/min) são comuns. O uso de cabos de aço nas correias introduz novos desafios para os equipamentos auxiliares. É comum que as cordas de aço danificadas se projetem da cobertura e “chicoteiem” as lâminas e estruturas do raspador.
- Como as correias estão frequentemente carregadas em sua máxima capacidade, o derramamento ao longo do percurso de carga é comum, e é mais provável que as pedras grandes pulem para o lado de retorno da correia e acabem ficando entre as polias e a correia. Os raspadores da correia para trabalho pesado são usados para evitar danos à correia e às polias.
- A abrasão é um problema significativo, criando problemas de manutenção que reduzem a eficácia dos acessórios e de toda a operação do sistema. Os revestimentos dos chutes e as polias de recolhimento são normalmente itens que sofrem um grande desgaste. Placas de desgaste parafusadas são usadas normalmente, e a necessidade de acesso aos parafusos limita as opções de calha de vedação.
- O alinhamento da correia é um problema comum nos transportadores terrestres. Dispositivos de alinhamento multipivotantes para serviço pesado podem ser usados no lugar dos roletes de retorno em V.
- Devido à aderência dos materiais e aos grandes tamanhos do cascalho, o

entupimento dos chutes é comum. Canhões de ar podem ser usados para reduzir esse problema.

- Devido à grande capacidade dos pontos de transferência e ao tamanho do cascalho, a força de impacto é extremamente alta. As mesas de impacto normais podem não ser capazes de suportar as forças de impacto, e sistemas de impacto catenários podem ser necessários.
- Chutes com fluxo customizado podem melhorar a consistência do movimento do material e ajudar a eliminar mudanças nos revestimentos, resultantes da abrasão do material contra as paredes do chute. Ao centralizar o fluxo, esses chutes podem melhorar a fase de britagem do material, direcionando o fluxo para o centro do cone do britador.

Limpeza da Correia

- No manuseio da taconita, depois que a bentonita é acrescentada, o material se torna bastante aderente.
- Nas aplicações de níquel e bauxita, o material é tixotrópico (assemelha-se ao gel) e difícil de remover da correia. O uso de água para manter os raspadores da correia livres de acúmulo de material irá melhorar o desempenho.
- Os raspadores secundários normalmente possuem lâminas de carboneto de tungstênio, a fim de melhorar o desempenho e aumentar a vida útil do equipamento em face de material abrasivo. Raspadores para serviço pesado com lâminas de carboneto de tungstênio mais espessas são frequentemente utilizados.
- A vida útil da lâmina é consideravelmente mais curta do que em outras aplicações, e os raspadores necessitam de manutenção frequente para que permaneçam eficazes. Raspadores com tensão constante durante a vida útil da lâmina são necessários para manter os intervalos de manutenção em um período razoável.
- Cascalhos grandes podem ricochetear no chute e danificar os raspadores da correia, seja pelo impacto direto, seja por se alojarem em locais incomuns, desativando o tensionador ou entortando a estrutura do raspador. O uso de raspadores primários para serviços extremamente pesados é necessário. Um sistema de dois raspadores



primários normalmente fornece uma limpeza aceitável e é menos suscetível a danos.

- A alta aderência de material pode exigir o uso de quebrador de crosta, instalado antes do raspador primário, para melhorar o desempenho da limpeza geral e aumentar a vida útil dos sistemas de limpeza primários e secundários.
- A limpeza do tambor é importante nas correias de cabo de aço, para evitar o excesso de tensão e a perfuração da correia devido ao acúmulo de material. Raspadores secundários com braço e lâmina são normalmente usados de ponta-cabeça nessa aplicação, em combinação com uma caixa de pedra ou placa defletora, para remover o material limpo da correia.

Gerenciamento do Pó

- A supressão do pó pode ser utilizada não apenas na mineração, mas também em pelotização. A coleção de pó também é comum em toda a fábrica.
- As fábricas de taconita e as fábricas de processamento podem usar uma combinação de carvão e gás para acender a fornalha, criando pó e acarretando a necessidade de coleção de pó acima do sistema de manuseio de carvão.
- A supressão química também é utilizada para suprimir o pó de sílica.
- O pó também pode ser administrado usando tecnologias de borda de ataque no transportador, incluindo chutes de fluxo projetados e transportadores sustentados a ar.

FUNDIÇÃO DE METAL

Em Geral

- Como seria de se esperar, altas temperaturas do material e condições desafiadoras de manutenção são comuns.
- O tipo de metal fundido – ferroso ou não ferroso – não é tão significativo como o manuseio dos materiais utilizados para formar o molde para a fundição.
- A areia do misturador de areia que está pronta para ser transformada em molde é conhecida como areia preparada ou areia verde; a areia da operação de sacudir (depois que o metal fundido é removido do molde) é chamada de areia de retorno, recuperada ou reciclada.
- Materiais empoeirados, quentes/úmidos podem quebrar produtos de poliuretano, como as lâminas do raspador.
- A areia para fundição não é altamente abrasiva, mas seu índice de umidade pode



levar à corrosão, mesmo no caso de uma chapa à prova de corrosão.

- Peças afiadas de metal fundido poderão ocasionalmente escorregar para o meio da areia no retorno e danificar as correias ou outros componentes.

Transportadores e Pontos de Transferência

- As velocidades da correia não são altas; normalmente elas variam de 0,25 a 1 metro por segundo (50 a 200 pés/min).
- As aplicações em fundições são consideradas normalmente como serviço leve, com exceção dos sistemas de rejeitos/retorno, em que pedaços de metal do tamanho de blocos de motor poderão surgir ocasionalmente.
- O alinhamento da correia é frequentemente afetado pelo derramamento de areia, que tende a se acumular rapidamente nos roletes de retorno. Dispositivos de alinhamento multipivotantes podem ser utilizados de forma eficaz.
- As correias transportam areia do retorno ou recuperada, que já foi usada no processo de fundição, e que depois de sacudida é levada de volta para armazenamento ou para o misturador de areia, para reutilização. Essa areia ainda está quente devido à sua utilização prévia no processo de moldagem.

Limpeza da Correia

- Lâminas de poliuretano macio podem durar mais se utilizadas na limpeza das partículas arredondadas encontradas na areia de fundição das correias relativamente lentas.
- Escovas rotativas podem ser eficazes na remoção da areia das correias gastas.
- As correias que transportam areia do retorno normalmente possuem uma polia dianteira magnética, para remover qualquer pedaço de metal que tenha permanecido na areia. Raspadores com pontas de metal não devem ser utilizados a uma distância de menos de 300 milímetros (1 pé) de uma polia magnética.

Gerenciamento de Pó

- A contenção e a coleta são os métodos escolhidos para controle de pó. É importante evitar acrescentar umidade ao molde de areia.
- O pó da fundição é normalmente considerado perigoso, devido ao alto conteúdo de sílica.

INDÚSTRIAS DE PROCESSAMENTO

Essa seção aborda as aplicações de “serviço leve” nas indústrias, o que inclui processamento de produtos alimentícios, produtos químicos, farmacêuticos, fertilizadores, grãos e tabaco.

Em Geral

- Embora essas indústrias manuseiem materiais diferentes, existem uma série de padrões comuns de projeto e construção.
- Em geral, essas indústrias são consideradas como aplicações leve, com correias mais estreitas - 450 a 900 milímetros (18 a 36 pol.) -, velocidades mais baixas do transportador e taxas menores do fluxo de material. Em muitos casos, esse equipamento é uma versão menor dos sistemas utilizados em aplicações de mineração. Entretanto, devido ao tamanho limitado da polia dianteira, das velocidades e das tensões da correia e das exigências especiais de limpeza, esses sistemas requerem componentes especiais.
- Em muitas aplicações, exige-se que materiais de grau alimentício sejam usados na construção de equipamento e acessórios de manuseio de materiais. Os polímeros de grau alimentício são usados em muitos casos; lâminas de alumínio podem ser utilizadas em aplicações como tabaco. O tipo de lâmina é determinado pela velocidade da correia, pelos materiais manuseados e pela temperatura desses materiais.

Transportadores e Pontos de Transferência

- Correias planas do transportador são mais comuns do que as correias inclinadas.

Limpeza da Correia

- O tamanho menor das polias, transportadores e das correias podem dificultar a remoção do acúmulo de



materiais das correias.

- Sistemas especializados de lavagem são utilizados em muitas indústrias. Os equipamentos e componentes de manuseio de materiais devem ser compatíveis com os processos de limpeza e com os processos químicos. Os sistemas de limpeza da correia devem ser projetados para que possam ser facilmente removidos de acordo com as exigências sanitárias.

Gerenciamento do Pó

- Devido ao tamanho geral limitado do equipamento e do volume menor dos materiais manuseados, a quantidade de pó não é tão grande quanto em outras indústrias. Entretanto, o valor de materiais perdidos em forma de pó é normalmente maior, aumentando o benefício de sua captura e recuperação ou, melhor ainda, a prevenção do escape de pó.

PRODUTOS DE PAPEL E CELULOSE/PRODUTOS FLORESTAIS

Em Geral

- Uma fábrica de papel se dedica à fabricação de papel com polpa de madeira e outros ingredientes utilizando uma máquina Fourdrinier (de tela plana). Uma fábrica de celulose é uma instalação industrial que converte lascas de madeira, ou outras fontes de fibra natural, na celulose usada pela própria fábrica ou enviada a fábricas de papel para processamento adicional.
- Transportadores são usados para mover blocos de madeira até o triturador, transportar lascas até o digestor, e mover carvão e cascas de árvore para o sistema de geração de energia da fábrica. Como as lascas de madeira são uma importante matéria-prima, e a casca é um subproduto residual, o sistema de manipulação de lascas de madeira requer uma manutenção mais cuidadosa. O sistema de manuseio de cascas, devido a sua carga composta por materiais fibrosos e de formato irregular, geralmente é mais desordenado.
- Plástico pode contaminar a celulose obtida de lascas de madeira. Consequentemente, há certa preocupação com o uso de materiais plásticos em equipamentos de manuseio e transporte de materiais. Por exemplo, algumas instalações proíbem o uso de raspadores de correia desenvolvidos com uretano. Normalmente, essa é uma decisão de cada fábrica; parece não haver regra alguma definida pelo setor, nem mesmo em nível corporativo.
- Os problemas do setor abrangem o uso de fontes adicionais ou alternativas de combustível, incluindo lascas de pneu.
- Outras operações industriais podem se beneficiar com o uso de melhores sistemas



de transporte, incluindo geração de energia, manuseio de cinza e manuseio de produtos químicos.

- A inclusão de papel reciclado no processo de produção de papel pode afetar as exigências de processamento de madeira da fábrica.
- A maioria dos moinhos de papel funciona com várias origens de lascas, incluindo as obtidas por extração própria e as adquiridas de terceiros.
- Os materiais transportados nos moinhos de polpa e de papel apresentam alguns problemas. As fibras se entrelaçam facilmente, ocasionando acúmulo de material fibroso no equipamento e a conexão de chutes no pátio de madeira. Lascas de madeira contêm resina aderente que se acumula na correia e nos roletes e que é muito difícil de remover.

Transportadores e Pontos de Transferência

- Algumas aplicações nessa indústria são leves, enquanto outras são pesadas. Na ponta da escala de serviços pesados estão as aplicações próximas ao tambor do descascador, onde toras compridas ou curtas são descarregadas nos transportadores e levadas para o triturador.
- As correias do transportador têm normalmente entre 500 e 1.200 milímetros (24 a 42 pol.) de largura e operam com velocidades de 1,3 a 1,8 metros por segundo (250 a 350 pés/min). Em muitos casos, as correias são planas ou possuem chevron.
- Varetas e lascas tendem a ficar presas sob os chutes e podem bloquear a área de carga ou causar derramamento. É necessário prestar atenção no projeto do chute de carga, utilizando chutes de carga afunilados e gradualmente ir aumentando a altura das buchas para evitar que isso aconteça. Vedações da saia autoajustáveis tendem a ser mais autolimpáveis do que sistemas fixos de vedação.
- O uso de canhões de ar precisa ser revisto cuidadosamente, porque lascas e tiras de madeira normalmente exigem canhões de ar muito maiores do que aqueles utilizados em uma aplicação típica, devido à porosidade desses materiais a granel.

- Nos moinhos de OSB (sigla para a expressão inglesa “oriented strand board”, que é uma espécie de compensado composto por pequenas lascas de madeira orientadas em uma mesma direção), as lascas possuem formas diferentes, mas também são recobertas com uma resina, antes que as lâminas sejam colocadas no forno. Dependendo da localização do processo de cobertura, os roletes podem sofrer um grave acúmulo de resina.



Limpeza da Correia

- A presença de resina de madeira, ou breu, na correia cria problemas para a limpeza. É difícil que essa resina seja removida por si só, o que faz com que outros materiais — tiras, lascas ou resíduos—também fiquem aderentes, complicando o processo de limpeza. A resina aderente na correia do transportador pode fazer com que as lâminas do preraspador de poliuretano apresentem trepidação e vibração, provocando o aquecimento da lâmina de limpeza e, em alguns casos, até mesmo seu derretimento. Lâminas finas com pontas de carboneto de tungstênio, operadas com pressões mais altas do que o normal, podem ser necessárias para resolver o problema. Fazer com que a correia funcione sem carga, permitindo que o raspador remova o acúmulo depois de cada ciclo de produção, também pode ajudar a evitar que o material endureça.
- A descarga do transportador alimentador do digestor contém substâncias químicas que podem enfraquecer as lâminas do raspador de correia de poliuretano e, conseqüentemente, diminuir a vida útil da lâmina.
- Correias com taliscas são utilizadas com frequência para mover as lascas ou tiras de casca para cima nas inclinações. Escovas rotativas e raspadores chevron são necessários para limpar essas correias, porém essas são aplicações difíceis.
- Nos transportadores que manuseiam tiras de casca, os raspadores secundários de “braço e lâmina” tendem a acumular material fibroso, o que interfere no desempenho. A limpeza será mais bem sucedida se forem utilizados raspadores de lâminas unitárias ou



raspadores alinhados sem braços.

- Pode ser necessário utilizar lâminas especiais no raspador de correia para a produção de papel branco, a fim de evitar a contaminação do papel com partículas coloridas originadas com o desgaste da lâmina.

Gerenciamento do Pó

- A supressão com neblina é comum, uma vez que as fábricas buscam evitar interferir no processo químico adicionando produtos químicos às polpas, como por exemplo, tensoativos para supressão do pó.
- Os sistemas de coleção de pó são comuns e em muitos casos existem grandes caixas coletoras.

MINERAÇÃO DE SUPERFÍCIE (CARVÃO E OUTROS MINERAIS)

(Consulte também Mineração de Carvão e Mineração Hardrock).

Em Geral

- A grande quantidade de materiais manuseados nessas operações leva ao uso de equipamentos superdimensionados — desde escavadeiras por roda de caçamba até caminhões basculantes — e sistemas de transporte com correias largas, de alta velocidade e grandes tonelagens.
- Os materiais extraídos nas minas de superfície variam de linhito e carvão de baixa qualidade a minérios para metais básicos e preciosos.
- Normalmente, grandes quantidades de solo e subsolo devem ser removidas antes que se possa alcançar o minério. Esse capeamento estéril pode alterar significativamente as características do material, conforme camadas diferentes de estrato são removidas até se atingir o nível do minério. Depois que o capeamento estéril é removido é que se inicia a retirada do material desejado.
- O capeamento estéril e o minério devem ser removidos com uma combinação de escavadeira dragline ou por roda de



caçamba, que irão alimentar os caminhões de mineração ou os transportadores de alta velocidade.

- A recuperação das áreas de mineração frequentemente envolve outros sistemas de manuseio de materiais de alta capacidade.

Transportadores e Pontos de Transferência

- Transportadores largos, com altas velocidades e alta capacidade são a regra, e não o contrário. Por exemplo, as operações de linhito alemão utilizam transportadores com larguras de correia de até 3.200 milímetros (124 pol.), que funcionam com velocidades de até 10,5 metros por segundo (2.100 pés/min). Essas operações estimulam os fornecedores de equipamentos a criar sistemas maiores, mais rápidos e com maiores tonelagens.
- Frequentemente existem níveis extremos de impacto nas zonas de carga do transportador, devido a materiais brutos e não triturados. As zonas de carga devem ser projetadas para essas forças com roletes de impacto e mesas de impacto, ou uma combinação desses dois componentes. Para administrar esse impacto, muitas operações incorporam roletes catenários, acarretando dificuldades para a vedação das zonas de carga.
- As características dos materiais em constante mudança — de diferentes camadas de capeamento estéril, por exemplo — podem permitir acúmulos que podem obstruir ou bloquear os chutes. A instalação de canhões de ar e/ou vibradores nos chutes de transferência podem ser úteis. Problemas graves de limpeza da correia e de bloqueio dos chutes ocorrem no inverno ou nas estações chuvosas.

Limpeza da Correia

- Alta velocidade da correia e do material aumentam a temperatura de fricção e os níveis de vibração. Os raspadores da correia devem ser projetados para suportar essas condições. Utiliza-se frequentemente pré-raspadores com um alto teor de poliuretano para dissipar o calor e aumentar a vida útil.
- Altas velocidades de operação do transportador em algumas aplicações podem evitar o uso de raspadores secundários de alta pressão; entretanto, as grandes polias dianteiras nos transportadores de minas de superfície podem ter espaço suficiente para

dois pré-raspadores de baixa pressão abaixo da trajetória do material.

- A alta aderência do material pode exigir o uso de um quebrador de crosta, instalado antes do pré-raspador, para aumentar o desempenho geral da limpeza e a vida útil do pré-raspador e dos sistemas secundários de limpeza.
- A limpeza da correia de retorno é importante devido ao tamanho potencialmente grande e à natureza aderente dos materiais. Esses materiais ficam presos entre a correia e as polias de curva e podem danificar a correia, perfurando-a ou aumentando a tensão. O acúmulo de material também pode rapidamente causar o desalinhamento da correia.
- Dispositivos de limpeza para o lado interno da correia devem ser projetados para altos impactos e para evitar que os materiais fiquem presos no sistema de suspensão. Os raspadores da polia são normalmente aplicados além dos raspadores traseiros de proteção.
- Devido ao comprimento e à capacidade de carga de algumas correias, transmissões duplas (com a segunda transmissão sendo do tipo acelerador de descarga) são instaladas algumas vezes, o que pode ser outra fonte de derramamento. É particularmente difícil instalar raspadores para esses casos, devido ao espaço limitado e aos pequenos diâmetros das polias. O uretano de alto desempenho pode fornecer desempenho e vida útil superior nas aplicações de limpeza pesada.

Gerenciamento do Pó

- A água aplicada em forma de spray é o método típico de supressão de pó. Entretanto, as altas taxas da aplicação de água irão aumentar os problemas com materiais residuais ou obstrução dos bicos dos pulverizadores de água. Além disso, a disponibilidade de água pode ser um problema. A supressão com tensoativos ou com espuma pode ser considerada como alternativa.
- O caminhão basculante que leva o material ao triturador primário, em geral exige sistemas de contenção de pó. O pó dos caminhões basculantes é normalmente controlado com o uso de depósito para decantação.

CONHEÇA SEU "INIMIGO"

Concluindo...

Cada indústria que utiliza transportadores de correia para manuseio de materiais a granel possui condições exclusivas que precisam ser levadas em conta quando se determina a configuração do transportador e dos acessórios. Embora existam alguns itens que se aplicam ao uso dos transportadores em geral, as diferenças entre os materiais transportados, entre as condições do local em que os transportadores estão localizados, entre os equipamentos e os padrões da indústria, afetam os esforços para se limitar o derramamento e o pó.

A Seguir...

O capítulo Considerações sobre Indústrias Específicas é continuação da seção Panorama do Manuseio de Materiais a Granel, explicando a importância de conhecer as condições exclusivas das indústrias envolvidas nos esforços para redução de materiais fugitivos. O próximo capítulo, Considerações sobre Transportadores Especializados, encerra essa seção.



Figura 33.1

Existe uma série de transportadores adequados para materiais incomuns ou exigências especiais, que oferecem alternativas ao sistema de transportador de correia côncava convencional.

Capítulo 33

CONSIDERAÇÕES SOBRE TRANSPORTADORES ESPECIALIZADOS

A Necessidade de Sistemas Especializados de Transportadores	505
Transportadores de Correia com Cabo	506
Correias com Ranhuras (Chevron)	507
Transportadores com Curvas Horizontais e/ou com Curvas Verticais	508
Transportadores Aletados	509
Transportadores Enclausurados	510
Transportadores Tubulares, com Bolsa ou Dobráveis	510
Transportadores Sanduíche	512
O Futuro da Tecnologia dos Transportadores	513
A Necessidade de Sistemas Alternativos	513

Neste Capítulo...

Neste capítulo descrevemos uma série de alternativas ao transportador de correia côncava convencional, que serão utilizadas quando surgirem circunstâncias especiais. Para cada tecnologia alternativa apresentada, fornecemos os benefícios, as desvantagens e suas aplicações típicas. Também abordamos o futuro da tecnologia do transportador.

Embora o transportador de correia côncava convencional domine o mercado para a maioria das aplicações, existe uma busca crescente por construções de transportadores de correia especializados ou alternativos (**Figura 33.1**). Esses sistemas ainda utilizam correias para transportar a carga, mas outros componentes sofreram alterações. As mudanças permitem que esses transportadores forneçam diferentes capacidades ou sejam utilizados para aplicações especiais.

A NECESSIDADE DE SISTEMAS ESPECIALIZADOS DE TRANSPORTADORES

Existem várias características comuns entre as diversas tecnologias alternativas descritas aqui. As mais comuns são:

A. Melhoria do controle ambiental.

A maioria dos transportadores de última geração exige transporte limpo, ou seja, sem derramamento nem pó. Minimizar os pontos de transferência, embutir as correias e controlar o derramamento e o pó associados às operações de carregamento e descarregamento, é essencial para obter e manter licenças, manter condições seguras de trabalho e aumentar o desempenho do sistema do transportador. Os transportadores não convencionais discutidos aqui podem fornecer benefícios gerais ou específicos, através da melhoria do controle de material.

B. Redução dos custos de mão de obra e de capital.

Essas tecnologias avançadas dos transportadores são frequentemente selecionadas com o objetivo de reduzir tanto o tamanho da “área de cobertura” do transportador (ou seja, a área necessária para instalar o sistema) como o número de pontos de transferência

necessários para transportar a carga do ponto de carregamento até o ponto de descarregamento e também para reduzir os custos de capital e de manutenção. Reduzir o tamanho da área de cobertura pode ser vantajoso em situações onde existam restrições significativas de espaço. Também esta é uma alternativa econômica em termos de investimento de capital em componentes estruturais e em termos de custo operacional de manutenção. Uma programação de construção mais curta pode ser uma vantagem a mais, porque muitos desses projetos são modulares e podem ser fabricados fora do local de instalação e “despejados” quando forem levados para lá.

C. Redução do número de pontos de transferência.

Além de exigir menos investimento em componentes de pontos de transferência, como roletes, sistemas de vedação, chutes de transferência e chapas de desgaste, esses transportadores especializados não precisam de homens-hora ou dos equipamentos normalmente necessários para tratar o pó e o derramamento. Também há menos degradação de material, uma vez que o material passa por poucos pontos de transferência.

Existem vários fatores que influenciam o avanço das tecnologias de transportadores, incluindo as sempre presentes (e conflitantes) necessidades de atravessar terrenos difíceis e minimizar o investimento de capital. Entretanto, um fator que está surgindo como denominador comum em todas as aplicações de tecnologias de transportadores especializados é a proteção ambiental: manter o material livre de contaminação e evitar que esse material contamine a área ao redor do sistema.

Esses sistemas oferecem alternativas eficazes ao transportador de correia côncava convencional, nos locais onde existem materiais incomuns, exigências especiais ou limitações de espaço.

Sem fazer referência a marcas ou informações de propriedade, a seguir resumimos uma série dessas tecnologias de transportadores especializados, listados em ordem alfabética. Informações adicionais sobre tecnologias alternativas de transportadores estão disponíveis no livro *Belt Conveyors for Bulk Materials (Transportadores de Correia para Materiais a*

Granel), Sexta Edição, da Conveyor Equipment Manufacturers Association's (CEMA - Associação de Fabricantes de Equipamentos de Transportador), ou com o fabricante de qualquer sistema específico. (Consulte o Capítulo 23: Transportadores Sustentados por Ar; para obter mais informações sobre esse tópico.)

TRANSPORTADORES DE CORREIA COM CABO

Em vez de roletes, os sistemas de transportadores de correia com cabo suportam a correia com dois cabos contínuos, um deles próximo à borda da correia (**Figura 33.2**). Esses cabos suportam tanto os lados de transporte como o de retorno da correia, e fazem com que o mecanismo para mover a correia, conforme a potência de transmissão, seja aplicado a eles.

Transportadores de correia com cabo utilizam uma correia especial com altos níveis de rigidez. A correia é mais rígida na largura do que as correias de um transportador comum. Isso acontece porque, como o sistema não utiliza roletes, a correia deve suportar tanto seu próprio peso como o da carga. Os trilhos (ou cunhas do tipo “forma de sapato”) que prendem os cabos são moldados tanto na cobertura superior como na inferior da correia, próximo às bordas externas.

As zonas de carga e descarga de material lembram as de um transportador convencional, com as polias projetadas para acomodar os trilhos dos cabos na correia. Os cabos e a

correia são separados na extremidade de carregamento traseira e na extremidade de descarregamento dianteira, onde cada um deles é enrolado em uma polia separada.

Os transportadores de correia com cabo (ou corda de fios) são mais apropriados para aplicações de longa distância com curvas verticais e horizontais; oferecem transporte confiável por longas distâncias e topografias difíceis. As aplicações típicas são de no mínimo um quilômetro (3.300 pés) de comprimento. Como esses transportadores podem fazer curvas horizontais e verticais, as correias com cabo podem reduzir a necessidade de pontos de transferência; a degradação do material e os custos de manutenção associados aos pontos de transferência consequentemente também diminuem.

Benefícios

- Esses transportadores são adequados para curvas horizontais e/ou verticais. Também são bastante adequados para aplicações sobre terrenos difíceis.
- São ideais para transporte de longa distância. Uma instalação típica tem no mínimo 1.000 metros (3.300 pés) de comprimento.
- Oferece um movimento suave. O material não é separado devido à agitação criada pelos roletes.

Desvantagens

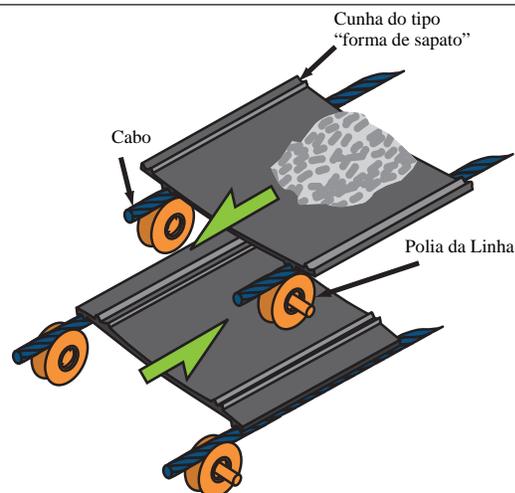
- Troca de projeto.

A fricção existente entre os sistemas de correia e de cabo é inadequada para o uso do suporte de correia adequado na área de carga.

- É difícil vedar ou limpar a correia. O equipamento necessário pode fazer com que a correia se amontoe ou estique. A colocação do mecanismo de transmissão do cabo na polia dianteira dificulta a colocação dos raspadores nos locais corretos.

Figura 33.2

Os transportadores a cabo usam um cabo para suportar e mover a correia



- Vulnerabilidade às condições climáticas. O clima pode causar perda de fricção entre o cabo e a correia.

Aplicações Típicas

- Sistemas terrestres longos.

Esses sistemas são comprovadamente eficazes no manuseio de minério em terrenos difíceis.

CORREIAS COM RANHURAS (CHEVRON)

Correias com talisca são correias que possuem grandes nervuras, aletas ou chevron em sua superfície (**Figura 33.3**). Essas taliscas podem ser colocadas na superfície da correia por vulcanização ou com prendedores mecânicos. A construção do transportador é convencional no lado de transporte, com o ângulo de concavidade limitado pela rigidez da correia e pela configuração das taliscas. Os roletes de retorno devem suportar as taliscas através do uso de cilindros divididos, discos de borracha ou roletes da aleta. Em alguns casos, as correias possuem chevron invertido estreito - 12 milímetros (0,5 pol.) ou menos - preso ou moldado à superfície (**Figura 33.4**). Geralmente essas correias não precisam de roletes de retorno.

Benefícios

- Permite maior ângulo de inclinação. Esses sistemas podem transportar material em inclinações de até 45°. Isso faz com que a área de cobertura total do sistema do transportador seja reduzida (**Figura 33.5**).

Desvantagens

- Limitações à capacidade.
À medida que o ângulo de inclinação aumenta, a capacidade diminui.
- Probabilidade de as taliscas causarem algum tipo de dano. Objetos elevados acima da superfície da correia podem causar danos devido ao cascalho, às vedações e aos raspadores.
- Dificuldade para limpar a correia. Dispositivos especiais, como pulverizadores de água, cortinas de ar, batedores ou raspadores especialmente projetados com palhetas, devem ser instalados para controlar o material residual. O chevron invertido pode facilitar a limpeza da correia, mas,

mesmo assim, serão necessários dispositivos especiais de limpeza.

- Dificuldade com a vedação da saia. As taliscas devem ser desbastadas na borda da correia para que os sistemas de vedação controlem o pó e o derramamento.
- Tolerância limitada à desregulagem da correia. As áreas com talisca irão se movimentar de um lado para outro, abaixo do sistema de vedação, e poderão desgastar prematuramente a vedação se a correia não estiver bem alinhada na área de carga.

Aplicações Típicas

- Agregados e produtos de madeira.

Esses sistemas são especialmente úteis para essas duas aplicações, devido ao espaço limitado e/ou a inclinação muito acentuada.

- Materiais a granel “redondos”.

As taliscas e o chevron são eficazes nos casos em que a carga tende a rolar de volta no transportador.

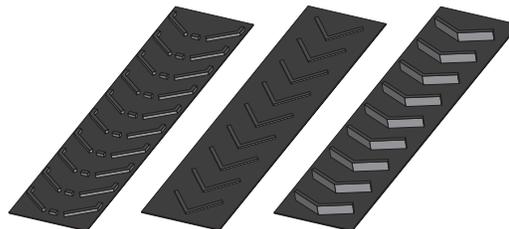


Figura 33.3

As ranhuras da correia estão disponíveis em uma série de configurações, variando de acordo com a carga a ser transportada.



Figura 33.4

Nas correias com chevron invertido, o chevron é moldado na superfície da correia.



Figura 33.5

Correias com chevron são eficazes para transportar material para cima em transportadores inclinados.

TRANSPORTADORES COM CURVAS HORIZONTAIS E/OU CURVAS VERTICAIS

Transportadores de correia com curvas verticais e horizontais são utilizados quando os transportadores terrestres são incapazes de conectar o ponto de carregamento e o ponto de descarregamento em linha reta, devido às obstruções do terreno, às limitações do direito de passagem, às restrições industriais ou de propriedade ou por qualquer outra razão. As capacidades de curva eliminam a necessidade de um ou mais pontos de transferência intermediários (**Figura 33.6**).

Os transportadores de correia convencionais podem ser feitos para girar em uma curva horizontal elevando os roletes no lado externo do raio. Além de acomodar a estrutura elevada, nenhuma outra grande alteração é necessária, e os transportadores utilizam componentes normalmente disponíveis.

É necessária uma análise de projeto para especificar qual é a correia, a elevação e a tensão correta para uma determinada situação. O raio de giro varia, mas, em geral, é da ordem de 95 metros (300 pés).

Transmissões intermediárias são utilizadas para controlar as tensões da correia, quando são estrategicamente colocadas, para permitir que a correia faça uma curva em um ângulo muito fechado. Inclinando os roletes, os projetistas desses transportadores com curvas puderam obter a geometria e a tensão desejada da correia. O projeto, através de simulações computadorizadas, permitiu que os projetistas garantissem que os componentes do sistema interagissem juntos de forma apropriada.

A melhor aplicação para essa tecnologia permite que longos transportadores terrestres se adaptem ao terreno, eliminando, assim, pontos de transferência. O projeto e a construção se desenvolveram a um ponto tal que é comum ver transportadores terrestres com quilômetros

(milhas) de comprimento incorporando várias curvas horizontais.

As curvas verticais nos transportadores podem ser côncavas (abertura para cima) ou convexas (abertura para baixo). As curvas para baixo normalmente não apresentam muitos problemas, mas a curva deve ser gradual, de forma a não danificar a correia, dobrando-a muito rapidamente na área curva. Entretanto, as correias com curvas para cima quase sempre apresentam problemas. Se o sistema de curva para cima não for perfeitamente projetado ou se ocorrerem alterações na carga ou na tensão da correia, a correia irá descolar dos roletes na área curva. Isso pode elevar a correia na área de carga, causando um sério dano à correia e impossibilitando a vedação da área de carga.

Benefícios

- Pode eliminar a necessidade de um ponto de transferência.
As curvas podem ter sua direção alterada nos pontos em que, no caso dos transportadores convencionais, seria necessário adicionar pontos de transferência.

Desvantagens

- É necessário um projeto adicional. O projeto do sistema pede engenheiros mais experientes e, portanto, mais caros.
- Construção mais complicada. Instalar o sistema para atingir um caminho preciso sobre a paisagem exige um alto nível de especialização.
- Tensão na borda da correia. O aumento da tensão na borda pode causar problemas na correia e nas roldanas.

Aplicações Típicas

- Transportadores terrestres longos.

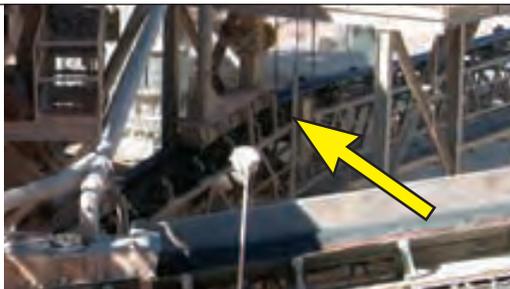
As curvas permitem que o transportador ultrapasse os obstáculos sem necessitar de pontos de transferência.

- Transportadores de elevação

O sistema permite elevar o material até o recipiente de armazenamento ou processar operações em lugares altos na fábrica.

Figura 33.6

Um pouco de engenharia irá permitir que os transportadores incorporem curvas verticais ou horizontais.



TRANSPORTADORES ALETADOS

Os transportadores tipo aletado são similares aos transportadores com taliscas, com a diferença de que, nesse caso, os transportadores possuem grandes taliscas centralizadas (**Figura 33.7**). Paredes laterais flexíveis são acrescentadas à correia, formando uma série contínua de bolsas similares a uma caçamba elevatória. A correia é construída de forma especial, com uma grande rigidez, para se adaptar à curvatura necessária. As polias de retorno são limitadas para entrar em contato apenas com as bordas externas da correia. O transportador de correia tipo aletado é configurado normalmente em forma de um “S” e utilizado em situações onde o espaço disponível é limitado. Os transportadores tipo aletado oferecem grande capacidade de transporte em lugares muito altos e que dispõem de espaços mínimos (**Figura 33.8**).

Benefícios

- Pode elevar a carga em espaços relativamente pequenos. O sistema pode elevar carga verticalmente com suporte mínimo da correia.
- Permite a colocação da carga onde for necessário. A correia pode ser torcida ao redor do eixo vertical para permitir o descarregamento contrabalaneado.
- Forma sua própria vedação. Não é necessária vedação lateral.
- Segue um caminho restrito. Curvas convexas e côncavas relativamente apertadas podem ser incorporadas.

Desvantagens

- Exige correia especial.
A correia é cara e deve ser personalizada. Isso pode gerar longos períodos de tempo para que a correia seja substituída.
- As bolsas são suscetíveis a danos. As paredes se estendem acima da superfície da correia e podem ficar presas em algum obstáculo.
- Dificuldade para limpar a correia.
Os raspadores de correia convencionais são ineficazes para remover o material de dentro dos bolsos (pockets).



Figura 33.7

Os transportadores tipo aletado incorporam reforços centralizados e paredes laterais flexíveis para contenção do material.



Figura 33.8

Transportadores tipo aletado oferecem grande capacidade de transporte em lugares muito altos e que dispõem de espaços mínimos.

Aplicações Típicas

- Cascalhos pequenos e secos ou materiais a granel finos e secos exigem inclinações acentuadas. O material transportado em correias aletadas e com taliscas não irá rolar de volta nos transportadores inclinados.
- Aplicações com espaço limitado. O material contido pode ser elevado em um ângulo de inclinação acentuado, fazendo com que o transportador precise de espaço mínimo.

TRANSPORTADORES ENCLAUSURADOS

Transportadores enclausurados são totalmente fechados no local onde a correia possui taliscas ou nervuras no lado de carga. Além de movimentar a carga, a função dessas nervuras é auxiliar a levar o material derramado e o pó ao longo do deck, abaixo do ciclo de retorno, até a área de carga (**Figura 33.9**). Existem vários métodos para o autocarregamento do derramamento e do pó de volta para a correia. Normalmente, com pás presas à polia traseira. Alguns projetos possuem roletes totalmente fechadas; outros possuem roletes em balanço ou acessíveis pelo lado externo.

Benefícios

- Fornece transporte e laterais de retorno fechados do transportador. O pó e o derramamento ficam contidos dentro do compartimento fechado.
- Utiliza construção modular. O projeto e a fabricação reduzem o tempo necessário para instalação.
- Não é necessário nenhuma calha-guia, tampouco ajuste ou substituição da borracha de vedação.

Desvantagens

- Sistema de arrasto problemático. O sistema de arrasto pode não ser eficaz para todos os materiais. Os materiais aderentes irão se acumular.
- A manutenção dos roletes é difícil. A localização dos componentes de rolagem em um compartimento fechado torna o acesso um desafio.
- Velocidade limitada devido ao atrito causado pelo sistema do ciclo de retorno de material. O derramamento devolvido pode tornar todo o sistema lento.

Aplicações Típicas

- Manuseio de grãos.

Esses sistemas são vistos normalmente em elevadores de grãos e em fábricas de processamento.

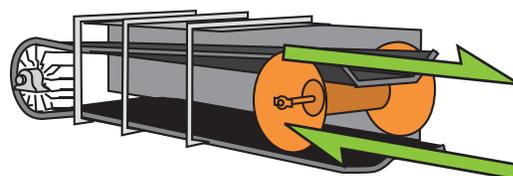


Figura 33.9

Transportadores fechados possuem reforços para puxar o material para a área de descarregamento.

TRANSPORTADORES TUBULARES, COM BOLSA OU DOBRÁVEIS

Essa classe de transportadores especializados utiliza uma correia e um sistema de transporte que são especialmente projetados (**Figura 33.10**). Em todos os casos, a correia é feita em um formato fechado, à prova de pó, e em forma de tubo. Nos transportadores com bolsa, a correia possui bordas especiais que são capturadas por um sistema de transporte suspenso similar a um transportador de trole. Transportadores tubulares apresentam uma correia especialmente construída, que é enrolada dentro de um tubo por uma série de roletes radialmente colocadas. O tubo é aberto nos pontos de carregamento e descarregamento com guias especiais (**Figura 33.11**).

Como esses transportadores são completamente fechados, eliminam-se a poluição ambiental e o derramamento durante o transporte, evita-se a contaminação ou o perda da carga e reduz-se a degradação do produto. As curvas horizontais, que podem ser obtidas com transportadores tubulares, diminuem a quantidade de pontos de transferência e a quantidade de transmissões necessárias para fazer o sistema funcionar. Os transportadores tubulares podem se adaptar a aclives e declives acentuados, o que pode reduzir o comprimento de um transportador, enquanto se adapta a restrições de espaço ou de propriedade. A correia de retorno de um transportador tubular também pode ser feita no formato de um tubo para fechar o lado sujo da correia, a fim de evitar o derramamento e o pó. Em alguns casos, a correia de retorno pode ser usada para transportar material.

Benefícios

- Reduz as zonas de carga e os pontos de transferência. Esses sistemas são capazes de fazer curvas bastante acentuadas tanto na vertical como na horizontal, e, conseqüentemente, eliminar os pontos de transferência.
- Permitem uma operação livre de contaminação. A carga fica fechada, e, portanto, nenhum material escapa e nenhum fator de contaminação entra.
- Permite taxas de fluxo razoáveis para a maioria dos materiais a granel. O sistema oferece uma capacidade adequada para a maior parte das necessidades.



Figura 33.10

À esquerda: transportadores tubulares enrolam a correia dentro de um tubo para conter o material. À direita: transportadores com bolsa, ou dobráveis, prendem a borda da correia para formar uma bolsa.

- Pode transportar material nas duas direções.
O sistema pode carregar material de um porto e para por exemplo, e, assim, eliminar a necessidade de um segundo sistema de transportador.

Desvantagens

- Maior custo.
A estrutura, as guias e a correia são mais complicados e, portanto, mais caros.
- Exige correia especialmente projetada.
Uma correia especial pode aumentar o custo e o tempo, quando for necessário fazer uma substituição.
- Dificuldade de vedação nos pontos de carga.
A transição da correia para o formato final dificulta a vedação.
- Exige limpeza da correia.
A limpeza da correia é crítica, pois o material residual pode interferir no equipamento que carrega a correia.
- Exige energia adicional.
O sistema pode usar até 30% a mais de energia do que os transportadores de correia côncava convencionais.



Figura 33.11

O tubo é aberto nos pontos de carga e descarga com guias especiais.

Aplicações Típicas

- Portos.
O confinamento da carga evita o derramamento na água.
- Aplicações industriais, onde o espaço é limitado.
A capacidade do sistema de se adaptar a caminhos com um ângulo de inclinação muito alto ou com curvas permite a instalação em espaços apertados.
- Materiais que exigem operação livre de contaminação.
O confinamento da carga protege a carga de contaminantes.

TRANSPORTADORES SANDUÍCHE

Transportadores sanduíche ou transportadores com inclinações acentuadas são geralmente utilizados para carregar material para cima em ângulos acentuados. A carga é colocada entre as duas correias, como o recheio em um sanduíche (**Figura 33.12**). Esses sistemas utilizam roletes modificados para capturar a carga e formar o sanduíche. Em geral, esses transportadores têm forma de “S” e são normalmente usados para elevar ou baixar cargas verticalmente em uma área de cobertura pequena (**Figura 33.13**).

Figura 33.12

Os transportadores sanduíche colocam a carga entre duas correias para carregá-la para cima em inclinações acentuadas.

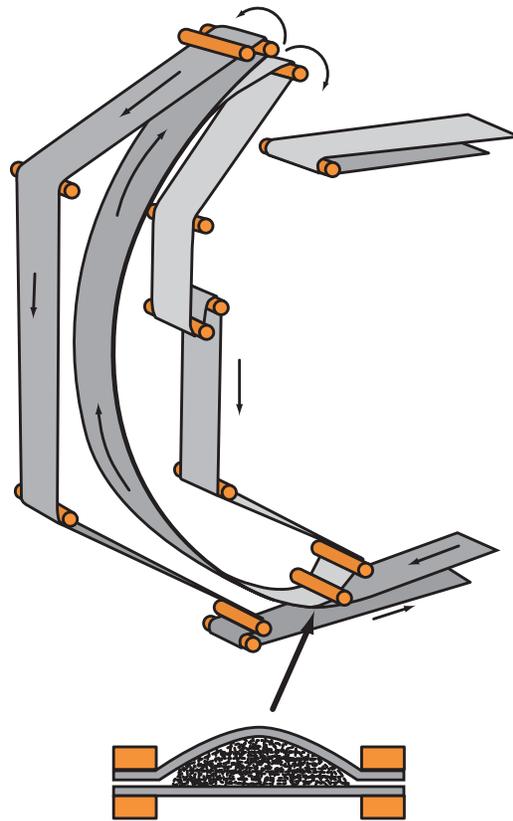


Figura 33.13

Os transportadores sanduíche são vistos geralmente em aplicações como enchimento de silos e navios autodescarregáveis.



Benefícios

- Pode transportar grande quantidade de material para cima em inclinações acentuadas.
- O sistema prende o material, e, assim, a correia pode ascender em inclinações acentuadas sem perda do material.
- É ideal para espaços físicos limitados.
- O ângulo acentuado de inclinação assegura as exigências de área de cobertura do transportador.

Desvantagens

- Manutenção difícil nos componentes de rotação.
- Esses sistemas encerram certa quantidade de componentes em espaços estreitos.
- Carregamento crítico para operação eficiente.
- Caso o material seja posicionado inadequadamente durante o carregamento, a correia sanduíche pode não estar bem vedada, eliminando os benefícios do sistema.
- Limpeza difícil da correia.
- A limpeza da correia apresenta desafios especiais, uma vez que a correia superior deve ser limpa de ponta-cabeça. O espaço para limpeza da correia e para alinhar o equipamento é limitado.

Aplicações Típicas

- Operações de trituração em poços.
- Esses sistemas são úteis em locais como poços, por exemplo, que exigem um ângulo de inclinação acentuado para elevar o material.
- Enchimento de silos.
- O sistema é útil devido ao grau de inclinação elevado que pode reduzir a área de cobertura do transportador.
- Navios autodescarregáveis.
- Esses sistemas permitem elevar material do receptáculo para o navio.

O FUTURO DA TECNOLOGIA DOS TRANSPORTADORES

Conforme essas tecnologias avançadas continuam a evoluir, os benefícios esboçados na seção anterior irão se tornar recursos comuns nos sistemas de transporte. Conseqüentemente, os transportadores de correia irão ter poucos pontos de transferência e exigir menos manutenção. Outras alterações irão ocorrer, incluindo a adoção de novos materiais e de planos de manutenção melhores.

Novos Materiais de Correia

Os transportadores de correia serão fabricados com materiais desenvolvidos recentemente e que são mais leves e capazes de suportar altas temperaturas. Componentes sintéticos para as emendas podem substituir as emendas mecânicas e vulcanizadas. A cobertura antiestática e antiaderente da correia irá repelir o material para reduzir o material residual, além de mostrar maior resistência ao desgaste e ao clima.

Manutenção Preditiva e Diagnósticos Remotos

Um maior número de sistemas de transportadores irá incorporar sensores que fornecem alertas de manutenção quando o equipamento exigir atenção. Programas de manutenção preditiva, que monitoram on-line os sistemas de transportador e geram relatórios de monitoração que podem prever as falhas esperadas, oferecem a possibilidade de diminuir significativamente os custos de manutenção. Com essas informações precisas, concisas e práticas sobre a condição operacional do equipamento crítico da fábrica, o pessoal de manutenção será capaz de diagnosticar problemas como defeitos de desequilíbrio, desalinhamento dos rolamentos, antes que eles ameacem a produção.

Dispositivos de diagnóstico remoto estão disponíveis para apontar os pontos críticos, detectar níveis de umidade e prever falhas elétricas e mecânicas nos motores e em qualquer sistema que possa estar conectado aos motores. Os equipamentos de limpeza da correia que se ajustam às mudanças no coeficiente de fricção da superfície da correia

estão disponíveis. Outros sensores utilizam análise de vibração, alinhamento a laser e análise de óleo e de lubrificante, para alertar o pessoal de manutenção sobre os componentes que exigem atenção. A prevalência desses dispositivos tende a aumentar em um futuro próximo. A adoção dessas novas tecnologias irá resultar na redução dos custos de manutenção devido à atenção oportuna dada à deterioração dos equipamentos, em vez das interrupções de emergência para tratar as falhas catastróficas desses equipamentos.

A NECESSIDADE DE SISTEMAS ALTERNATIVOS

Concluindo...

Existem numerosos exemplos de instalações de manuseio de materiais a granel, que utilizam tecnologias avançadas de transportadores de correia para cumprir as regulamentações ambientais, transportar materiais por longas distâncias em topografias difíceis e maximizar o retorno sobre o investimento.

Esses sistemas alternativos de transportadores podem ser adequados para determinadas instalações ou para resolver um problema em particular. Entretanto, cada um deles apresenta seu próprio conjunto de limitações e desvantagens. Esses sistemas existem por várias razões: alcançaram algum grau de aceitação comercial porque satisfazem pelo menos uma necessidade. Para propósitos genéricos, o transportador de correia côncava convencional é o padrão em desempenho e o líder em valor com relação ao qual esses outros sistemas devem ser avaliados. Os transportadores de correia côncava possuem um longo histórico de desempenho satisfatório em condições desafiadoras.

A Seguir...

Este capítulo sobre Transportadores Especializados é o capítulo final do Panorama do Manuseio de Materiais a Granel e o capítulo final deste livro. A seção a seguir descreve Pesquisa, Desenvolvimento de Pessoal, Serviços e Produtos na *Martin Engineering*, incluindo o Centro para Inovação do Manuseio de Materiais a Granel (Center for Bulk Materials Handling Innovation) e os Workshops Foundations™.

MARTIN ENGINEERING

- PESQUISA 516
- DESENVOLVIMENTO DE PESSOAL 518
- SERVIÇOS 520
- PRODUTOS 521



CENTRO DE INOVAÇÕES PARA O MANUSEIO DE MATERIAL A GRANEL (CFI)

Para ajudar a compreender o comportamento de materiais a granel e o desempenho dos sistemas que lidam com esses materiais, a Martin inaugurou um centro corporativo de pesquisa, o Centro de Inovações para o Manuseio de Material a Granel (CFI).

Instalado em um prédio de 2.100 metros quadrados no *campus* da matriz da Martin em Neponset, Illinois, o CFI é composto por instalações de \$ 5 milhões de dólares, com metas de inovação, colaboração e educação para aprimorar o manuseio de materiais a granel.

O Centro de Inovações compromete-se em manter a produtividade e rentabilidade aprimoradas em operações onde o manuseio eficiente e limpo de material a granel é primordial. O novo centro corporativo de pesquisa da *Martin* é voltado para o aprimoramento do manuseio de material a granel em indústrias, tais como mineração, cimento, papel e celulose, produção de areia e cascalho e geração de energia através da queima de carvão.

A União da Ciência Fundamental com Desenvolvimento de Produtos

Tanto um laboratório de ciências fundamentais como um centro de desenvolvimento de produtos, o CFI colabora com diversos parceiros, incluindo associações industriais e universidades, para uma pesquisa prática no campo, visando a solucionar os problemas comuns associados ao manuseio de materiais a granel. Esses problemas geram gastos adicionais com manutenção e acarretam produtividade

reduzida.

A equipe em tempo integral do CFI, incluindo cientistas, engenheiros e técnicos, está dedicada a progredir na compreensão do comportamento de materiais a granel e do desempenho de sistemas de manuseio de material.

O CFI tem tanto os instrumentos científicos como os equipamentos para o manuseio de materiais em escala natural, incluindo um sistema transportador de recirculação em três partes, para testar materiais a granel e componentes sob condições de operação simuladas.



O sistema transportador de recirculação em três partes, no Centro de Inovações Martin para o Manuseio de Material a Granel, leva em conta o teste de manuseio de materiais escala natural.

Laboratórios para Pesquisa Especializada

Laboratórios específicos levam em conta a análise e os testes de características e desempenho de metais, polímeros e materiais a granel, assim como os testes realizados por uma máquina de aceleração de tempo que simula a reação dos componentes submetidos a uma variedade de ambientes hostis.

“O Centro de Inovações para o Manuseio de Material a Granel representa um grande compromisso perante as indústrias nas quais atuamos.”

– Edwin H. Peterson
Presidente

A Martin é a pioneira no setor a assumir essa abordagem vanguardista de ciência fundamental no aprimoramento do manuseio de materiais a granel. De acordo com o Presidente da Martin, Edwin H. Peterson, “O Centro de Inovações para o Manuseio de Material a Granel representa um grande compromisso perante as indústrias nas quais atuamos. Nossos parceiros de pesquisa serão beneficiados com uma melhor compreensão das características dos materiais a granel que utilizam e de como devem ser manuseados. Isso conduzirá novas tecnologias que tornarão o manuseio de materiais mais limpo, seguro e produtivo”.

Um Recurso Educacional

O CFI oferece recursos de treinamento e educação, inclusive uma sala de treinamento de última geração, com 44 lugares, e um centro de videoconferência.

O CFI também inclui um ciclo de simulação de processos com três transportadores em recirculação. Um deque de observação permite que visitantes visualizem o ciclo de simulação de processos através de uma janela ou por meio de um circuito fechado de câmeras de vídeo.

Liderança para o Setor

O Centro de Inovações irá ajudar a Martin a manter sua posição de líder em inovação de sistemas de material a granel, com o objetivo de tornar o manuseio mais limpo, seguro e produtivo.





WORKSHOP FOUNDATIONS™ DA MARTIN, EM PROL DE TRANSPORTADORES DE CORREIA LIMPOS, SEGUROS E PRODUTIVOS

Os Workshops Foundations™ da Martin ensinam desde profissionais mais experientes aos recém contratados sobre a utilização de transportadores de correia nas operações de manuseio de materiais a granel.

Esses programas educacionais não comerciais introduzem informações sobre prevenção de danos, controle do material fugitivo, redução de gastos com manutenção, aumento da segurança e aprimoramento da eficiência operacional. São apropriados para qualquer pessoa interessada em melhorar segurança, condições de trabalho, desempenho e operações onde transportadores de correia são o caminho para o sucesso.

Suprindo suas Necessidades, de Acordo com seu Cronograma

As sessões dos programas podem ser agendadas de acordo com sua conveniência, em suas instalações, em um local neutro ou em uma conferência ou feira comercial; como parte de uma reunião da empresa; ou em uma sessão de treinamento específica. Elas podem ser fornecidas e focadas em funcionários de uma fábrica ou podem ser organizadas de maneira a beneficiar vários locais de uma empresa ou equipes de várias operações convenientemente localizadas. Turmas reduzidas mantêm o aspecto informal das apresentações e estimulam a discussão de problemas específicos.

Os Workshops Foundations™ inclui oportunidades para discutir problemas específicos dos transportadores e sua instalação. Mediante agendamento antecipado, um workshop em suas instalações pode ser precedido por uma vistoria do local

para documentar as condições e avaliar os equipamentos. Fotos digitais das pesquisas poderão ser inseridas no workshop, para que as discussões sejam voltadas para problemas específicos, e possíveis soluções.

Certificação

Essas turmas podem vir a ser consideradas Horas de Qualificação Profissional (PDHs). Certificados de conclusão são fornecidos a todos os que participam do workshop. Todos os seminários acompanham um teste executado com “livro-aberto” para verificar a compreensão da informação apresentada.

Instrutores dos Programas

O Workshop Foundations™ é ministrado por profissionais certificados da Martin que possuem anos de experiência em transportadores de correia.

Esses profissionais especializados são dotados de conhecimento teórico sobre os princípios relacionados aos transportadores e experiência prática na operação e solução de problemas em transportadores de correia. Os instrutores já observaram os transportadores manuseando uma variedade de materiais ao redor do mundo e forneceram soluções inovadoras para resolver problemas e aprimorar sua eficiência. Os instrutores dos workshops recorrem a uma gama de materiais para treinamento e utilizam um estilo interativo, mantendo as sessões dinâmicas e interessantes.

Para mais Informações

Para mais informações entre em contato com a Martin ou envie um email para foundations.br@martin-eng.com.

EM BREVE: 3 NÍVEIS DOS PROGRAMAS FOUNDATIONS™ TRANSPORTADORES

Nível 1: FOUNDATIONS™ BÁSICO WORKSHOP	Nível 2: FOUNDATIONS™ SEMINÁRIO SOBRE OPERAÇÕES & MANUTENÇÃO	Nível 3: FOUNDATIONS™ AVANÇADO SEMINÁRIO SOBRE TRANSPORTADORES
Audiência Novas contratações com pouco ou nenhum conhecimento em transportadores de correia.	Audiência Equipe de Operações e Manutenção, Supervisores e Gerentes de Produção e de Manutenção.	Audiência Desenvolvedores de Transportadores, Engenheiros e Gerentes de Fábricas e Usinas.
Duração 1 dia ou menos.	Duração Vários dias (2 dias, aproximadamente).	Duração Vários dias (de 1 a 5 dias).
Ênfase Conceitos básicos em transportadores, práticas de trabalho seguro e princípios fundamentais Foundations™, visando a operações de transportadores limpas, seguras e produtivas.	Ênfase Abordagem prática envolvendo problemas e soluções das complicações encontradas por aqueles envolvidos em operações práticas de transportadores.	Ênfase Aspectos técnicos e comerciais das operações de transportadores. Os tópicos discutidos incluem requerimentos de energia, <i>design</i> do ponto de transferência e cálculos de retorno dos investimentos.
Apresentação Este é um programa combinado que utiliza uma apresentação com notas informativas, permitindo que o curso seja ministrado por funcionários internos ou um especialista no assunto fornecido pela Martin. Os conceitos são ensinados utilizando uma linguagem de fácil entendimento. Dependendo das necessidades da audiência, o workshop básico pode ser introduzido em aproximadamente 3-5 horas e é desenvolvido para ampliar programas de treinamento com locais específicos.	Apresentação Esse seminário geralmente envolve pelo menos uma vistoria de um dia no local para averiguar as condições locais e uma discussão em turma de um dia, conduzida por um especialista no assunto fornecido pela Martin. Essa discussão é voltada para problemas e soluções em áreas tais como a do controle de materiais fugitivos, danos à correia, alinhamento falho, impacto, desgaste, limpeza da correia, controle de pó e controle e construção de ponto de transferência.	Apresentação O Seminário de Operações & Manutenção (nível 2) geralmente é considerado um pré-requisito para este seminário. O Seminário avançado Foundations™ é ministrado por um especialista da área fornecido pela Martin, que é engenheiro qualificado. Geralmente tem a duração de 1-5 dias, dependendo das áreas de interesse e exigências de certificação.



MARTIN ENGINEERING: VOLTADA PARA O APRIMORAMENTO DO MANUSEIO DE MATERIAIS A GRANEL



Por mais de 60 anos a Martin trabalha na solução de problemas no manuseio de materiais a granel em todos os setores ao redor do mundo. A Martin desenvolveu tecnologias inovadoras para aprimorar o manuseio de materiais a granel – que incrementam o fluxo, reduzem o pó e o derramamento, aumentam a vida útil do componente e reduzem o tempo de paralisação, melhoram o ambiente operacional e o resultado final – e respalda tudo isso com a *Garantia Incomparável Martin®*.

Áreas de Especialidade



Serviços de Campo Recursos para aprimorar as Operações em Instalações que Manuseiam Materiais a Granel

Para resolver problemas em plantas em funcionamento, a Martin oferece uma abrangente gama de serviços voltados para a melhoria do manuseio de material a granel. Especialistas em serviços – certificados, qualificados, experientes – vão ajudar a fazer uma diferença crucial no desempenho dos sistemas de manuseio em suas instalações.

- Instalação de Equipamento.
- Manutenção Especializada.
- Aprimoramento de Processos.

- Vistoria de Local
- Modelagem de Fluxo (DEM)
- Censo de Equipamento
- Inspeção a Laser
- Teste de Material a Granel
- Limpeza de Silo e Depósitos**
- Análise de Material de Retorno
- Manutenção de Canhões de Ar
- Monitoramento de Pó
- Biblioteca com Acervo On-line



Treinamento de Pessoal Instruções sobre o Porquê e Como Melhorar o Manuseio de Materiais a Granel

Através de seus pioneiros livros Foundations™ e seus Workshops, a *Martin* ajuda os colaboradores do setor a compreenderem a importância crítica do manuseio de materiais a granel. Os programas voltados para o cliente irão ajudar novos funcionários, operações em instalações e funcionários de manutenção e seus respectivos supervisores, desenvolvedores de transportadores, engenheiros e gerentes de instalações a controlar as variáveis que afetam os fatores críticos para o desempenho dos transportadores. Feitos sob medida para atender às suas necessidades, de acordo com o seu cronograma, os programas são fornecidos *in loco* ou em um local acordado mutuamente.

- Treinamento em Segurança de Transportadores.
- Workshops Foundations™ (3 Níveis).
- Programa de Certificação Técnica (CCT) em Transportadores de Correia.

MARTIN ENGINEERING: PRODUTOS DISPONÍVEIS

Produtos Relacionados aos Transportadores
Sistemas para Aprimorar Transportadores de Correia e Controlar Material Fugitivo

Transportadores de correia proporcionam sistemas confiáveis, seguros e eficientes que são capazes de movimentar milhares de toneladas de material por dia. Contudo, surgem problemas que conduzem a assuntos relacionados ao desempenho do sistema, à vida útil do componente, à cronogramas de operação e conformidade reguladora. A Martin oferece soluções elaboradas para auxiliar em operações onde o transporte de materiais a granel é o caminho para rentabilidade e produtividade de maneira geral.

- Sistemas de Limpeza de Correia (Raspadores).
- Proteção da Polia na Extremidade.
- Dispositivos para Preparação da Correia.
- Sistemas de Gerenciamento de Pó.
 - Dispositivos de Contenção Passivos.
 - Coletores de Pó Inseríveis.
 - Sistemas de Eliminação de Pó.
 - Névoa, Espuma e Água Pulverizada.
- Tecnologias em Ponto de Transferência.
 - Bases de Suporte da correia.
 - Sistemas de Chute e Chapas de Desgaste.
 - Sistemas de Vedação dos Chutes de Descarga.
- Tecnologias de Vanguarda em Transportadores.
 - Sistemas de Transferência Customizados.
 - Transportadores de Correia Sustentados a Ar.
 - Moderna Arquitetura do Transportador.

Produtos de Auxílio ao Fluxo
Sistemas para Melhorar o Fluxo de Materiais a Granel a partir do Depósito e através de Processos Industriais

A Martin surgiu quando o fundador da empresa inventou o vibrador industrial rotativo VIBROLATOR® para melhorar a recuperação de areia verde oriunda dos depósitos alimentadores de fundição. Atualmente, a Martin continua sua ênfase no desenvolvimento de sistemas que aprimoram a movimentação de materiais a granel a partir de compartimentos para armazenamento, depósitos e silos, e através de chutes, telas, alimentadores e transportadores.

- Sistemas de Descarregamento de Vagão.
- Vibradores de Descarregamento de Vagão.
- Conectores de Vagão.
- Sistemas de Vibração Customizados.
- Vibradores Pneumáticos Rotativos.
- Vibradores Lineares Pneumáticos.
- Vibradores Elétricos Rotativos.
- Abridores de Portão do Depósito.
- Sistemas de Canhão a Ar.
 - Canhões a Ar Independentes.
 - Sistemas de Canhão a Ar com Válvulas Múltiplas.
 - Canhões a Ar para Alta Temperatura.
 - Aplicações.

Gerenciamento de Manutenção
Recursos para Aprimorar o Programa de Manutenção em Operações de Manuseio de Materiais a Granel

O programa de gerenciamento de dados MartinPLUSSM é uma biblioteca on-line contendo informações sobre componentes. Construído sob medida para um sistema transportador de correia, esse recurso digital pode melhorar a produtividade da manutenção e reduzir custos.

APÊNDICES

- Apêndice A
REFERÊNCIAS 526
- Apêndice B
GLOSSÁRIO 532
ABREVIATURAS DE MEDIDAS 542
- Apêndice C
ETIQUETAS DE SEGURANÇA 544
- Apêndice D
ÍNDICE DE EQUAÇÕES 552
ÍNDICE DE TABELAS 553
ÍNDICE REMISSIVO 554
- Apêndice E
AUTORES & AGRADECIMENTOS 560

Apêndice A

REFERÊNCIAS

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists – Conferência Americana de Higienistas Industriais. (1995). *Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice*, 22ª Edição. Cincinnati, OH.
- Arnold, P. C. (Setembro 1993). *Transfer Chutes Engineered for Reliable Performance*. Trabalho apresentado no The Institution of Engineers, Austrália, 1993 Bulk Materials Handling National Conference, Queensland, Austrália. Em National Conference Publication No. 93/8, pp. 165-173.
- ASTM International. (2006). *Standard Test Method for Shear Testing of Bulk Solids Using The Jenike Shear Cell*, ASTM D6128-06. West Conshohocken, PA. Disponível on-line: <http://www.astm.org>
- ASTM International. (2006). *Standard Test Method for Bulk Solids Characterization by Carr Indices*, ASTM D6393-99(2006). West Conshohocken, PA. Disponível on-line: <http://www.astm.org>
- ASTM International. (2002). *Standard Shear Test Method for Bulk Solids Using Schulze Ring Shear Tester*. ASTM D6773-02; Work Item: ASTM WK19871 – Revisão de D6773-02 Standard Shear Test Method for Bulk Solids Using the Schulze Ring Shear Tester. West Conshohocken, PA. Disponível on-line: <http://www.astm.org>
- ASTM International. (2001). *Standard Test Method for Measuring Bulk Density Values of Powders and Other Bulk Solids*, ASTM D6683-01; Work Item: ASTM WK14951 – Revisão de D6683-01 Standard Test Method for Measuring Bulk Density Values of Powders and Other Bulk Solids. West Conshohocken, PA. Disponível on-line: <http://www.astm.org>
- ASTM International. (2001). *Standard Practice for Coagulation-Flocculation Jar Test of Water*, ASTM D2035-08. West Conshohocken, PA. Disponível on-line: <http://www.astm.org>
- Axelrod, Steve. (Setembro 1994). “Maintaining Conveyor Systems”, *Plant Engineering*, pp. 56-58. Des Plaines, Illinois: Cahners Publishing Company.
- Barfoot, Greg J. (Janeiro/Março 1995). “Quantifying the Effect of Idler Misalignment on Belt Conveyor Tracking”, *Bulk Solids Handling*, Volume 15, #1, pp. 33-35. Clausthal Zellerfeld, Germany: Trans Tech Publications.
- Benjamin, C.W. (Janeiro/Março 1999). “Transfer Chute Design: A New Approach Using 3D Parametric Modelling”, *Bulk Solids Handling*, pp. 29-33. Clausthal-Zellerfeld, Germany: Trans Tech Publications.
- B.F. Goodrich Company. (1980). *Care and Maintenance of Conveyor and Elevator Belting*. Akron, Ohio.
- Carter, Russell A. (Maio 1995). “Knocking Down Dust”, *Rock Products*, (pp. 19-23, 40-44). Chicago: Intertec Publishing.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (1988). *Conveyor Terms and Definitions*, Quinta Edição. Rockville, Maryland.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (1997). *Belt Conveyors for Bulk Materials*, Quinta Edição.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2000). CEMA Standard No. 575-2000: *Bulk Material Belt Conveyor Impact Bed/Cradle Selection and Dimensions*. Naples, FL.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2004). CEMA SPB-001 (2004) *Safety Best Practices Recommendation: Design and Safe Application of Conveyor Crossovers for Unit Handling Conveyors*. Naples, Florida.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). *Belt Conveyors for Bulk Materials*, Sexta Edição. Naples, FL.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). “Conveyor Installation Standards for Belt Conveyors Handling Bulk Materials.” In *Belt Conveyors for Bulk Materials*, Sexta Edição, Apêndice D, pp. 575-587. Naples, Florida.
- Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA). (2005). “‘Universal Method’ for Belt Tension Calculation.” In *Belt Conveyors for Bulk Materials*, Sexta Edição, pp. 104-129. Naples, Florida.
- Colijn, Hendrik. (1985). *Mechanical Conveyors for Bulk Solids*. Amsterdam, The Netherlands: Elsevier Science Publishers B.V.
- Cooper, Paul, and Smithers, Tony. (Julho 1995). *Air Entrainment and Dust Generation from Falling Streams of Bulk Materials*. Trabalho apresentado na 5ª Conferência sobre Armazenamento, Manuseio e Transporte de Material a Granel, em Wollongong, Australia.
- Cukor, Clar. (Sem data). *Tracking: A Monograph*. Scottdale, Georgia: Georgia Duck and Cordage Mill (atualmente Fenner Dunlop).
- Density Standards: Aggregates-ASTM C29 / C29M-07, Crushed Bituminous Coal-ASTM D29-07, and Grains-U.S. Department of Agricultural Circular #921.
- Dieter, George E. (1999). *Engineering Design: A Materials and Processing Approach*, Terceira Edição. McGraw-Hill.
- Dorman, Peter. (Abril 2000). *The Cost of Accidents and Diseases*. Genebra. Disponível on-line: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/papers/ecoanal/wr_chp1.htm
- Drake, Bob. (Maio 2001). “Cures for the Common Pulley.” *Rock Products*, pp. 22-28. Chicago: Intertec Publishing.
- Dreyer, E., and Nel, P.J. (Julho 2001). *Best Practice: Conveyor Belt Systems*. Projeto Número GEN-701. Braamfontein, South Africa: Safety in Mines Research Advisory Committee (sic) (SIMRAC), Mine Health and Safety Council.
- Engineering Services & Supplies PTY Limited. Australian Registration #908273, Total Material Control and Registration #716561, TMC.
- Environment Australia. (1998). *Best Practice Environmental Management in Mining: Dust Control* (ISBN 0 642 54570 7).
- Finnegan, K. (Maio/Junho 2001). “Selecting Plate-Type Belt Fastener Systems for Heavy-Duty Conveyor Belt Operations”, *Bulk Solids Handling*, pp. 315-319. Clausthal-Zellerfeld, Germany: Trans Tech Publications.
- Fish, K.A.; Mclean, A.G.; and Basu, A. (Julho 1992). *Design and Optimisation of Materials Handling Dust Control Systems*. Trabalho apresentado na 4ª Conferência sobre Armazenamento, Manuseio e Transporte de Material a Granel, Wollongong, Australia.
- Friedrich, A.J. (2000). “Repairing Conveyor Belting Without Vulcanizing.” In *Bulk Material Handling by Conveyor Belt III*, pp. 79-85. Littleton, Colorado: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).
- Gibor, M. (Julho/Setembro 1997). “Dust Collection as Applied to Mining and Allied Industry”, *Bulk Solids Handling*, pp. 397-403. Clausthal-Zellerfeld, Germany: Trans Tech Publications.
- Giraud, Laurent; Schreiber, Luc; Massé, Serge; Turcot, André; and Dubé, Julie. (2007). *A User's Guide to Conveyor Belt Safety: Protection from Danger Zones*. Guide RG-490,

- 75 pages. Montréal, Quebec, Canada: IRSST (Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail), CSST. Disponível para download grátis em Inglês e Francês, em formato PDF : <http://www.irsst.qc.ca/files/docu-ments/PubIRSST/RG-490.pdf> ou em html: http://www.irsst.qc.ca/en/_publicationirsst_1_00257.html
- Godbey, Thomas. (Maio 1990). “Dust control systems: Make a wise decision”, *Chemical Processing*, pp. 23-32. Chicago: Putnam Publishing.
- Godbey, Thomas. (Novembro 1989). “Selecting a dust control system (Part II)”, *Powder and Bulk Engineering*, pp. 20-30. Minneapolis: CSC Publishing.
- Godbey, Thomas. (Outubro 1989). “Selecting a dust control system (Part I)”, *Powder and Bulk Engineering*, pp. 37-42. Minneapolis: CSC Publishing.
- Goldbeck, Larry J., Martin Engineering (Julho 2001). “Matching Belt Compatibility to Structures”, *Aggregates Manager*, pp. 21-23. Chicago: Mercor Media.
- Goldbeck, Larry J., Martin Engineering (Julho 1988). “Controlling fugitive material at your belt conveyor’s loading zone”, *Powder and Bulk Engineering*, pp. 40-42. Minneapolis: CSC Publishing.
- Goodyear Tire & Rubber Company. (2000). *Handbook of Conveyor & Elevator Belting on CD*, Version 1.0. Akron, Ohio.
- Greer, Charles N. (Abril 1994). “Operating Conveyors in the Real World”, *Rock Products*, pp. 45-48. Chicago: Maclean-Hunter Publications.
- Grisley, Paul. (February 2002). “Air Supported Conveying in Mines and Process Plants.” Trabalho apresentado em 2002 na Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME) Annual Meeting & Exhibit, Phoenix, AZ.
- “Hints & Helps: Tips for Tracking Conveyor Belts.” (Fevereiro 1995). Rock Products, p. 25. Chicago: Intertec Publishing.
- International Labour Organization. (2003). *Safety in Numbers, Pointers for a Global Safety Culture at Work*. Geneva
- Kasturi, T.S. (Maio 1995). *Conveyor Belting Wear: A Critical Study*. Estudo não publicado comissionado por Martin Engineering. Madras, Índia: Jay Kay Engineers & Consultants.
- Kasturi, T.S. (1994). *Conveyor Components, Operation, Maintenance*. Failure Analysis. Madras, Índia: Jay Kay Engineers & Consultants.
- Kasturi, T.S. (1992). *Conveyor Belt Cleaning Mechanism*. Madras, Índia: Jay Kay Engineers & Consultants.
- Kestner, Dr. Mark. (Fevereiro 1989). “Using suppressants to control dust emissions (Part I)”, *Powder and Bulk Engineering*, pp. 17-20. Minneapolis: CSC Publishing.
- Kestner, Dr. Mark. (Março 1989). “Using suppressants to control dust emissions (Part II)”, *Powder and Bulk Engineering*, pp. 17-19. Minneapolis: CSC Publishing.
- Koski, John A. (Março 1994). “Belt conveyor maintenance basics”, *Concrete Journal*, p. 5. Addison, Illinois: The Aberdeen Group.
- Law, Bob. (August 2000). *Conveyor Belt Cleaner Analysis*. Paper presented at the IIR Conference “Improving Conveyor Performance”, Perth, Australia.
- Low, Allison and Verran, Michael. (August 2000). *Physical Modelling of Transfer Chutes A Practical Tool for Optimising Conveyor Performance*. Trabalho apresentado na IIR Conference “Improving Conveyor Performance”, Perth, Austrália.
- Maki, D. Michele, PhD. 2009. *Conveyor-Related Mining Fatalities 2001-2008: Preliminary Data*. Relatório Não Publicado para Martin Engineering.
- Martin Engineering website: <http://www.martin-eng.com>
- Martin Marietta Corporation. *Dust Control Handbook for Minerals Processing*, Contract No. J0235005.
- Martin Supra Engineering. (2008) *Carryback Test/Sum/SBM-001-SBW-05-2008*. Relatório Não Publicado para P.T. Martin Supra Engineering: Newmont, Indonésia.
- “Measuring ROI pushes it higher, say Harte Hanks Aberdeen of Enterprise Solutions.” (Fevereiro 12, 2007). The Manufacturer (Edição Norte Americana).
- Miller, D. (Janeiro/Março 2000). “Profit from Preventive Maintenance”, *Bulk Solids Handling*, pp. 57-61. Clausthal-Zellerfeld, Germany: Trans Tech Publications.
- Mody, Vinit and Jakhete, Raj. (1988). *Dust Control Handbook (Pollution Technology Review No. 161)*, ISBN-10: 0815511825/ISBN-13: 978-0815511823. Park Ridge, New Jersey: Noyes Data Corporation.
- Möller, J.J. (Setembro 1985). *Protect Your Conveyor Belt Investment*. Apresentação para BELTCON 3 Conferência Internacional de Manuseio de Material, Joanesburgo, África do Sul.
- Morgan, Lee, and Walters, Mike. (Outubro 1998). “Understanding your dust: Six steps to better dust collection”, *Powder and Bulk Engineering*, pp. 53-65. Minneapolis: CSC Publishing.
- Morrison, J.N., Jr. (1971). “Environmental Control Applied to Belt Conveyor Transfer Points.” In *Bulk Materials Handling: Volume 1*. University of Pittsburgh.
- Mine Safety and Health Administration (MSHA). (2004). *MSHA’s Guide to Equipment Guarding*. Other Training Material OT 3, 40 pages. U.S. Department of Labor. Disponível para download grátis: <http://www.msha.gov/s&hinfo/equipguarding2004.pdf>
- Muellemann, Alf. (Janeiro 2000). “Controlling dust at material transfer points with ultra-fine water drops”, *Powder and Bulk Engineering International*, pp. 44-47. Minneapolis: CSC Publishing.
- National Industrial Belting Association (NIBA). (1985). *NIBA Engineering Handbook*, Brookfield, WI.
- Öberg, Ola. (1986). *Materialspill vid bandtransportörer (Material Spillage at Belt Conveyors)*. Estocolmo, Suécia: Royal Institute of Technology.
- Ontario Natural Resources Safety Association. *Safety Reminder*, newsletter. P.O. Box 2040, 690 McKeown Avenue, North Bay Ontario, B1B 9PI Telephone: (705) 474-SAFE.
- Occupational Safety & Health Administration, U.S. Department of Labor, Mineral Processing Dust Control - site da web: <http://www.osha.gov/SLTC/silicacrystalline/dust/>
- Ottosson, Goran. (Outubro 1991). “The cost and measurement of spills and leaks at conveyor transfer points”, *World*

- Cement Materials Handling Review*, Berkshire, Inglaterra.
- Padgett, Harvey L. (2001). *Powered Haulage Conveyor Belt Injuries in Surface Areas of Metal/Nonmetal Mines, 1996-2000*. Denver, CO: MSHA Office of Injury and Employment Information.
- Planner, J.H. (1990). "Water as a means of spillage control in coal handling facilities." Em *Proceedings of the Coal Handling and Utilization Conference: Sydney, Australia*, pp. 264-270. Barton, Austrália: Institution of Engineers Australia.
- Project Management Institute (PMI). Informações adicionais sobre gerenciamento de projeto e sobre o programa de certificação para gerentes de projeto do PMI, estão disponíveis no site da web da organização: <http://www.pmi.org>
- Reed, Alan R. (1995). "Contrasting National and Legislative Proposals on Dust Control and Quantifying the Costs of Dust and Spillage in Bulk Handling Terminals", *Port Technology International*, pp. 85-88. London: ICG Publishing Ltd.
- Rhoades, C.A.; Hebble, T.L.; and Grannes, S.G. (1989). *Basic Parameters of Conveyor Belt Cleaning*, Report of Investigations 9221. Washington, D.C: Bureau of Mines, US Department of the Interior.
- Roberts, Alan. (Novembro 1996). *Conveyor System Maintenance & Reliability*, ACARP Project C3018. O autor é membro do Centre for Bulk Solids and Particulates, University of Newcastle, Austrália. Publicado pelo Australian Coal Association Research Program; pode ser adquirido no web site <http://www.acarp.com.au/abstracts.aspx?repId=C3018>
- Roberts, A.W. (Agosto 1999). "Design guide for chutes in bulk solids handling operations", *Centre for Bulk Solids & Particulate Technologies*, 1ª Versão, 2ª Rascunho.
- Roberts, A.W.; Ooms, M.; and Bennett, D. *Conveyor Belt Cleaning-A Bulk Solid/Belt Surface Interaction Problem*. University of Newcastle, Austrália: Department of Mechanical Engineering.
- Roberts, A.W. and Scott, O.J. (1981). "Flow of bulk solids through transfer chutes of variable geometry and profile", *Bulk Solids Handling*, Vol. 1 No. 4., pp. 715-727.
- Sabina, William E.; Stahura, Richard P.; and Swinderman, R. Todd. (1984). *Conveyor Transfer Stations Problems and Solutions*. Neponset, Illinois: Martin Engineering Company.
- Scott, Owen. (1993). "Design Of Belt Conveyor Transfer Stations For The Mining Industry." In *Proceedings of the 1993 Powder & Bulk Solids Conference, Reed Exhibition Companies, DesPlaines, Illinois*, pp. 241-255.
- Simpson, G.C. (1989). "Ergonomics as an aid to loss prevention", *MinTech '89: The Annual Review of International Mining Technology and Development*, pp. 270-272. London: Sterling Publications Ltd.
- Spraying Systems Company (<http://www.spray.com>). Contém uma variedade de materiais básicos e opções disponíveis de bicos de pulverizadores.
- S&S Concepts, Inc., Pittsburgh, PA. Fotos Cortesia de Drip-N-Ram Conveyor. SSConceptsSales@verizon.net
- Stahura, Dick, Martin Engineering. (Julho 1990). "Ten commandments for controlling spillage at belt conveyor loading zones", *Powder and Bulk Engineering*, pp. 24-30. Minneapolis: CSC Publishing.
- Stahura, Richard.P., Martin Engineering. (1987). "Conveyor belt washing: Is this the ultimate solution?" *TIZ-Fachberichte*, Volume 111, No. 11, pp. 768-771. ISSN 0170-0146.
- Stahura, Richard P., Martin Engineering. (Fevereiro 1985). "Conveyor skirting can cut costs", *Coal Mining*, pp. 44-48. Chicago: McLean-Hunter Publications.
- Stuart, Dick D. and Royal, T. A. (Set. 1992). "Design Principles for Chutes to Handle Bulk Solids", *Bulk Solids Handling*, Vol. 12, No. 3., pp. 447-450. Disponível em PDF: www.jenike.com/pages/education/papers/design-principles-chutes.pdf
- Sullivan, Dr. John. *Increasing retention and productivity: let employees do what they do best!* Article #163. Disponível on-line: <http://our-world.compuserve.com/homepages/GATELY/pp15s163.htm>
- Sundstrom, P., and Benjamin, C.W. (1993). "Innovations in Transfer Chute Design." Trabalho apresentado em 1993, na Bulk Materials Handling National Conference – Conferência Nacional de Manuseio de Materiais, The Institution of Engineers, Australia, *Conference Publication No. 93/8*, pp. 191-195.
- Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (2004). "Standard for the Specification of Belt Cleaning Systems Based on Performance." *Bulk Material Handling by ConveyorBelt 5*, pp. 3-8. Edited by Reicks, A. and Myers, M., Littleton, CO: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).
- Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (Fevereiro 2002). *Conveyor Belt Impact Cradles: Standards and Practices*. Trabalho apresentado em 2002 na Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME) Annual Meeting & Exhibit, Phoenix, AZ, Fevereiro 2002.
- Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (October-December 1995). "Belt Cleaners, Skirting and Belt Top Cover Wear", *Bulk Solids Handling*. Clausthal-Zellerfeld, Germany: Trans Tech Publications.
- Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (Julho 1994). "Engineering your belt conveyor transfer point", *Powder and Bulk Engineering*, pp. 43-49. Mineápolis: CSC Publishing.
- Swinderman, R. Todd, Martin Engineering. (May 1991). "The Conveyor Drive Power Consumption of Belt Cleaners", *Bulk Solids Handling*, pp. 487-490. Clausthal-Zellerfeld, Germany: Trans Tech Publications.
- Swinderman, R. Todd; Becker, Steven L.; Goldbeck, LarryJ.; Stahura, Richard P.; and Marti, Andrew D. (1991.) *Foundations: Principles of Belt Conveyor Transfer Point Design and Construction*. Neponset, Illinois: Martin Engineering.
- Swinderman, R. Todd; Goldbeck, LarryJ.; and Marti, Andrew D. (2002). *FOUNDATIONS3: The Practical Resource for Total Dust & Material Control*. Neponset, Illinois: Martin Engineering.
- Swinderman, R. Todd; Goldbeck, LarryJ.; Stahura, Richard P.; and Marti, Andrew D. (1997). *Foundations2: The Pyramid Approach to Control Dust and Spillage From Belt Conveyors*. Neponset, Illinois: Martin Engineering.
- Swinderman, R. Todd and Lindstrom, Douglas, Martin Engineering. (1993). "Belt Cleaners and Belt Top Cover Wear", *National Conference Publication No. 93/8*, pp. 609-611. Trabalho apresentado no "The Institution of Engineers", Australia, 1993 Bulk Materials Handling National Conference.

- Takala, J. (18-22 Setembro 2005). *Introductory Report: Decent Work - Safe Work*. XVII Congresso Mundial sobre Segurança e Saúde no Trabalho, Orlando, Flórida. Disponível on-line: <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/wdcongrs17/intrep.pdf>
- Taylor, H J. (1989). *Guide to the Design of Transfer Chutes and Chute Linings for Bulk Materials*. The Mechanical Handling Engineers' Association.
- Thomas, Larry R., Martin Engineering. (1993). "Transfer Point Sealing Systems to Control Fugitive Material", *Conference Publication No. 93/8*, pp. 185-189. 1993 Bulk Materials Handling National Conference – Conferência Nacional de Manuseio de Materiais a Granel do "The Institution of Engineers", Australia.
- Tostengard, Gilmore (Fevereiro 1994). "Good maintenance management", *Mining Magazine*, pp. 69-74. Londres: The Mining Journal, Ltd.
- University of Illinois. (2005). *Design of Conveyor Belt Drying Station*. Estudo não publicado feito para Martin Engineering.
- University of Illinois. (1997). *High Pressure Conveyor Belt Cleaning System*. Estudo não publicado feito para Martin Engineering.
- (TUNRA). Estudo sem Título, não publicado, feito para Engineering Services and Supplies P/L (ESS).
- Weakly, L. Alan. (2000). "Passive Enclosure Dust Control System." In *Bulk Material Handling by Conveyor Belt III*, pp. 107-112. Littleton, CO: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration (SME).
- Wilkinson, H.N.; Reed, Dr. A.R.; and Wright, Dr. H. (Fevereiro 1989). "The Cost to UK Industry of Dust, Mess and Spillage in Bulk Materials Handling Plants", *Bulk Solids Handling*, Volume 9, Number 1, pp. 93-97. Clausthal-Zellerfeld, Germany: Trans Tech Publications.
- Wilson, Richard J. (Agosto, 1982). *Conveyor Safety Research*. Bureau of Mines Twin Cities Research Center.
- Wood, J. P. (2000). *Containment in the Pharmaceutical Industry*. Informa Health Care.

Apêndice B

GLOSSÁRIO

- GLOSSÁRIO 532
- ABREVIATURAS DE MEDIDAS 541

GLOSSÁRIO

Esta é uma lista de termos relacionados ao transportador de correia, como são utilizados nessa edição de *FOUNDATIONS™*. Ela não pretende ser um compêndio completo de todos os termos usados para descrever correias, transportadores e/ou sistemas de manuseio de materiais a granel. Se uma frase não for encontrada, divida-a em

palavras. Consulte também outras fontes de referência, como *CEMA Publication #102, Conveyor Terms and Definitions (Publicação da CEMA N° 102 sobre Termos e Definições de Transportadores de Correia)*, bem como as publicações e terminologias utilizadas pelos fornecedores de componentes específicos.

A

abrasão¹ | Desgaste devido à fricção, por esfregadura ou raspagem. **acesso, porta** | Ponto de entrada para uma área fechada, normalmente com um método de fechamento.

aderência | A força de ligação entre dois materiais.

aeração, dispositivo de | Dispositivo montado dentro de um receptáculo, que acrescenta baixa pressão e grande volume de ar aos materiais que estavam compactados, o que tornava difícil que fluissem de forma eficiente. Também chamados de difusores de aeração, plataformas ou bocais.

afundamento | *Ver dano por material preso.*

aglomeração | Processo ou ato de agrupar em uma massa, criando agrupamentos de partículas maiores e mais pesados.

alimentador | Um dispositivo que regula o fluxo de material de um local de armazenamento até o transportador ou outro equipamento.

alimentador vertical | Uma série de placas é utilizada para transportar materiais pesados, em pedaços grandes ou abrasivos.

alimentadora, correia | Uma correia que descarrega material em outra correia do transportador.

alinhador, dispositivo de alinhamento | Um dispositivo usado para direcionar um transportador desalinhado de volta para a posição centralizada.

alinhamento | *ver alinhamento da correia.*

alongamento | Um aumento do comprimento, normalmente expresso como uma porcentagem do comprimento inicial.

amostrador | Um dispositivo mecânico usado para coletar pequenas quantidades de material em intervalos predefinidos, da corrente principal de material, para teste ou finalidade de controle de qualidade.

amplitude | Metade da extensão de uma vibração, oscilação ou onda; a medida acima ou abaixo da base ou linha central.

anemômetro | Dispositivo para medir a velocidade do ar.

ângulo de ataque | É o ângulo no qual uma lâmina de limpeza é colocada em relação à correia.

ângulo de concavidade² | O ângulo (do lado horizontal) no qual as bordas da correia são anguladas para ajudar a centralizar e conter a sua carga.

ângulo de fricção com a parede | *Ver fricção de interface.*

ângulo de repouso² | O ângulo ou a inclinação que o material transportado irá assumir quando for descarregado em uma pilha aberta.

ANSI | Acrônimo de American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Padronizações).

ar, canhão de | Um dispositivo que usa rajadas periódicas de ar comprimido para limpar material acumulado dentro de canos ou chutes de transferência.

ar, lâmina de | Sistema de limpeza da correia que direciona uma corrente de ar para remover o material residual/morto.

AR, placa | Placa de aço antiabrasiva usada geralmente para as buchas de desgaste nos pontos de transferência.

ar, transportador sustentado² | Um transportador que usa correia, polias e transmissão convencional, mas que é sustentado, no lado de carregamento, por uma película fina de ar, em vez de por roldanas.

ar, razão ~ -meio | Usada para descrever os filtros de coleta de ar; a razão ar-meio é o fluxo de ar em metros cúbicos por segundo (m³/min) dividido pela área de meio de filtragem em metros quadrados (m²).

aramida, fibras | Uma classe de fibras sintéticas fortes, resistentes ao calor, usadas em aplicações aeroespaciais e militares, bem como nas carcaças da correia do transportador.

arco | Uma curva côncava da correia.

arco de contato | A parte ao redor de uma polia engatada em uma correia.

área de cobertura | Área projetada ou real ocupada no solo.

arrasto | A ação de uma correia alternadamente perder velocidade na polia de transmissão e ganhar velocidade na polia direcionada.

ASME | Acrônimo de American Society of Mechanical Engineers (Sociedade Americana de Engenheiros Mecânicos).

aspecto, relação | Uma relação que compara a espessura da cobertura superior e inferior de uma correia.

aprisionamento, ponto(s) de | Um ponto em que duas superfícies irão permitir que um pedaço de material fique alojado.

assentamento, zona de | *Ver zona de assentamento.*

ASTM¹ | Acrônimo de American Society for Testing and Materials (Sociedade Americana de Teste e Materiais).

atenuação | Um mecanismo que permite que um item (uma lâmina do raspador, por ex.) se mova para longe de uma obstrução (uma emenda mecânica, por ex.). Isso pode incluir molas do tensionador do sistema de limpeza.

atenuação, ângulo de | Uma inclinação ou abertura das superfícies que irão permitir que o material seja liberado pela ação da correia, em vez de ficar alojado mais firmemente.

ativa, coleta ~ de pó | *Ver sistema de coleta de pó.*

autoajuste, roletes de² | Roletes que podem se deslocar para a esquerda ou para a direita sob a influência de forças da correia em movimento para manter a correia centralizada durante sua trajetória.

B

barra de aço² | Uma série de barras de metal ou grades que são espaçadas em separado para permitir que pequenos pedaços e resíduos caiam diretamente no equipamento de trituração ou de demolição.

barra de contato | Um dispositivo (normalmente cilíndrico com uma barra externa) que golpeia outro objeto para remover o acúmulo de material.

barra de deslize | Uma barra de baixa fricção, usada na construção de um amortecedor de suporte da correia da cama de deslizamento.

batente | Um grampo equipado com um parafuso de ajuste que é usado para prender as lâminas na posição em uma estrutura de um raspador de correia.

bolsa de pó ou manga² | Uma estrutura fechada que contém um conjunto de filtros para capturar o pó transportado pelo ar.

borda, danos à | Cortes e rasgos ao longo da borda de uma correia de transportador.

borracha, faixa(s) de vedação da | *Ver faixas de vedação.*

breque | Um dispositivo de breque mecânico ou elétrico usado para evitar que uma correia do transportador carregada, inclinada, role de volta caso o motor pare de funcionar. Também denominado “embreagem de retenção” ou “breque e embreagem.”

C

CAD | Acrônimo de Computer-Aided Design.

caixa de lavagem | Um compartimento fechado contendo uma série de raspadores de correia e bocais de pulverizadores de água para limpeza da correia.

caixa de pedras² | Uma base ou prateleira dentro de um chute onde o material deve

se acumular. Isso permite que o material subsequente golpeie o material acumulado em vez de golpear o chute, aumentando a vida útil das paredes.

calço/cunha | Uma peça triangular inserida para alargamento ou suporte.

calço | Ponto de prisão de material causado pela montagem de uma estrutura de pré-raspador muito próximo a uma polia dianteira.

calha-guia, vedação, vedação lateral | O mecanismo (normalmente uma faixa de elastômero) instalada ao longo da parte inferior dos pontos de transferência da calha-guia para controlar o derramamento e manter o material na correia.

calibre | A espessura de uma correia ou de seus elementos individuais.

cantilever | Uma trave ou estrutura projetada apoiada em um ponto.

capacidade | A carga máxima de material na correia, carga ou rendimento.

cobertura inferior | O lado da correia que não é o lado de carregamento em relação às polias.

captura, velocidade de | A velocidade do ar necessária para agrupar uma partícula de ar transportada pelo ar para manter a tensão adequada da correia.

convexo | Curva com abertura para baixo; a curvatura é uma curva convexa dentro de um sistema de coleta de pó.

carcaça | A seção de reforço de tecido, corda e/ou metal de uma correia, diferente da cobertura de borracha.

carga dianteira | Pressão de uma carga em cima de um objeto, como o peso do material em um recipiente acima da correia.

CARP | Acrônimo de “Constant Angle Radial Pressure – Pressão Radial do Ângulo de Pressão”, um conceito de projeto da lâmina de limpeza da correia para manter o ângulo de limpeza conforme a lâmina se desgasta.

carregamento, ciclo de | O ciclo superior de uma correia do transportador usado para transportar material da zona de carregamento para o ponto de descarregamento.

carregamento, lado de | O lado do transportador ou da correia que fica em contato com a carga de material.

carregamento, rolete de | Qualquer tipo de rolete que suporta o ciclo de carregamento de uma correia do transportador.

catenário, rolete | Um conjunto de roletes flexíveis em que os cilindros ficam suspensos em um elo flexível, uma corda ou uma corrente, e as extremidades são apoiadas em pinos pivotantes. O tubo ou cilindro inclinado deve firmar a inclinação. Também chamada de rolete Garland.

CEMA | Acrônimo de Conveyor Equipment Manufacturers Association Associação de Fabricantes de Equipamentos de Transportadores.

centro a centro | A distância entre o centro de duas polias ou roldanas. Também conhecida como distância de centro a centro.

cerâmica, bucha de desgaste da face de | Bucha que usa blocos de cerâmica para

umentar a resistência à abrasão.

CFM ou cfm | Abreviação para “pés por minuto cúbico” nos cálculos de fluxo de ar

chanfrar | Cortar em ângulo.

chapa, chapas | Uma camada de tecido usada na carcaça de uma correia.

chapa de desgaste | Uma camada de tijolos cerâmicos, placas AR, ou outro material antiabrasivo usado para revestir o interior de um chute de transferência ou uma calha-guia para melhorar o fluxo de material e evitar o desgaste por abrasão e o dano ao casco externo e à estrutura.

chave de desalinhamento | Uma chave de limite montada ao longo da borda da correia que irá desligar a transmissão do motor se a correia se desviar em demasia de sua trajetória centralizada.

chevron, correia com chevron | Uma crista em forma de V no lado de carregamento da correia para impedir que o material role para baixo em uma inclinação.

chute de carregamento | O compartimento que deposita a carga na correia.

chute, parede de chute | Um compartimento usado para conter material conforme este é transferido de uma parte do equipamento para outra.

chute, lateral | As paredes do chute de carregamento, e em alguns casos, o ponto de transferência da calha-guia.

ciclo | A distância ou rota coberta por uma correia de transportador.

cyclone | Um dispositivo que cria um tipo de “redemoinho” de alta velocidade – e que usa a força centrífuga para separar partículas de pó do ar.

cilindro plano | Ver *rolete plano*.

classificação de tensão | A força de tensão mínima de uma correia em Newtons por milímetro (lbf / pol.) da largura da correia, conforme especificado pelo fabricante do correia. É usado algumas vezes nos EUA como um termo para a tensão atuante.

classificador | Uma parte do equipamento usada para classificar e separar o material por tamanho.

CMMS | Acrônimo de Computerized Maintenance-Management System - Sistema de Manutenção e Gerenciamento Computadorizado, um sistema que acompanha o trabalho e os custos de manutenção.

cobertura | A camada externa da correia. Também é a tampa ou teto para proteger o transportador e os materiais contra a exposição aos elementos e limitar a liberação de material.

coeficiente de fricção | A relação entre a força necessária para deslizar duas superfícies e a força que as pressiona para permanecerem juntas, igual à tangente do ângulo de fricção da interface.

coesão | Força interna do material.

concavidade | A propriedade de uma correia de permitir que forme o contorno das roldanas côncavas; a quantidade de correia que pode ficar côncava.

côncavo | curvado para dentro; o arco e uma

curva convexa da correia.

confinado, espaço | Uma área fechada potencialmente perigosa; o acesso é controlado normalmente por regulamentos de segurança.

conjunto soldado | Um componente de metal fabricado mantido junto por juntas soldadas.

consolidada, densidade a granel (p2) | A densidade de um corpo de um material a granel depois de ter sido submetido a uma força de compressão (F) ou a uma energia vibratória, algumas vezes chamada de densidade a granel vibratória.

contrapeso | O peso aplicado ao conjunto do tensionador da correia para ficar côncava.

corda de emergência | Um cabo que corre ao longo do comprimento do transportador, conectando a uma ou mais chaves. Em uma emergência, um “puxão” manual do cabo, em qualquer ponto, irá desligar o sistema do transportador.

coroad, polia | Uma polia com um diâmetro maior no centro, ou em outros pontos, do que nas bordas.

correia alimentadora | Uma correia do transportador curta, plana, com velocidade variável, utilizada para transferir ou “alimentar” material de um componente para outro em um sistema de transporte de material. A taxa de alimentação de material pode ser ajustada para acelerar ou não a correia.

correia, alinhamento da | A ação de fazer com que a correia fique alinhada de forma consistente.

correia, amortecedores do suporte da | Um método de suporte da correia sem componentes giratórios, que usa mesas de deslizamento ou de impacto.

correia, chave para deslizamento da | Uma chave que desliga o motor de transmissão do transportador quando detecta que a velocidade da correia é menor que a da polia de transmissão.

correia, deslizamento da | A velocidade diferencial entre a correia e a superfície da polia.

correia, desvio da | Uma condição na qual uma correia do transportador se desloca em demasia para os dois lados, saindo fora do seu traçado centralizado; também denominado “desalinhamento” da correia ou correia “solta”.

correia, efeito do raspador de | Local em que a pressão de um sistema de vedação contra a correia remove o material residual da superfície da correia, como ocorre quando as vedações traseiras removem o material da correia ao entrar na zona de carregamento.

correia, esticamento | O aumento do comprimento da correia ocorre quando se impõe tensão sobre ela. O esticamento elástico é uma alteração temporária do comprimento que varia de acordo com a força com que a correia é puxada. Esticamento permanente é a alteração residual do comprimento quando não há mais tensão; ele geralmente se acumula com o passar do tempo.

correia, grau de | Uma classificação da cobertura das correias baseada em suas propriedades, destinada a fornecer uma

referência para os usuários finais com relação a que tipo de correia deve ser usado nas diferentes aplicações.

correia, lâmina do raspador da | O elemento de um raspador de correia que fica em contato com a correia.

correia, módulo da¹ | A força por unidade de largura da correia necessária para produzir um percentual constante de alongamento.

correia, perfil da | A forma da correia, em especial de sua superfície superior (de carregamento).

correia plana | Uma correia do transportador que transporta a carga sem angulação.

coroa | A diferença entre o diâmetro de uma polia do centro até suas bordas.

correia, prendedor de | Um dispositivo mecânico para prender duas extremidades de uma correia do transportador juntas.

correia, queda da | Desvio vertical de uma correia do transportador a partir de uma linha reta traçada por toda a superfície de dois roletes adjacentes, normalmente expresso como porcentagem de espaçamento das roldanas.

correia, raspador da | Um dispositivo que usa uma ou mais lâminas tensionadas, montadas em uma estrutura de suporte, usado para remover o material que se agarra à superfície de carregamento de uma correia do transportador além do ponto normal de descarregamento.

correia, sistema de limpeza da | Um raspador de correia ou um grupo de raspadores de correia e equipamentos relacionados (como montagens e tensores), da forma como estão localizados em um transportador.

correia, sistema de suporte da | Os componentes abaixo do lado de carregamento da correia que suportam o peso da correia e da carga.

correia, teste da | Ações para fazer com que a correia fique alinhada de forma consistente.

correia, transportadora | Uma correia contínua de borracha flexível, enrolada em uma estrutura de cilindros e polias, usada para transportar material de uma zona de carregamento para um ponto de descarregamento.

correia, transportador de² | Um comprimento de correia de borracha flexível que é esticada sobre uma estrutura de rolamentos e polias e em seguida, transformada em uma única peça ao se emendar suas duas extremidades juntas.

correia, válvula de | Uma oscilação para cima e para baixo de uma correia entre os roletes.

corte | O efeito causado por material pesado e afiado ao cair na cobertura da correia, danificando a superfície ou partindo a cobertura em pedaços.

corte, borda de¹ | A borda descoberta da correia, criada cortando-se a correia na largura desejada a partir de uma correia mais larga.

corte diagonal | Um corte das extremidades da correia feito em diagonal, com um ângulo menor que 90 graus (normalmente 22°) com relação ao eixo longitudinal.

crosta, demolidor de | Uma borda de limpeza instalada na polia dianteira bem abaixo da trajetória do material, de forma a ficar próxima

à correia, mas sem tocá-la; funciona como uma lâmina mestra para limitar a quantidade de material que passa pelo pré-raspador convencional instalado bem abaixo.

curva superior | Um defletor curvo instalado na área de descarregamento de um transportador para direcionar e confinar o fluxo de material em movimento, de forma que ele flua suavemente e com o mínimo de ar induzido.

curva inferior | Uma concavidade na parte inferior de um chute de transferência que direciona a colocação do material na correia que irá receber esse material.

curva, polia | Uma polia usada para mudar a direção (ou “fazer a curva”) de uma correia do transportador.

curvatura | Uma curva convexa da correia.

D

dBa | Acrônimo de decibel. Uma escala, correia. (*Ver arco.*)

de dedos, junção | Uma junção da correia em que as duas extremidades são cortadas em uma certa quantidade de “dedos” estreitos e triangulares, que são interligados.

deck, decking, placa do deck | Uma barreira em forma de placa colocada entre os reforçadores do transportador para evitar que o material seja derramado do ciclo de carregamento no ciclo de retorno. Também conhecido como “recipientes da correia”.

defletor | Uma placa de metal instalada em um ponto de transferência para alterar a trajetória do fluxo de material.

defletor, bucha de desgaste do | Uma bucha instalada dentro da calha-guia que incorpora uma curva em direção do centro da correia, que canaliza o material para longe da borda da correia e do sistema de vedação.

deformação | Fios no sentido do comprimento em um tecido.

delaminação | Separação do material em camadas.

DEM | Acrônimo para Discrete Element Modeling – Modelagem do Elemento Discreto, uma técnica computadorizada para analisar e demonstrar o movimento de partículas individuais em uma estrutura ou através dela.

densidade | A relação entre a massa de um corpo e seu volume, ou a massa por unidade de volume de substância. Para fins práticos, densidade e gravidade específica podem ser consideradas equivalentes.

derramamento | Material perdido que caiu das laterais da correia, normalmente na zona de carregamento, mas que pode ocorrer em qualquer ponto ao longo do transportador; um termo geral para todos os materiais fugitivos.

desalinhada | *Ver desalinhamento.*

desalinhamento | O curso desviado do centro de uma correia.

descarregamento² | O ponto de onde o material sai do transportador ou de outro componente, em um sistema de manuseio de material.

descascada | Remover parte (ou toda) a

cobertura superior da correia para acomodar uma emenda mecânica; o processo de rebaixar os prendedores em uma emenda mecânica próximo à carcaça da correia para manter a parte superior dos prendedores paralela à superfície da correia.

descascar, ângulo para | Quando a lâmina de um raspador está inclinada em oposição à direção da trajetória da correia; também conhecido como ângulo positivo.

deslizar, deslizamento | A velocidade diferencial entre a correia e a superfície da polia.

deslocado, ar | O ar que é empurrado para fora do chute quando o chute é carregado, igual ao volume de materiais colocados no chute.

desvio, chute de | Um chute inclinado, posicionado abaixo da extremidade dianteira de uma correia, para apanhar qualquer material que possa cair fora do lado de retorno, para dentro do fluxo de descarregamento.

dianteira | A extremidade de descarregamento de uma correia.

dianteira, polia² | A polia terminal localizada no ponto de descarregamento da correia. Em muitos transportadores, a polia dianteira é acoplada a um motor de transmissão para movimentar o transportador.

DIN | Acrônimo para Deutsches Institut für Normung, o Instituto Alemão de Padronização, que desenvolve normas e padrões para a indústria. Os padrões DIN são usados internacionalmente, mas ainda são mais comuns na Europa.

dinamômetro | Um dispositivo capaz de induzir várias cargas para avaliação das propriedades dinâmicas da correia.

distância até a borda | Dimensão entre a parte externa da calha-guia e a borda da correia.

distância da borda correia livre | A parte sem carga da superfície de carga da largura da correia, em direção às bordas da correia, normalmente onde o sistema de vedação da calha-guia é aplicado.

dispositivo multipivô | Um conjunto de roletes (ou de roletes inclinadas) montadas em um pivô que pode deslizar para a esquerda ou para a direita para direcionar a correia desalinhada em direção ao centro.

downstream | Na direção dos locais que a correia ainda não alcançou, ou em direção ao ponto de descarregamento do transportador ou do sistema.

dureza | Grau de resistência à indentação.

durômetro | Um dispositivo que mede a dureza de um material flexível (como um elastômero), ao medir a resistência de penetração de um ponto dentado.

E

efetiva, largura ~ da correia | A medida da largura na dimensão paralela ao cilindro inferior.

efluente | O transbordamento de água (com materiais sólidos) que sai do sistema de

lavagem da correia.

elastômero | Um polímero com propriedades elásticas que lembram a borracha natural; normalmente, borrachas ou uretanos.

elétrica, condutividade | Uma medida de quanto um material aceita o transporte de carga elétrica, medida em Ohm (Ω).

elevação | A distância vertical pela qual o material é movimentado em um transportador; a alteração da altura de uma extremidade do transportador para a outra.

emenda | A junção onde duas pontas ou duas peças da correia são emendadas juntas a fim de oferecerem um curso completo.

emenda, ângulo de | O ângulo da parte superior da correia no qual duas peças de correia são emendadas.

emenda/junção a frio² | Tipo de emenda/junção da correia na qual as camadas de uma correia são sobrepostas e mantidas juntas com um composto adesivo.

empilhadeira/recuperador² | Uma barra montada em um transportador equipada com uma caçamba e roda que pode “empilhar” ou derramar material em um local de estocagem para armazenamento ou para inverter a direção e recuperar o material do local de estocagem para outro destino.

entrada, ponto de entrada² | O ponto além da polia traseira pelo qual uma correia do transportador passa na zona de carregamento.

EPA | Acrônimo de Environmental Protection Agency – Agência de Proteção Ambiental, um órgão do governo dos Estados Unidos.

EPIs | Equipamento de Proteção Individual, um equipamento e um traje como capacete, óculos de segurança, proteção auricular, respiradores e sapatos com ponta de aço

envelhecimento / obsolescência¹ | Exposição a um ambiente durante um determinado intervalo de tempo.

envergamento² | A ação em que as bordas da correia se curvam para cima no ciclo de carregamento e para baixo no ciclo de retorno. Também conhecido como “enroscamento”.

escada de pedra | Uma série de caixas de pedra que diminuem a velocidade do material ao fazê-lo rolar em cascata para frente e para trás entre as prateleiras.

escova rotativa | dispositivo de limpeza da correia que usa uma escova giratória para limpar material de retorno do ciclo de retorno de uma correia do transportador.

estabilizador | Uma projeção que se estende lateralmente além da estrutura central de um recipiente ou máquina.

estrutura central | O principal suporte estrutural de um raspador de correia, sobre a qual as lâminas são montadas. pode ser baixado para a superfície de carregamento de uma correia para desviar material para fora de um transportador após o ponto normal de descarregamento.

F

fadiga¹ | O enfraquecimento de um material que ocorre quando a aplicação repetida de tensão causa uma deformação permanente

falha na junção com o tensor | Ver dano à junção.

FEA | Acrônimo para Finite Element Analysis – Análise de Elemento Finito, uma técnica de análise numérica computadorizada usada para resolver equações diferenciais e solucionar problemas mecânicos relacionados à análise de stress, e que é utilizada no projeto de transportadores e transferidores para manuseio de materiais a granel.

flangeada, polia | Uma polia com um aro elevado nas bordas com a finalidade de manter a correia² contida.

flop gate | Uma placa de metal pivotante que pode ser movida ou “dobrada” para alimentar material para os dois pontos diferentes de descarregamento.

fluxo, auxiliar de | Dispositivo ou método que auxilia o fluxo de materiais através dos chutes, incluindo os vibradores lineares e rotativos, canhões de ar, sistemas de aeração, buchas do chute e projetos de chute leve.

forças de carga lateral | Pressão resultante da energia e do peso do material empurra para fora do centro.

fragmentos de ferro² | Pedacos de lascas de metal que podem contaminar o fluxo de material em uma correia do transportador.

fragmentos de ferro, detector | Um sistema para detectar a presença de fragmentos de ferro em um fluxo de material e remover esses fragmentos ou desligar o sistema de manuseio de material.

fricção | A resistência ao movimento devido ao contato das superfícies.

fricção de fronteira | Ver *fricção de interface*.

fugitivo, material | Qualquer material perdido que escapa de um sistema de manuseio de material em um local que não seja o ponto normal de descarregamento, pode se originar de material residual, de derramamento, de pó transportado pelo ar ou de outras fontes.

G

gerado, ar | Fluxo de ar produzido por dispositivos giratórios que alimentam a zona de carregamento do transportador.

goma de ligação | Uma placa fina de borracha não vulcanizada colocada entre chapas no conjunto de uma emenda de correia vulcanizada.

grampo de correia¹ | Feixes ou placas de metal presas transversalmente nas duas extremidades da correia para fixá-las em na posição desejada.

grau de correia | Uma classificação da cobertura da correia baseada em suas propriedades; projetada para fornecer uma referência aos usuários finais sobre que correias

usar em diferentes aplicações.

guia, cilindro | Um pequeno cilindro estabilizador em uma roldana auto alinhável. Quando a correia de um transportador fica desalinhada no cilindro guia, ela faz com que os cilindros pivotantes se direcionem para dentro e forcem a correia de volta ao alinhamento centralizado.

H

holdup roller² | Um rolete usado para aumentar a eficácia de um limpador de proteção traseira, aplicando pressão para cima a fim de manter a correia plana.

hidrofóbico | Que possui uma alta tensão de superfície e que não se combina com a água.

higroscópico | Capaz de absorver umidade do ar.

I

impacto¹ | O golpe de um corpo sobre outro; colisão. A força ou ímpeto transmitido em uma colisão.

impacto, mesa, suporte de impacto² | Uma série de barras almofadadas usadas para absorver as forças de carga abaixo da zona de carregamento de uma correia do transportador.

impacto, grade | Uma série de barras de metal montadas em um chute de descarga do transportador no ponto em que o material golpeia a parede, para reduzir o desgaste na bucha do chute.

impacto, rolete de² | Um rolete especialmente construído para amortecer as forças do impacto do material na zona de carga de uma correia do transportador

impacto, resistência¹ | A capacidade relativa de um conjunto da correia absorver carga de impacto sem danificar a correia.

inclinação, ângulo de | O ângulo entre duas paredes do chute criado pelo lado da parede que se junta à parede traseira.

inconsistente, densidade a granel O peso por unidade de volume de um material a granel sólido, medido quando uma amostra se encontra “solto” ou não compactado, (ρI).

induzido, ar | ar empurrado para o vácuo criado conforme a corrente de material se expande ao deixar a polia dianteira.

interface, fricção de (θ) A fricção entre o material a granel e a superfície(s) com a qual ficará em contato, por ex., a chutewall e a correia; pode ser determinada com uma célula de cisalhamento e uma amostra do material real da interface; também chamado de fricção da parede ou fricção de fronteira.

intermediário, tecido intermediário | Uma placa extra incorporada à carcaça da correia para absorção de choque²

intermediárias, roletes | Roletes colocadas entre as camas de impacto ou camas de

deslizamento para apoiar uma correia do transportador quando o material não está sendo carregado.

interno, ângulo de fricção | O ângulo no qual as partículas dentro de um material a granel deslizam umas sobre as outras em uma pilha, ou falha devido à raspagem.

ISO | Acrônimo de International Organization for Standardization- Organização Internacional de Padronização, adotado da palavra grega “isos”, que significa igual.

J

jog switch² | Uma chave inicializadora manual localizada próxima à extremidade de descarregamento de um transportador usada para “cutucar” ou “empurrar” a correia em distâncias curtas para fins de teste ou para gradualmente esvaziar a correia do excesso de carga.

junção¹ | A conexão de duas extremidades de correia.

junta de junção² | A área entre o rolamento da asa e o do centro em um conjunto de roldanas côncavas.

junta da junção, dano²; **falha da junta de junção** | Uma divisão ou rachadura longitudinal em uma correia causada pela distância de transição insuficiente entre a polia traseira e a zona de carregamento para o tipo de correia sendo usado e/ou um espaço da junção da roldana maior do que 10 mm (0,4 pol.) ou do que o dobro da espessura da correia.

K

KPIs | Acrônimo para os principais indicadores de desempenho, medidas de desempenho usadas como métricas do sucesso organizacional.

L

lateral, desalinhamento² | O desvio das polias, roldanas ou estruturas, de uma linha de referência longitudinal designada.

limitador um switch elétrico usado para desligar a transmissão ou atuador de um sistema, como um *flop gate* depois que atinge um ponto predeterminado.

limpador | Um dispositivo instalado transversalmente à trajetória de um transportador para descarregar ou desviar material.

diagonal, limpador² | Um dispositivo colocado em um ângulo na superfície de uma correia para desviar o material para um lado.

limpador móvel | Um dispositivo de limpeza que pode ser movido para trás e para a frente longitudinalmente sobre o lado de carregamento de uma correia de transportador para desviar material para pontos alternativos

de descarregamento ao longo de sua trajetória.
limpador de proteção da polia | Um limpador instalado de forma que a correia passa abaixo dele imediatamente antes de entrar em uma polia (normalmente a polia traseira). O limpador remove material da correia para evitar danos à polia e à correia, devido ao material que fica preso entre os dois.

linear, tensionador | Um tipo de tensionador que aplica pressão direta para cima em um raspador de correia.

longitudinal | Em relação a uma correia, a direção do comprimento paralela à linha do centro.

LRR | Acrônimo de Low Rolling Resistance- Baixa Resistência à Rolagem, uma formulação de propriedade da borracha.

M

magnética, polia² | Uma polia equipada com um eletroímã permanente, usada para remover fragmentos de ferro da carga transportada ou descarregada pelo transportador

magnético, separador | Um dispositivo que usa a atração magnética para puxar raspas de metal, conhecidas como fragmentos de ferro, para fora do fluxo de material em um transportador.

mandril | Um eixo central usado para montagem e ajuste lateral de uma estrutura central do raspador de correia.

manômetro | Um dispositivo usado para medir a pressão de gases ou líquidos; nos transportadores é usado para medir o fluxo de ar.

mancal vertical² | Um mancal de eixo embutido em um compartimento aparafusado que é utilizado para fixar polias à longarina do transportador.

material preso, dano por² | Um sulco na feito na superfície da correia por um material preso entre a correia em movimento e a calha-guia e/ou o sistema de vedação.

material de retorno | Material transportado que adere à superfície de uma correia depois do ponto nominal de descarregamento. Se não for removido por um sistema de limpeza da correia, essas partículas ficam soltas ao longo do ciclo de retorno e se empilham abaixo da correia.

máxima, tensão¹ | A tensão mais alta que ocorre em qualquer porção da correia em condições de funcionamento.

mecânica, coleta de pó | Sistema de ativo de coleta de pó, que geralmente utiliza ventiladores para empurrar o ar através de um duto para um sistema de filtragem.

mecânica, emenda | Um tipo de emenda no qual são usados prendedores mecânicos.

mecânico, prendedor | Um sistema usado para juntar as extremidades da correia e que normalmente envolve parafusos ou rebites para anexar as placas que conectam as duas pontas.

Medida de Material de Retorno de Stahura | Um método para se medir o material de retorno utilizando uma chapa com lâminas de raspagem presa no lado de retorno de uma correia em movimento para capturar material residual; desenvolvido pelo pioneiro em limpeza de correia Dick Stahura

mesa | Uma variedade de barras de baixa fricção ou outra superfície plana para suportar o perfil da correia em vez de se utilizar uma “caneca” na roldana.

mesa de deslizamento² | Uma série de barras longitudinais montadas em um suporte e colocadas abaixo da zona de carregamento do transportador para fornecer uma superfície contínua para que a correia carregada deslize.

mesa de vedação | Sistema de suporte da correia que usa barras deslizantes abaixo da calha-guia, para fornecer uma superfície consistente e que possa ser vedada, para as laterais da correia

mínimo, diâmetro da polia | O tamanho mínimo da polia (normalmente para evitar danos) para uma determinada correia conforme especificado pelo fabricante da correia.

MSHA | Mine Safety and Health Administration- Administração de Segurança e Saúde em Mineração, uma unidade do Departamento do Trabalho dos EUA

moldada, borda | Uma borda de borracha sólida formada em um molde, em que a correia é feita com um determinado tamanho, em vez de ser cortada de um pedaço maior.

moinho de martelo | Um tipo de triturador que usa múltiplos martelos giratórios montados em um eixo central para quebrar pedaços duros e grandes de material, como carvão ou calcário, em pedaços menores.

N

negativo, ângulo | Lâmpadas de limpeza inclinadas em um ângulo na direção do curso da correia; também conhecido como orientação de raspagem.

O

obstrução | O bloqueio do descarregamento de um chute ou compartimento de coleta.

óleo, resistente ao | Capaz de suportar qualquer deterioração de propriedades físicas decorrentes da interação com petróleo.

operacional, tensão | A tensão de uma correia quando está carregada e em funcionamento.

OSHA | Occupational Safety & Health Administration – Administração de Segurança e Saúde. Principal agência federal encarregada de aplicar a legislação de segurança e saúde.

ozônio, rachadura de | rachaduras na superfície da correia causadas pela exposição a uma atmosfera que contém ozônio.

P

parafuso tensionador¹ | Um tensionador mecânico para aplicar tensão a uma correia, com o qual se bloqueia o movimento do rolamento da polia através de um parafuso.

parede de chute | *Ver calha-guia.*

particulada | Partículas finas sólidas ou líquidas (diferentes da água) encontradas no ar, incluindo pó, fumaça e pólen.

passiva, coleta de pó | Um sistema de coleta de pó que minimiza o pó utilizando um projeto eficiente de ponto de transferência e o controle do fluxo de ar, em vez de dispositivos mecânicos.

passo inverso | Uma solda aplicada no lado de trás de uma junta; também chamada de soldagem de retrocesso

pelotizador | Um equipamento para formar pelotas (pequenos pedaços) de resíduos ou pó.

perfil, rasgo de | Uma forma de dano da correia, com um rasgo se movimentando da borda em direção ao centro.

permanente, estiramento | Uma alteração do comprimento de uma correia observado depois que a tensão foi removida; esse comprimento adicional normalmente se acumula durante um período de tempo.

pitô, tubos | Um instrumento de pressão usado para medir a velocidade de fluxo dos fluidos.

PIW | Abreviação de *Pounds per Inch Width* – Libras por Polegada de Largura, uma medida de classificação de capacidade de tensão de uma correia.

PLC | *Ver programável, controlador lógico.*

plenum | Um compartimento fechado no qual o ar pressurizado é distribuído

pó, mangas | Mangas de filtragem permeáveis ao ar especialmente projetadas, que prendem e coletam pó transportado pelo ar de um sistema de manuseio de material.

pó, cortinas de | Cortinas de borracha ou de plástico segmentadas (anteparos), suspensas dentro de um duto conectar as duas pontas de uma correia.

polia | Um cilindro giratório montado em um eixo central que é usado para direcionar, mudar a direção ou manter.

polia com flange | Um tipo de transportador que usa taliscas espaçadas ou raspadores (flights) para mover o material de um ponto a outro através de um chute canalizado.

polia côncava | Uma polia traseira instalada de forma que sua parte superior está alinhada com a parte superior dos rolos centrais nas primeiras roldanas côncavas.

polia de meia calha² | Uma polia traseira instalada de forma que sua superfície superior fique alinhada com o ponto médio dos cilindros laterais na primeira roldana côncava, usada normalmente para encurtar a distância de transição exigida de um transportador.

polia envolta | A área total de contato em que a correia se enrola como um arco em volta da superfície de uma polia.

polia de transmissão² | A polia conectada ao mecanismo de transmissão de uma correia do transportador.

polia plana | Uma polia com uma superfície plana e sem cçroa.

polia tambor | Uma polia que possui diâmetro uniforme de lado a lado.

ponto de captura | Um ponto em que um elemento da máquina movendo-se em linha encontra um elemento giratório de tal forma que é possível tragar ou prender uma pessoa ou objeto entre os membros.

positivo, ângulo | Na limpeza da correia, uma lâmina inclinada na direção oposta à trajetória da correia; também conhecido como ângulo para descascar.

posição primária | A área ao redor da polia de descarregamento onde os raspadores primários são instalados normalmente.

pó, sistema(s) de coleta de | Um sistema mecânico usado para remover o pó do ar em um sistema de transporte de material.

pó, sistema(s) de supressão de | Um sistema de controle de pó que utiliza água ou água tratada para reduzir o escape de partículas transportadas pelo ar.

primário, raspador primário | Um pré-raspador, ou seja, um raspador de correia instalado na face de uma polia dianteira, abaixo da trajetória do material, para raspar o material a granel residual que se acumulou na correia. A posição primária de limpeza é na face de uma polia dianteira, abaixo da trajetória do material.

pressão | Uma máquina que aplica pressão consistentemente em sua superfície, usada para emendar a correia.

pressão, rolamento | Um rolamento instalado para manter a correia na posição correta, como por ex., acima do raspador de correia.

pré-raspador | Um raspador de correia instalado na face de uma polia dianteira para raspar o material a granel residual que se acumulou na correia; raspador primário

pressão positiva | O fluxo do ar para fora do ponto de transferência.

programável, controlador lógico (PLC)² | Um sistema centralizado de computador que controla a operação e a monitoração do sistema, comunicando-se com placas de circuito de entrada/saída remotas, para cada componente individual do sistema.

protetor, proteção | Barreiras para evitar a entrada de pessoas em áreas ou equipamentos potencialmente perigosos.

pulverizador | Um dispositivo mecânico usado para moer material, para que fique com a consistência de um pó fino. Um moinho de bola usa bolas pesadas de aço que rolam entre as faces giratórias para triturar o material.

PVC | Acrônimo de polyvinyl chloride - policloreto de vinila, um material usado na construção de algumas correias de transportador.

Q

quebrador de crosta² | Um equipamento usado para esmagar ou partir grandes pedaços de material em pedaços menores.

R

rachadura de flexão | Uma rachadura na superfície da correia resultante de flexão ou dobra constante.

radial, tensionador² | Um tensionador que transmite torque através de uma extensão pivotante ou de uma mola de torção a um raspador de correia.

rasgo, detector de² | Um sistema no qual um condutor elétrico é construído nas chapas da correia do transportador e que irá desligar o motor de transmissão caso a correia se rasgue.

raspador | Um dispositivo para remover material aderente da correia.

raspador secundário | Um raspador de correia montado abaixo do lado de retorno para remover quaisquer resíduos remanescentes de material residual que não foram removidos pelo pré-raspador.

raspador terciário | Qualquer raspador adicional acrescentado a uma correia depois do raspador primário (pré-raspador) e raspador inicial secundário instalado ao longo do retorno do transportador depois da posição secundária.

raspagem, ângulo de, posição de raspagem | Um raspador de correia instalado de forma que sua(s) lâmina(s) estejam inclinadas em fechado, que são usadas para diminuir a velocidade do fluxo de ar e permitir que o pó transportado pelo ar assente de volta no fluxo de material na correia do transportador, antes de sair pela zona de carregamento.

regenerativo, transportador¹ | Um transportador que descarrega material em uma altura significativamente menor do que a traseira (isto é, transporta material para baixo), produzindo eletricidade em vez de consumi-la.

removível, coletor de pó removível, filtro de pó removível | Um sistema de coleta de pó composto de filtros projetados para serem incorporados dentro do compartimento de um ponto de transferência ou outra fonte de pó

rendimento | A quantidade de material a granel entregue por um sistema de manuseio de material; definido usualmente em toneladas por hora. (st/h).

residual, surfactante/tenso ativo | Um aditivo de supressão de pó que irá continuar seu efeito de aglomeração mesmo depois que a umidade evaporar; também chamado de aglutinante supressor.

retorno, ciclo de, lado de retorno | O lado de uma correia que não carrega carga, depois do descarregamento, conforme a correia retorna à zona de carregamento.

retorno, rolete² | Um rolete usado para suportar o lado vazio, de retorno de uma correia.

recuperação, sistema | Um sistema de manuseio de material usa esse sistema para

recuperar e transportar material armazenado para um ponto onde este será processado ou consumido.

reforçador de transmissão¹ | Usado em alguns transportadores longos para reduzir a energia/tensão sobre a polia de transmissão. **reforço** | Ver *taliscas*.

resíduos | Pequenas partículas de material **reversível, transportador** | Um tipo de transportador que pode carregar material longitudinalmente nas duas direções.

reverso, jato | Um método de filtros de limpeza em uma bolsa de pó; as bolsas são limpas ao se descarregar um jato de ar comprimido dentro das bolsas, na parte superior; o jato de ar comprimido flexiona a parede da bolsa e quebra o bolo de pó, que cai no recipiente de coleta.

revestimento | Uma cobertura de borracha, tecido ou cerâmica aplicada a uma polia para melhorar a tração da correia contra a polia.

RMA | Acrônimo de Rubber Manufacturers Association, Inc.

rolamento de retenção² | Um rolete usado para evitar que a correia se levante, quando está descarregada, ou usada para aplicar pressão para baixo no ciclo de retorno de uma correia, a fim de manter a eficiência da limpeza, evitando que a pressão de limpeza altere a trajetória da correia. Também conhecida como rolamento de pressão

rolete | Um componente giratório que não é movido por energia elétrica, usada para apoiar uma correia tanto no lado de carregamento como no lado de retorno.

roletes côncavos | Um conjunto de roletes que consiste de um rolamento central horizontal que inclina os rolamentos da asa em ambos os lados para transformar o lado de carregamento da correia em uma concavidade.

roletes de coleta | Um tipo de conjunto de roletes inclinados com cilindros estreitos da asa e um cilindro central largo. Roletes desse tipo são normalmente usadas para material que deve ser retirado ou classificado enquanto é transportado.

roletes desalinhados² | Um conjunto de roletes côncavos em que os cilindros da asa estão em um plano vertical diferente do cilindro central, mas paralelo a ele. Isso permite que os cilindros da asa se sobreponham ao cilindro central, melhorando o suporte da correia, e podendo também reduzir a altura do conjunto de roldana.

rolete externa | Qualquer um dos rolamentos externos em um conjunto de rolete côncava, montado em um ângulo com relação ao rolamento central

rolete plana | Um rolete onde a correia apoiada é plana.

rolete, teste | Um rolete montado em um pivô ou como bucha do chute ou superfície de suporte da correia de baixa fricção.

ROM | acrônimo de Run-of-mine, o material bruto extraído que vem diretamente da operação de extração antes de qualquer outro tratamento.

Rockwell, dureza (ou escala) | Uma escala para avaliar a escala de dureza dos materiais, determinada pela medida da profundidade de

penetração de um material endentado. Escalas diferentes são indicadas por uma única letra, a letra “B” e a letra “C” é a mais comum.

ROI | Retorno sobre o investimento.

rolagem, componente(s) de | As roldanas e polias (e outros componentes giratórios) de um sistema de transportador.

rolamento contrário | Peças espalhadas de metal que rolam de volta em uma correia inclinada depois que o fluxo de material foi desligado. Ou o movimento em declive em transportadores inclinados, correndo de volta quando a energia é desligada enquanto a correia.

S

sacrificada, superfície | Uma superfície de desgaste instalada para proteger uma estrutura mais valiosa absorvendo, amortecendo ou isolando a abrasão, o impacto ou outras forças.

saída da carga | Área na zona de descarregamento de um transportador, em que o material pode ser temporariamente armazenado ou carregado diretamente para um dispositivo para ser transportado para outro destino.

saída, ponto de saída | A área de uma zona de carregamento em que os chutes terminam e o ciclo principal de carregamento do transportador começa.

scab plate | Uma peça de metal usada para remendar um buraco na parede de um compartimento fechado, como um chute de transferência, por ex.

scavenger, transportador² | Um pequeno transportador ou chute vibratório posicionado abaixo da parte dianteira de um grande transportador para capturar material morto ou material derramado por um sistema de limpeza da correia e retornar o material descarregado para a corrente principal de material.

secundário, raspador ~ de correia, secundária, posição | Posição de um raspador de correia, entre o ponto onde a correia deixa a polia dianteira e contata a primeira polia traseira ou polia de curva ou roldana de retorno.

segregação | A separação indesejada ou acidental de material por tamanho

segurança, cabo de | Uma restrição usada como medida de segurança para evitar a queda de um dispositivo suspenso em caso de falha do seu sistema de montagem.

segurança, fator de | Uma fração da capacidade de uma estrutura sobre aquela realmente necessária, ou um multiplicador aplicado à carga máxima esperada (força, torque, momento de curva ou uma combinação) ao qual um componente ou conjunto estará de acordo com Associação de Fabricantes de Borracha.

sobrecarga, ângulo de | O ângulo em relação à linha horizontal que a superfície de um corpo de material assume enquanto o material está em repouso em uma correia do transportador em movimento. Esse ângulo é normalmente 5

a 15° menos que o ângulo de repouso, embora para alguns materiais possa ser mais do que 20° menor.

solda de bujão | Um tipo de junta feita ao se soldar uma parte a outra através de um furo circular na parte superior.

solda fixa | Uma técnica de junção de metal que usa uma série de soldas espaçadas, com intervalos entre as soldas.

soldagem de retrocesso | Um método de soldagem no qual a cada solda, o filete é atraído de volta à extremidade soldada.

suporte, polia de suporte | Uma pequena polia usada para aumentar a área para enrolar a correia em volta de uma polia dianteira ou traseira, para melhorar a tração.

skim coat | Uma fina camada de material de borracha colocada em um tecido mas não forçada dentro da **calha-guia** | As placas verticais ou inclinadas que se estendem para fora de um ponto de carregamento de um transportador e instaladas bem acima da correia para confinar o material transportado.

slider bed conveyor | Um transportador que usa uma variedade de barras de baixa fricção ou outra superfície plana, em vez de roletes, para suportar a em uma base ajustável que, quando atuada pela correia desalinhada em movimento contra ela, irá automaticamente ajustar sua posição para direcionar a correia para a trajetória correta.

stepped splice | Um tipo de emenda com correia de múltiplas chapas em que as chapas de tecido em uma ponta da correia são removidas de forma que irão ficar contíguas e sobrepor-se às chapas adjacentes de tecido na outra ponta.

STP | Acrônimo de Standard Temperature and Pressure – Pressão e Temperatura Padrão; 0°C/32°F, 1 atmosfera (101.325 kPa) (1 atmosfera de pressão absoluta).

surfactante/tensoativo | Um agente tenso ativo/surfactante. Na supressão de pó, é um aditivo que é combinado com a água em forma de *spray* ou fumaça para ajudar a capturar o pó transportado pelo ar.

Swinderman, Escala de Materiais Fugitivos | Um sistema de pontuação que designa valores para o desempenho de um sistema no controle dos materiais fugitivos, para pó, derramamento e material morto/residual.

superior, cobertura | A superfície de carregamento de uma correia.

T

taliscas¹, **correia com talisca** | Objetos em seções elevadas da correia, usados para estabilizar o material carregado para cima em um aclave.

taxa de alimentação² | A quantidade de fluxo de material que está sendo transferido em um transportador, em um determinado momento, normalmente expresso em toneladas por hora (t/h ou st/h).

tensão | A força ao longo da correia necessária para ultrapassar a resistência dos componentes

e transportar a carga.

tensão no lado frouxo | A área de menos tensão em uma correia; essa área irá variar de acordo com a localização das polias de suporte e tensoras; elas são totalmente dependentes no transportador individual e devem ser identificadas para cada aplicação

tensionador | Um dispositivo usado para remover a frouxidão de uma correia e manter a tensão. O tensionador de correia usa um contrapeso pesado para manter a tensão da correia; os tensionadores mecânicos usam um dispositivo hidráulico ou ajuste com um parafuso para manter a tensão.

tensionador de água | Um tipo de tensionador do raspador de correia que usa pressão regulada de água para manter a tensão nas lâminas do raspador.

tensionador da correia | Um dispositivo que alonga ou encolhe a correia por meio de uma polia com peso para manter a tensão na correia.

tensionador, dispositivo de tensionamento | Um dispositivo usado para manter uma pressão de limpeza dos raspadores de correia contra a superfície da correia.

tensionador, trajetória do | A distância em que o tensionador pode se mover enquanto a correia está em funcionamento.

tensionadora, mola | Um dispositivo mecânico que utiliza a força variável de uma mola ou molas conectadas entre a estrutura do transportador e o bloco de montagem da polia traseira para manter a tensão em uma correia.

terciário, raspadores da correia, terciária, posição | A área depois da polia de suporte para a instalação de raspadores de correia adicionais.

terminal, polia | A polia em ambas as extremidades do transportador, as polias dianteira e traseira.

teste | *Ver teste da correia.*

teste de célula de enfraquecimento | Teste para obter as propriedades de fluxo do material a granel, medindo a força para raspar esse material.

TLV | Limiar de valores Limites, um nível de pó ao qual se acredita que um trabalhador possa ficar exposto diariamente durante sua vida ativa sem sofrer efeitos adversos sobre sua saúde; expresso em partes por partes de milhão de ar (PPM) para gases e em miligramas por metro cúbico (mg/m³) para materiais particulados como pó, fumaça e neblina.

total, controle ~ do material | Êxito em conter o derramamento e o material morto e controlar o pó, onde os materiais são mantidos na correia e dentro do sistema.

TPH, tph | Abreviação de “toneladas por hora;” uma medida de capacidade. **trajetória** | O caminho feito pelo material transportado até o ponto de descarregamento na extremidade dianteira do transportador. **transição** | A formação da correia em uma concavidade para receber a carga; a área onde essa alteração ocorre.

transição, área | A área entre a polia traseira de um transportador e o início da zona de carregamento em que a correia se transforma

de plana em completamente côncava ou a área em que a correia se transforma de côncava em polia de descarregamento.

transportador de arrasto | Sistema de manuseio de material que usa barras ou placas em uma corrente para empurrar a carga para o ponto de descarregamento.

transportador helicoidal | Um tipo de transportador que usa uma broca giratória dentro de um tubo fechado para transportar material de um ponto a outro

transportador tipo empilhadeira | Um transportador usado para “empilhar” ou derramar material em uma área de armazenamento. Um transportador tipo empilhadeira pode ser “fixado”, para derramar material em um único local, ou “girar”, para espalhar material em um movimento de varredura sobre uma área maior.

transportador unidirecional | Transportador que carrega material em uma única direção

transbordamento | Um problema no qual o material transborda do chute, causado pelo bloqueio deste

transversal | A direção de lado a lado, através da correia.

traseira, caixa de vedação da porta | Um compartimento fechado localizado na extremidade traseira de uma zona de carregamento para evitar que o material vaze na correia atrás do chute.

traseira, polia | Uma polia que gira o ciclo de retorno da uma correia em 180 graus de volta para o ciclo de carregamento.

traves horizontais | Os membros de suporte longitudinal da estrutura de um transportador, entre as polias terminais.

transição, distância | A distância de uma linha central da polia terminal para a primeira roldana totalmente côncava.

transição, roletes | Conjuntos de roletes colocadas entre a polia traseira e a zona de carregamento que gradualmente transformam a correia na concavidade para carregamento.

transferência, ponto | O local (e o equipamento associado) onde um transportador de correia é carregado ou descarregado

transmissão | Um arranjo de componentes elétricos e mecânicos que fornecem poder de movimento a um transportador ou outro equipamento

transmissão hidrostática | Um motor auxiliar e redutor projetado para operar uma parte do equipamento em uma velocidade bem baixa. Também chamado de “pony drive”.

transportador | Uma parte de um equipamento projetado para transportar material de um ponto a outro, ao longo de um trajeto predeterminado.

U

UHMW | Acrônimo para Ultra-High Molecular Weight polyethylene -Fibra Ultra-high do Polietileno do Peso Molecular, um material plástico usado comumente utilizado como revestimento de chute ou suporte de

baixa fricção da correia.

V

V, limpador em | Um dispositivo em forma de “V” equipado com uma lâmina de borracha ou uretano que se move acima do ciclo de retorno de uma correia para desviar qualquer resíduo de material para longe da polia traseira.

V, rolagens em | *Ver roldana de retorno em V.*

V, rolete de retorno em | Uma roldana de retorno que incorpora dois cilindros em uma configuração em “V” para melhorar o alinhamento da correia no ciclo de retorno.

vedação | Método para evitar derramamento onde se contem os resíduos e o pó na borda da calha-guia.

vedação, borracha(s) | O material de elastômero instalado entre a calha-guia e a correia para evitar o derramamento.

vedação, sistema | Vedação de elastômero e mecanismo de grampeamento na borda da calha-guia para conter o pó e evitar o derramamento.

vedada, área | A área do ponto de transferência fechada dentro da calha-guia; a área do ponto de transferência desde o ponto de carregamento até a saída.

velocidade de captação | A velocidade na qual o ar que se move sobre uma cama de um determinado material pode retirar o pó da superfície levá-lo para fora, normalmente entre um intervalo de 1,0 a 1,25 metros por segundo (200 a 250 pés/min).

Vibrada, densidade a granel | Também chamada de densidade a granel compactada (ρ_2), obtida aplicando uma força de compressão (F) ou energia vibratória a um corpo de material; usada para determinar o peso do material transportado na correia com base no ângulo de sobrecarga.

vibratório, alimentador | Um tipo de alimentador que usa uma concavidade isolada ou suspensa com um vibrador anexado para mover o material de um recipiente para um chute de transferência.

viscosidade | Resistência do material para fluir sob tensão.

Vulcanizada, emenda | Um tipo de emenda no qual as camadas são sobrepostas e aglutinadas juntas, usando calor e pressão (“vulcanização a quente”) ou um agente de ligação químico (vulcanização a “frio”).

vulcanizador | um dispositivo para aplicar calor e pressão para vulcanizar uma emenda; também chamado de prensa.

W

X

Y

Z

zero, ângulo | Ângulo de ataque da correia em que a lâminas são instaladas perpendicularmente (90°) à linha da correia.

zero, botão de velocidade | Botões elétricos usados para detectar uma parada de um eixo giratório, como em um motor de transmissão de um transportador.

zona de sedimentação | Uma parte alargada da área coberta do chute, depois da área de impacto da zona de carregamento; o volume extra designado para diminuir o fluxo de ar e permitir que o pó transportado pelo ar retorne à carga do material principal e ar limpo para escapar.

zona de carga², zona de carregamento | O ponto de recebimento em que o material é descarregado ou alimentado em um transportador.

FONTES

¹Conveyor Belt Guide
www.ConveyorBeltGuide.com

²Stahura Coveyor Products
www.scp-pa.com

Sistema Métrico		Sistema Inglês	
Descrição	Abreviatura	Abreviatura	Descrição
centímetro	cm	BTU	unidade térmica britânica
centímetro cúbico	cm ³	BTU/lb _m	unidade térmica britânica por libra massa
metro cúbico	m ³	ft	pés
metro cúbico por hora	m ³ /h	ft/min	pés por minuto
metro cúbico por minuto	m ³ /min	ft/s	pés por segundo
metro cúbico por segundo	m ³ /s	ft ²	pés quadrados
decibéis - áudio	dBA	ft ³	pés cúbicos
graus Celsius	°C	ft ³ /h	pés cúbicos por hora
grama	g	ft ³ /min	pés cúbicos por minuto
hectopascal	hPa	ft ³ /s	pés cúbicos por segundo
quilohertz	kHz	gal	galão
quilograma	kg	gal/h	galões por hora
quilograma por metro cúbico	kg/m ³	gal/min/in.	galões por minuto por polegada
quilograma por litro	kg/l or kg/L	gal/s	galões por segundo
quilograma por segundo	kg/s	h	hora
quilograma por metro quadrado	kg/m ²	hp	cavalo-vapor ou cavalo-força
quilojoule	kJ	in.	polegada
quilojoule por quilograma	kJ/kg	in. ³	polegada cúbica
quilômetro	km	lb/ft ²	libras por pés quadrados
quilômetro por hora	km/h	lb _f	libra-força
quilonewton	kN	lb _f /ft	libra-força por pés
quilonewton por metro	kN/m	lb _f /in. ²	libra-força por polegadas quadradas
quilonewton por metro cúbico	kN/m ³	lb _f /ft ³	libra-força por pés cúbicos
quilopascal	kPa	lb _f /in.	libra-força por polegadas
quilowatt	kW	lb _m	libra massa
litro	l or L	lb _m /ft ³	libra massa por pés cúbicos
litro por hora	l/h or L/h	lb _m /s	libra massa por segundo
litro por minuto por metro	l/min/m or L/min/m	mile	milha
litro por segundo	l/s or L/s	min	minuto
megahertz	MHz	mph	milha por hora
metro	m	°F	graus Fahrenheit
metro por minuto	m/min	oz	onça
metro por segundo	m/s	oz _m	onça massa
micrograma	µg	psi	libras por polegada quadrada
mícron	µ	psi	libra-força por polegada quadrada
miligramas por metro cúbico	mg/m ³	PWI	libra por largura em polegadas
mililitro	ml	s	segundo
milímetro	mm		
newton	N		
newton por milímetro	N/mm		
newton por metro	N/m		
metro quadrado	m ²		

Apêndice C

ETIQUETAS DE SEGURANÇA

ETIQUETAS DE SEGURANÇA

As informações a seguir e recomendações de segurança das etiquetas são publicadas com a permissão da Conveyor Equipment Manufacturers Association (CEMA - Associação de Fabricantes de Equipamentos de Transportadores) e estão disponíveis no Livro 201 da CEMA. As etiquetas podem ser adquiridas através do site da CEMA (www.cemanet.org) ou por correspondência para Conveyor Equipment Manufacturers Association, 6724 Loan Oak Boulevard, Naples, Florida 34109, telefone 239-514-3441. Também podem ser obtidas diretamente de qualquer fabricante de equipamento para transportadores. Para o Brasil, consulte a NR26.

Significado das Etiquetas de Segurança da CEMA

O programa de Etiquetas de Segurança da CEMA utiliza cores, sinais e palavras específicos (palavras que designam um grau ou nível de gravidade de risco) para classificar as etiquetas em três categorias de risco:

ETIQUETAS DE PERIGO

Etiquetas com “Perigo” indicam uma situação de perigo iminente que, se não evitada, irá resultar em morte ou graves lesões. Devem se restringir a situações extremas.

ETIQUETAS DE AVISO

Etiquetas com “Aviso” indicam uma situação potencialmente perigosa que, se não evitada, pode resultar em morte ou lesões graves.

ETIQUETAS DE CUIDADO

Etiquetas com “Cuidado” indicam uma situação potencialmente perigosa que, se não evitada, pode resultar em lesões pequenas ou moderadas. Também podem ser utilizadas para alertar contra práticas inseguras.

Nota: “Etiquetas de “Perigo” ou de “Aviso” não devem ser utilizadas em casos de danos à propriedade, a não ser que esses casos envolvam riscos de lesão pessoal condizente com esses níveis. É permitido utilizar a etiqueta de “Cuidado” para os casos em que só há possibilidade de danos à propriedade.

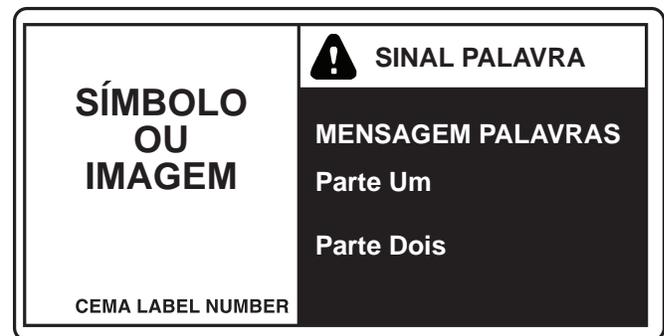
org) ou por correspondência para Conveyor Equipment Manufacturers Association, 6724 Loan Oak Boulevard, Naples, Florida 34109, telefone 239-514-3441. Também podem ser obtidas diretamente de qualquer fabricante de equipamento para transportadores. Para o Brasil, consulte a NR26.

Símbolo/Imagem

Uma representação gráfica destinada a emitir uma mensagem sem o uso de palavras. Pode representar um risco, uma situação perigosa, uma precaução para evitar um perigo, um resultado de não evitar um perigo ou qualquer combinação dessas mensagens.

Mensagem em Palavras

Consiste em duas partes. A primeira seção descreve o risco. A segunda dá instruções sobre o que fazer ou não fazer para evitar o risco.



PERIGO

Indicam uma situação de risco iminente que, se não evitada, irá resultar em morte ou graves lesões. Deve se limitar a situações extremas.



AVISO

Indica uma situação potencialmente perigosa que, se não evitada, pode resultar em morte ou lesões graves.



AVISO
Partes móveis, podem causar lesões graves ou até morte.
DESLIGUE A ENERGIA antes de realizar o protetor

CHR930001



AVISO
Partes móveis, podem causar lesões graves ou até morte.
DESLIGUE A ENERGIA antes de realizar a manutenção

CHR930011



AVISO
Equipamento com inicialização automática, pode causar lesões graves.
MANTENHA DISTÂNCIA

CHR930002



AVISO
Partes móveis sem proteção, podem causar lesões graves ou até morte.
DESLIGUE A ENERGIA antes de realizar a manutenção

CHS950013



AVISO
Partes móveis, podem causar lesões graves ou até morte.
DESLIGUE A ENERGIA antes de realizar a manutenção

CHR931005



AVISO
Realizar a manutenção do equipamento enquanto pressurizado, pode causar lesões graves.
TRAVE a fonte e LIBERE A PRESSÃO

CHS950016



AVISO
Realizar a manutenção do equipamento enquanto em movimento ou energizado pode causar lesões graves
DESLIGUE A ENERGIA

CHR930009



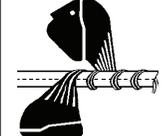
AVISO
Partes móveis, podem causar lesões graves ou até morte.
DESLIGUE A ENERGIA antes de fazer a manutenção

CHS950021



AVISO
Transportadores e partes móveis sem proteção, podem causar lesões graves ou até morte.
DESLIGUE A ENERGIA antes de realizar a manutenção

CHR930010



AVISO
Eixo rotativo, pode causar lesões graves.
MANTENHA o cabelo e partes soltas da roupa a DISTÂNCIA

CHS950023



AVISO
Transportadores e partes móveis sem proteção, podem causar lesões graves ou até morte.
DESLIGUE A ENERGIA antes de realizar a manutenção

CVS930010



AVISO
Hélices e partes móveis sem proteção, podem causar lesões graves ou até morte.
DESLIGUE A ENERGIA antes de realizar a manutenção

CVS930011



AVISO
Realizar a manutenção do equipamento enquanto pressurizado, pode causar lesões graves.
TRAVE a fonte e LIBERE A PRESSÃO

CHS950022



AVISO
Protetor removido – risco de ferimentos graves
NÃO OPERE Sem o protetor

CHR000025



AVISO
Caçambas e partes móveis sem proteção, podem causar lesões graves ou até morte.
DESLIGUE A ENERGIA antes de remover a cobertura ou realizar a manutenção

CVS930012



AVISO
Partes móveis sem proteção, podem causar lesões graves ou até morte.
DESLIGUE A ENERGIA antes de remover a cobertura ou realizar a manutenção

CVS950020



AVISO
Andar ou permanecer na cobertura ou nas grades do transportador pode causar ferimentos graves
PERMANEÇA AFASTADO

CHS991026

CUIDADO

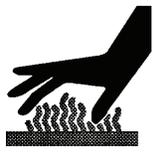
Indica uma situação potencialmente perigosa que, se não evitada, pode resultar em lesões pequenas ou moderadas. Também podem ser utilizadas para alertar contra práticas inseguras.



! CUIDADO

NÃO ENTRE
ÁREA DE RISCO
Somente pessoal autorizado

CHR930006



! CUIDADO

SUPERFÍCIE QUENTE
O contato com a pele pode
causar queimaduras
NÃO TOQUE

CHS950018



! CUIDADO

ATENÇÃO
Pouco Espaço de Circulação

CHR930007



! CUIDADO

VERIFIQUE SE O SISTEMA DE
VEDAÇÃO ESTÁ CORRETO.
Instalação, inspeção, ajuste
e manutenção incorreta pode
causar derramamento, emissão
de pó, tempo ocioso, danos ao
equipamento ou lesões pessoais

CHS060028



! CUIDADO

ATENÇÃO
Objetos no chão podem causar
tropeções e quedas

CHR930008



! CUIDADO

VERIFIQUE SE O SISTEMA
DE LIMPEZA E RASPADORES
ESTÃO CORRETOS. Instalação,
inspeção, ajuste e manutenção
incorreta pode causar derrama-
mento, emissão de pó, tempo
ocioso, danos ao equipamento ou
lesões pessoais

CHS060029



! CUIDADO

OBRIGATORIO USO DE
PROTECTOR RESPIRATORIO
Ambiente de risco. Apenas
pessoal autorizado.

CHS950015



! CUIDADO

VERIFIQUE SE A MESA DE
IMPACTO ESTÁ CORRETA.
Instalação, inspeção, ajuste
e manutenção incorreta pode
causar derramamento, emissão
de pó, tempo ocioso, danos ao
equipamento ou lesões pessoais

CHS060030

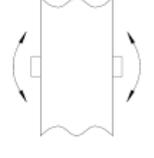


! CUIDADO

ALTA VOLTAGEM
RISCO DE CHOQUE
ELÉTRICO

Pode ser necessário mais
de um comutador para
desligar a energia

CVR950024



! CUIDADO

VERIFIQUE SE A CORREIA
ESTÁ ALINHADA. Instalação,
inspeção, ajuste e manutenção
incorreta pode causar derrama-
mento, emissão de pó, tempo
ocioso, danos ao equipamento ou
lesões pessoais

CHS060031



! CUIDADO

OBRIGATORIO USO DE
PROTECTOR AURICULAR
Ambiente Ruidoso

CHS950014

Produto: Equipamento de manuseio de material a granel | Equipamento: Transportadores de correia para material a granel



A. Deve ser colocada em protetores removíveis para avisar que a operação da máquina sem o protetor irá expor correntes, correias, engrenagens, eixos, polias, acoplamentos, etc., o que gera riscos.



B. **Colocar em porta(s) de inspeção.** Deve ser colocada em transportadores em que há peças móveis expostas que devem ser desprotegidas para facilitar o funcionamento, ou seja, cilindros, polias, eixos, correntes, etc.



C. Deve ser colocada em protetores removíveis para avisar que a operação da máquina sem o protetor irá expor correntes, correias, engrenagens, eixos, polias, acoplamentos, etc., o que gera risco.



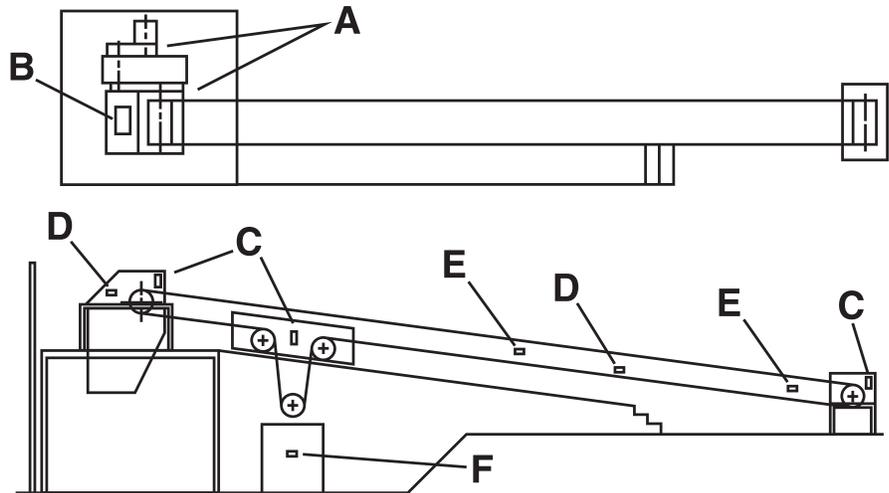
D. **Colocar na entrada da passarela do transportador.** É um aviso geral para os empregados de que as peças móveis do transportador, que funcionam sem protetor, ou seja, correias, cilindros, polias do terminal, etc., geram riscos que devem ser evitados; em particular, transportadores cujo movimento é acionado por um controle automático próximo às estações de trabalho do operador devem usar essa etiqueta.



E. **Espaço até um máximo de 50 pés dos centros (laterais da passarela).** Deve ser colocado a até no máximo 50' do centro, ao longo da lateral da passarela.

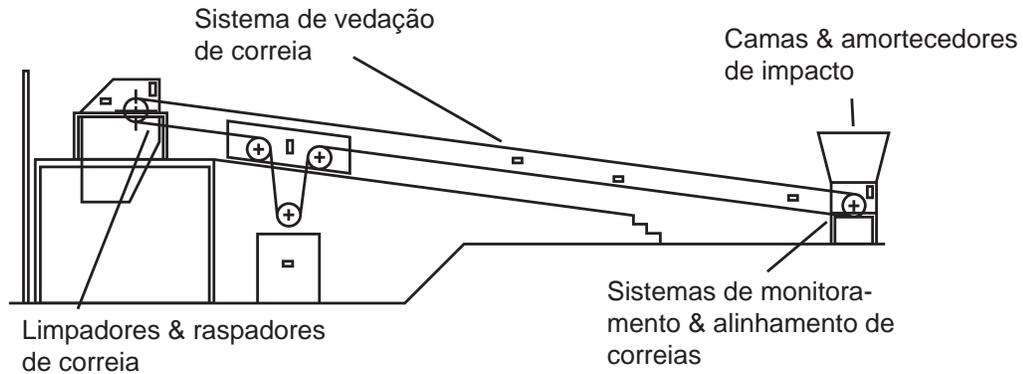


F. Deve ser colocado nas entradas de áreas fechadas que irão expor os empregados a riscos operacionais ou ambientais e aos quais só devem ter acesso pessoal treinado e autorizado, sob determinadas condições. Exemplos: transportadores de elevação, espaços confinados, etc.



Produto: Equipamento de manuseio de material a granel | Equipamento: Acessórios dos transportadores de correia para material a granel

Essas etiquetas devem ser colocadas nos acessos de manutenção ou próximo a eles, para os seguintes acessórios dos transportadores de correia para material a granel:



Transportadores de Manuseio a Granel

<p>Não suba, sente, ande, monte ou toque em um transportador, em qualquer circunstância.</p>	<p>Não realize manutenção no transportador antes de desligar e bloquear todas as fontes elétricas, hidráulicas e de ar.</p>	<p>Opere o equipamento apenas com todas as proteções e guardas no lugar.</p>
<p>Desligue toda a energia e bloqueie o carregamento antes de iniciar a manutenção.</p>	<p>Certifique-se de que todos os colaboradores estejam fora do equipamento antes de iniciar.</p>	<p>Permita apenas pessoal autorizado e treinado para operar ou realizar manutenções em transportadores e acessórios.</p>
<p>Mantenha partes soltas da roupa, partes do corpo e cabelos distantes dos transportadores.</p>	<p>Limpe o derramamento ao redor da polia traseira, roletes e pontos de carregamento apenas com a energia desligada e com as grades de proteção no lugar.</p>	<p>Não modifique ou utilize incorretamente os controles do transportador.</p>
<p>Certifique-se de que TODOS os controles e cordas de emergência estejam visíveis e acessíveis.</p>	<p>Não modifique ou remova controles, grades, travas, avisos ou outros itens de segurança sem aprovação.</p>	<p>Informe todas as condições inseguras.</p>

POST IN PROMINENT AREA

Apêndice D

ÍNDICE

- ÍNDICE DE EQUAÇÕES 552
- ÍNDICE DE TABELAS 553
- ÍNDICE REMISSIVO 554

<i>Número</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
3.1	Cálculo da Energia Necessária	32
7.1	Cálculo do Fluxo de Ar Total	92
7.2	Cálculo do Ar Deslocado	93
7.3	Cálculo do Ar Induzido	94
7.4	Cálculo da Quantidade de Ar	95
8.1	Cálculo dos Ângulos de Vale	114
9.1	Requisito de Força da Saída do Vibrador Linear	120
10.1	Cálculo da Força de Impacto de um Cascalho de Material (CEMA STANDARD 575-2000)	141
10.2	Cálculo da Força de Impacto de um Fluxo de Material (CEMA STANDARD 575-2000)	142
10.3	Cálculo de Queda da Correia	148
10.4	Cálculo da tensão Aplicada à Correia devido a Suporte de Vedação	149
10.5	Cálculo da tensão Aplicada à Correia devido à Cabine de Impacto	150
10.6	Cálculo do Consumo de Energia Aplicado à Condução da Correia devido ao Suporte de Impacto e Vedação	150
11.1	Comprimento da calha-guia	163
11.1.1-4	Exemplo de problema de comprimento da calha-guia nº 1	164-167
11.2	Altura da calha-guia	163
11.2.1-4	Amostra de problema de altura da calha-guia nº 1	164-167
13.1	Cálculo de tensão agregada à correia devido à vedação da calha-guia	192
13.2	Cálculo da energia adicional necessária para conduzir a correia	192
14.1	Cálculo da Tensão Aplicada à Correia pelo Raspador de Correia	234
14.2	Cálculo do Consumo de Potência Aplicado à Fonte da Correia	234
14.3	Calculando o Pó Potencial Gerado	240
15.1	Consumo de Potência de um Raspador de Proteção de Polia	249
16.1	Calculando a Força de Desalinhamento	275
16.2	Calculando a Força de Alinhamento de Sucção	276
16.3	Calculando a Força para Compensar um Condutor Programável	276
18.1	Área de Cálculo da Bolsa de Filtragem	303
20.1	Velocidade de Captura das Partículas de Pó	336
22.1	Cálculo de Continuidade para Área da Seção Transversal de Fluxo Material	361
24.1	Cálculo da Quantidade de Material de Retorno Entrando na Caixa de Lavagem por Dia	391
24.2	Cálculo do Material de Retorno Desejado na Saída da Caixa de Lavagem por Dia	392
24.3	Cálculo da Quantidade de Efluente Tratado por Minuto	393
24.4	Cálculo de Água Tratada Necessária por Minuto	394
25.1	Relação da Fricção de Interface	406
25.2	Cálculo da Capacidade da Correia com Propriedades Diferentes de Carvão	409
31.1	Cálculo do Custo de Capital	467
31.2	Cálculo do Retorno sobre o Investimento	467
31.3	Cálculo do Retorno sobre o Investimento em Anos	467
31.4	Cálculo do Retorno sobre o Investimento em Meses	467
31.5	Cálculo do ROI para a Empresa Happy com o Nível II de Limpeza	481
31.6	Cálculo do Retorno sobre o Investimento para a Empresa Happy com o Nível III de Limpeza	482

<i>Número</i>	<i>Título</i>	<i>Página</i>
1.1	Acúmulo de Material Fugitivo com o Passar do Tempo.	9
1.2	Sistema de Matriz de Risco	13
2.1	Dados da MSHA sobre Acidentes em Transportadores entre 1996 e 2000.	16
7.1	Nível Aproximado de Ar Gerado por Tipos Distintos de Britadores	94
9.1	Tamanhos Típicos de Vibrador por Peso de Material Dentro do Chute	120
9.2	Saídas de Força do Vibrador com Base na Densidade Aparente.	120
9.3	Características de Aparelhos de Auxílio de Fluxo Comuns.	128
9.4	Aplicações Adequadas para Auxílios de Fluxo por Características do Material	128
10.1	Classificações de Roldanas (com base nos Padrões CEMA).	133
10.2	Espaçamento Recomendado de Roldanas para Aplicações Fora da Zona de Carregamento, conforme Publicação da CEMA	136
10.3	Sistema de Classificação de Cabine de Impacto CEMA STANDARD 575-2000	142
11.1	Projeto recomendado de zona de carga.	156
11.2	Tamanhos recomendados de cantoneiras para suportes de calha-guia.	161
11.3-6	Exemplo de problema de calha-guia	164-167
12.1	Materiais das chapas de desgaste	174
13.1	Guia de seleção comparativa típica para vedação de calha-guia.	190
13.2	Força entre a correia e a faixa de vedação com vários sistemas de vedação	191
14.1	Cobertura Mínima para Lâmina de Limpeza.	206
14.2	O Nível Médio de Material Morto Permitido a Permanecer na Porção Limpa da Correia	232
14.3	Consumo de Energia Aplicado às Exigências do Condutor do Transportador por Vários Tipos de Raspadores de Correia	235
14.4	Características do Material Morto que Passa pelo Sistema de Limpeza	236
14.5	Exemplos Sugeridos	238
17.1	Porcentagens de Tamanhos de Partículas que Ultrapassam o Equipamento de Seleção de Tamanho de 10 Microns	282
17.2	Níveis de Exposição ao Pó Admissíveis para Oito Horas Diárias, de Acordo com a Administração de Saúde e Segurança Ocupacional (OSHA) (EUA).	283
19.1	Matriz de Aplicação de Supressão de Pó.	306
19.2	Taxas Típicas de Adição de Umidade para Sistemas de Supressão de Pó	308
19.3	Níveis Máximos Típicos de Adição de Umidade	312
19.4	Penalidade Térmica da Adição de Umidade em uma Usina de Carvão.	314
19.5	Penalidade Térmica em uma Usina de Carvão.	320
20.1	Velocidades de Transporte de Pó com Base no Tamanho de Partículas de Pó.	336
23.1	Tamanhos Típicos para Hélices Centrífugas Usadas com Correias Transportadoras Aéreas	367
24.1	Consumo de Água para Sistemas Típicos de Lavagem de Correia.	385
24.2	Comparação dos Vários Métodos de Remoção de Água	388
27.1	Ferramentas para a Vistoria do Local	426
27.2	Estatísticas do Sistema do Transportador de Correia	426-427
27.3	Considerações sobre a Vistoria no Local.	429
28.1	Manutenção Preventiva do Transportador de Correia	440-441
31.1	Conversões de ROI	468
31.2	Dados Usados nos Cálculos do ROI.	468
31.3	Formulário de Pontuação da Escala Swinderman.	477
31.4	Formulário de Pontuação da Escala Swinderman (Com os Pesos Atribuídos pela Gerência)	477
31.5	Pesquisa de Base	478
31.6	Pesquisa 1º Mês	478
31.7	Pesquisa 2º Mês	479
31.8	Pesquisa 3º Mês	479
31.9	Declaração de Lucros e Perdas (com Limpeza de Nível II)	480
31.10	Custos Estimados para Alcançar Níveis Específicos de Limpeza	481
31.11	Custos/Economias Estimados para Alcançar Níveis Específicos de Limpeza	482
31.12	Declaração de Lucros e Perdas Corrigida (com Limpeza de Nível III)	483

3-D (veja modelagem computadorizada tridimensional)

A

abauladas, polias, 79, 267
acesso, 21-2, 103-04, 107-13, 414-23
portas, 22, 87-8, 113, 162, 299, 333, 357, 381, 390, 415, 420-21
plataforma, 357, 417
para raspadores de correia, 202, 223, 381
para chutes, 112-13, 125, 422
para vedações da calha-guia, 101
acidentes, 6, 12, 15-8, 23-5, 88, 197, 241, 283, 285, 417, 470-71, 481
custo dos, 6, 8, 17-8, 25, 470-71
ativa, coleta ~ de pó (veja coleção de pó)
 aço, 53, 102, 109, 419
aditivo, 305, 309, 311-14, 317-18, 321
espuma, 290, 293, 305-06, 308, 312-19, 487, 490, 493, 503
neblina, 289, 293, 306-12, 314-15, 318-19, 501
residual, 290, 306-07, 314-15, 319, 351, 490, 493
aeração, 351, 357
dispositivos, 117, 123, 125
sistemas, 117, 123
ajuste dos roletes, 262-64
aletada, polia 77, 78, 86
alinhador de correia 20-1, 31, 78, 253, 257-58, 263-64, 275, 372, 380, 417, 440-41, 475, 486
altura de queda, 45, 96, 98, 105, 107, 109, 113, 132, 141-42, 153, 246, 297, 353, 361, 476
ângulo
de concavidade, 30 CARP, 45-8, 55, 80-1, 83, 85, 88-9, 104-05, 132, 134, 138, 144, 156, 162, 257, 300, 302, 353, 355, 365, 426, 507
de limpeza, 200, 207, 213, 223, 225-26, 233, 493
do chute, 111, 349, 356, 407
para descascar, limpeza da correia, 207
para raspar para limpeza da correia (veja ângulo), 11, 41-2, 45, 47, 51, 70, 78, 80-1, 85-8, 106, 131-32, 149, 153, 155, 157, 160-61, 163, 171-72, 204, 253, 288, 300, 370, 374, 492, 494-96, 505, 507
extremidade/borda, 33-4, 71, 77, 87-8, 108, 138-9, 145, 147, 153, 171, 178, 180-92
entrada, 86
chute, 111, 349, 356, 407
limpeza, 200, 207, 213, 223, 225-26, 233, 493
de ataque, 205, 207-08, 212, 214, 224, 381

de inclinação, 42, 353, 507
de repouso, 79-81, 105, 157, 355, 399-400, 409-10, 472
fricção interna, 404-06
aliviar, 159, 162, 175-76
raspar, raspas, 207, 225
sobrecarga, 355, 400-01, 408-10
fricção lateral, 402, 405-06
relação de aspecto (veja correia)
atomização, 290, 306, 309-10
ângulo, 353-54
ar, canhão de, 22, 93, 103, 112-13, 117, 119, 122-27, 359, 421, 486, 495-96, 501-02
ar, entranhamento, 96, 299, 316, 332, 350-51, 360, 371-72
ar, fluxo de 38-9, 91-3, 95-8, 101, 123, 154-55, 159, 163-67, 285, 287, 292, 297-98, 300-03, 324-27, 333-34, 358, 368, 374, 402, 427, 472
desprendido, 91-3, 300, 310, 350, 358
gerado, 91-4, 123, 288, 301, 358
induzido, 91-4, 96-8, 111, 299, 335, 350, 357-58, 402
ar, lâmina de, 203, 220, 388, 393, 489, 507
ar, transportador sustentado por, 145-46, 148, 162, 299, 343, 365-66, 368-75, 490, 492, 497
arco, 47, 55, 79, 208, 256-57, 440
área da correia livre, 163
área da seção transversal, 52, 95-97, 101, 104-05, 107, 157, 163, 173, 360-61, 403, 407, 409
área de alta tensão, 79, 80, 208, 261, 265-66
área, 48, 77, 80, 82, 85-9, 105-07
ar-tecido, relação (veja coleção de pó)
arqueamento, 148, 1489
aterramento, 292, 301-2

B

Barra de Material de Retorno de Stahura, 199
uso inicial/inicialização, 10, 23, 108, 191, 264, 274, 307, 332
Bloquear (veja também desligar/ sinalizar/ bloquear/ testar), 19-21, 71
lateral, vedação, 153, 155, 180-93
BTU, penalidade por (veja penalidade térmica)
Bunsen, Teste com Maçarico, 38-39
barra de jato d'água/pulverizador, 220-21, 377, 381, 383-84, 390, 393-94, 469
barra de içamento, 49-50
bico injetor, 118, 122-23, 290, 307, 309-11, 313-19, 321, 327, 377, 380, 383-85, 388, 390, 396, 440, 495

C

Cabo, transportadores de correia por, 506
curvatura, 44-5, 49, 55-6, 79, 256, 265, 440
capacidade, correia, 18, 29-30, 33, 46, 52, 80-1, 104-05, 133, 155, 157, 172-73, 185, 341, 347, 353, 401, 406, 408-10, 426
caixa de lavagem, 203, 216, 220, 232, 377, 380-86, 389-95, 407, 475, 489
modular, 381 -82
caixa de pedra, 102, 109-10, 140
calço, 219, 225
calha-guia, 152-168
calha-guia, vedação, 30-1, 50-1, 71, 80, 87-8, 96-8, 105-06, 108, 111, 114, 131, 138, 143, 145, 149, 181, 187, 191
Carga
de Desalinhamento da Roldana (IML), 275
pó inflamável, 282-83, 291-92
vedação da área de, 85-6, 175-78, 299, 331-32
carregamento, 43, 52, 97, 105-11, 136, 139, 148, 186, 349-61, 379
desalinhado, 11, 102, 198, 256, 259, 345, 352, 375
pontos múltiplos de, 30, 89, 154-55, 161-62, 172
cavalo vapor, exigências (veja consumo de energia)
chapa, 108, 110
de desgaste, 174
de poliuretano, 174-76
chapuz/talisco, 42, 218-19, 501, 507, 509, 91, 94, 108-10, 118-19, 199-200, 236, 288-90, 307, 355-58, 378, 402-03, 406-08
chave de chute ligada, 357
chave/botão/comutador, 265-66, 427
chevron, 218-19, 501, 507
correia, 42, 218-19, 500, 507
raspador de correia, 218-19, 501, 507
chute com curva superior e chute com curva inferior, 96-7, 107, 288, 298-99, 351-53, 369
chute com curva inferior, 96-7, 107, 111-12, 288, 298-99, 349, 351-53, 357, 360, 369, 375, 458
chute
bloqueio, 357
largura, 97, 108, 114, 156
modelagem, 97, 102, 200, 341, 347, 349, 353, 355-59, 425, 508
chutes de carregamento, 17, 31, 86, 92, 96, 104, 108, 110-11, 152, 154, 158, 258-59, 264, 298, 375, 489, 500
ciclone, 324-25, 329

- cisalhamento, força de**, 403-06
coesividade, 91, 94, 288, 290
colagem química, 62-64
coletor de pó, 158, 288-90, 293, 322-36, 385, 427, 441, 488-89, 493, 497
 ativo, 92, 98, 158, 237, 293, 299, 303,306,316,321,323-24
 modular, 323, 330, 334-35, 372, 493
coletores centrífugos, 324-25
coletores de filtro de cartucho, 324, 326
compactada, densidade a granel, 399-400
computador, modelagem (veja modelagem de chute)
confinado, espaço, 8, 53, 99, 104, 113, 147, 162, 176, 292, 317, 328, 333, 342, 344, 360, 395, 420-22, 429
constante, limpeza de área ~, 212-13
constante, raspador de correia de ângulo ~ do, 212-13
consumo de energia, 44, 151, 248-49 e **e o raspador de correia**, 149, 151, 221, 223, 234-35, 242
contrato, manutenção, 11, 98, 214-15, 229-30, 294, 427, 430-31, 436-37, 447, 462
correia com extremidade cortada, **44, 49**
correia de alimentação, **80**, 167, 191, 265
correia de aceleração, 111
 monitoramento da emenda/emenda, 72-3
 estação de emenda/emenda, **72**
 correia reversível, e **218, 233**
correia reversível, na, 259, 265
 parede de chute modular, 298
 coletor de pó modular (veja coletor de pó removível)
correia, 37-60, 85, 97, 106-07, 136, 148, 185, 188, 212, 221, 226, 299, 349, 356, 378
 alças, 42
 alinhamento, 252-277
 relação de aspecto, e, 41-2, **55, 257**
 capacidade da correia, **47, 401, 409-10**
 extremidade moldada, , 44
 tubo, transportador de, **510-11**
 turnover, correia, 202-03
 carcaça, 37-71, 78-83, 140, 256, 341, 380
 cobertura, 37-47, 50-63, 68, 70, 72, 131, 135,183-88,203-08
 dano, 50-59, 69-71, 77-82, 88, 111, 132, 134, 137-40, 154, 184, 206, 212, 216, 221, 277, 349, 370, 440, 490, 492, 495
 distância da borda, 80-1, 145, 155-57, 172, 184-85, 187,401,410,487
 entalhar, chanfrar, 66, 68-70
 limpeza (veja limpeza da correia)
 grau alimentício, 187, 216, 218-19, 499
 graus de, 42-3, **62**
 desalinhamento, 37, 77, 157, 216, 246, 253-77, 369
 reparo, 56-64, 417
 por aderentes, **56-7**, 61-4
 por fixadores mecânicos, 57-9
 falha, 131-32, 136, 138, 142-43, 146-49, 176
 emenda/junção, 61-73, 202, 257, 513
 por colagem a frio (química), **57, 61-5**
 por emendas mecânicas, 46, 57-8, 61, 64-5, 67-73, 202, 208, 214, 222, 256, 369, 426, 486, 494-95
 por vulcanização, **61-6, 70-3**, 202, 214, **369**, 417, 426, 492, 494, **513**
 armazenamento, 37, 44, 48-50, 56
 suporte, 130-151
 tensão, 46, 132, 148-49, 261-62, 274-75, 508
 alinhamento, 252-277
 testando, 252-277
 lavagem, 203, 205, 211, 216, 218, 220-21, 232, 238, 376-95, 403, 407, 469, 475, 489, 499
 desgaste, **85, 97, 107**, 136, 185, **188**, 221, 299, 356, 378
 plano, **42**, 79-80, **82, 133**, 167, 401
 sulcos, 50-1, 53, 56, 131, 188, 203, 222, 231, 381
cortina de pó, 95, 98, 107, 157-58, 227, 289, 299-302, 307, 316, 352, 360
cortina de borracha, **300**
crosta, quebrador de, 217-18, 497, 502
-
- D**
- dano**, 41, 43, 50-1, 69, 80, 114, 135,440
 por intrusão, 43, 97, 440
 induzido, ar, 91-4, 96-8, 111, 299, 335, 350, 357-58, 402
 por calor, **54**
deck/cobrir com tábuas, 246, 344, 395, **510**
defletor, **10, 80, 96, 98**, 102, **108**, 259, 488, 497
 chapa de desgaste 108, 171-74
degradação, 33, 105, 111, 349, 505-06
DEM (veja método de Modelagem de Elemento Discreto)
densidade, 399-400
 aparente, a granel, 104-05, 361, 399-400, 407, 409-10
desalinhamento, 5-6, 37, 45, 51-2, 56-7, 77, 79, 108, 117, 134-35, 145, 155-57, 159, 185-87, 197-98, 203, 246, 252-77, 265-66, 308, 345, 351, 360, 369, 371-72, 427, 486, 489, 495, 502, 513
desempenho,
 níveis de, 199, 201, 230-31, 238-40, 481-82
desgaste, 110, 171-79, 191, 352, 441
-
- área**, 212-13
da correia (*skiving*), 66, 68-70
Desligar (veja também *desligar/ sinalizar/ bloquear/ testar*), 18-23, 125, 199, 317, 421
desligar/ sinalizar/ bloquear/ testar, 18, 23, 35, 37, 71, 88, 113, 125, 147, 162, 176, 188, 229, 241, 250, 261, 273-74, 292, 302, 317, 342, 374, 395, 418, 430, 435, 440
desprendido, ar, 91-3, **300**, 310, 350, 358
detector, rasgo, **58-9**, 427
diagonal, limpador, 79, 247-48, 250, 495
dianteira, polia, 17, 21, 23, 30-31, 48, 82, 92, 95-6, 98, 104, 107-08, 110, 124, 197, 204, 209, 211-14, 217, 233-34, 245, 247, 267, 299, 307, 316, 319, 345, 375, 417, 419, 435, 440-41, 486, 498-99, 502, 506
dianteiro, chute, 19, 93-4, 98, 103-5, 107-8, 299,360,371,390
discreto, método de modelagem de elemento ~, 97, 102, 105, 347, 355-56, 358
distância, **45, 47-8, 55, 77, 81-5, 87, 89, 160**
 gradual, **88**
 roldana, **30**, 47-8, 82-4, **87**, 107
 dois estágios, **87**
 velocidade de transporte, 335
descarregador, 30, 82, 237, 259, 306, 315, 477-9, 488, 502
-
- E**
- efluente**, 377, 382-83, 388-407
eletrostático, precipitador, 323-26
emenda, 46, 47-8, 68, **78**, 82-3 202, 208, 212, 214, 222, 256, 369, 486, 494-95
 falha na, 47, 54-5, 82, 134, 440
 estilo dedos, 62-4
emergência, desligamento, **18, 21-2, 35, 264, 439, 441**
ergonomia, **34**, 436
escova, 203, 219-20, 377, 381, 498, 501
 rotativas, 203, 219-20, 377, 381, 498, 501
espaçamento, **40, 69, 82**, 135-36, 147-48, 161, **176, 186**, 225, 239, 267, **270, 367**, 384, 435
 inclinada, 263-64
 alinhada, 137, 144
 teste, 52, 102, 134-35, 268, 271-72, 274-77, 345-46, 496
 transição, 30, 47-8, 83-4, 87, 107
 retorno em V, 134-35,496
espuma, sistemas de supressão de pó por (veja supressão de pó)
explosão 8, 99, 197, 282-83, 291-93, 301-02, 325-26, 328-29, 333, 372, 408, 420, 492, 494-95
 de pó (veja explosão)
Extremidade/borda, cortes, 56, 245

-
- F**
- filtro**, 8, 72, 290, 292, 301-03, 307, 310, 317, 323-24, 326-35, 358, 368, 373-74, 388-89
manga de, **300**, 303
- Finitos, Análise de Elementos ~ (FEA)**, 347, 358
- fixador** (veja emenda mecânica), 40, 57-8, 61, 64-7, 69-73, 202, 507
tipo dobradiça, **65**
- fluxo**
customizado, 97, 101, 298-99, 343, 348-62, 369, 375, 493, 497
auxiliares de, 22, 99, 102, 112-13, 115-29, 254, 357, 359, 421, 427-28
propriedades de, 34, 124, 356-57, 359, 403-04, 410
- força de cisalhamento**, 403-06
Foundations™, Certificação, **24**, **518-19**
- fragmentos de ferro, detector**, **30**
- fricção** 105, 200, 276, 355, 405-06, 408, 429
-
- G**
- grade**, 110
- Gradual, transição** (veja também transição), 85, 88
- Gráfico de Gantt**, 456, 460
-
- H**
- humano, fator**, 432, 436, 443-451
-
- I**
- impacto**, 40-42, 105-09, 348-63
barra, 69, 143, 438, 440
suporte, 70, 88, 131-32, 135, 138, 140-44, 146, 148, 352, 382-83, 427, 486, 494, 496, 502
- incêndio, correia retardante de**, **38**
- Indicador de Desempenho (KPI)**, 462, 465
- inspeção**, 16, 18, 24, 33, 59, 72, 113, 125, 146-47, 188, 229, 250, 360, 390, 395, 420-22, 424-33, 437-41, 456, 472
a laser, 52, 132, 137, 260
interface, 356-57, 367, 391
vistoria no local, 353, 358, 425, 428-31
- Inspecionar**
a correia (Walk the Belt), 424-25, 428, 430-32
o transportador, 265, 425, 428, 430-32, 437
- interna**
fricção, 105, 361, 404-06
vedação, 184-85, 190
- invertido (chevron)**, **507**
-
- J**
- janela**
- inspeção**, 95, 299, 419-20
desvio, chute do, 30-1, 103, 124, 204, 209, 211, 213-14, 226-28, 233, 357, 407
-
- K**
- kilowatt power, exigências** (veja *consumo de energia*)
-
- L**
- Laboratório de Testes e Avaliação de Correias (BELT)**, **39**
- lâmina**, 53-54, 203, 208, 501, 206, 213, 215, 221-24, 229, 379, 487, 495
- cobertura**, 215
mestra (veja raspador primário)
múltipla, 206-07
- largura eficaz da correia**, 155-57, 183, 202
- lateral, vedação**, 153, 155, 180-93
- lavadores de gás (purificadores)**, 324-25
- limites**
regulatórios (TLVs), **9**
de escoamento, 405-06
- limpeza da correia**, 205, 211, 216, 220-21, 232, 377, 379-80, 469, 475, 487, 507
- linear, ajuste**, 223-24
- longitudinal, rasgo**, 56, 208, 245, 440
- lubrificação de rolete**, 146, 371, 416, 435, 438-39, 441
- suspensão**, 134, 143
- retorno**, 30, 134-36, 197-98, 200, 202, 225, 237, 239, 248, 250-51, 267, 274, 365, 368, 375, 427, 475, 493, 507
- emperrado**, 5, 37, 235
- autoalinhamento**, 134, 274, 277
- lucro**, 201, 285, 361, 466, 468, 481-82, 486
-
- M**
- manga**, 97, 158, 301, 303, 324, 326-29, 330, 331, 332-34, 358, 493, 501
- material**, 292, 301-02, 331
residual 3-4, 10-2, 53, 196-242, 258, 371, 376-96, 343, 407, 469-482, 487, 495, 503, 507, 511
- medida**
de desempenho, 11, 200, 230-32, 240, 392, 465-83
qualitativa, 230, 465, 471-72
quantitativa, 230, 465, 471-72
- Mohr, Círculo de**, 404
- força de carga lateral**, 171-72, 178
-
- N**
- neblina, sistemas de supressão de pó por** (veja supressão de pó)
- negativa**,
pressão, 92, 172, 293, 316
- ângulo**, 207-08, 214, 233
- Níveis de Limpeza**, 230-31, 239, 481-82
Nível I, 232, 238, 240, 469, 475
Nível H, 232, 238-40, 469, 475, 480-81
Nível M, 232, 238, 240, 469, 475, 481-83
-
- O**
- observação, necessidade de**, 419
- opacidade**, 11, 285-87, 473
- oscilação**, 225
-
- P**
- P & L, Demonstração** (veja demonstração de lucros e perdas)
- parada de emergência/ corda**, 21-2, 264, 441
- parede**
de chute (veja calha-guia)
fricção, 110, 402, 405-06
- Partícula, distribuição de tamanho de**, 104, 236, 355, 358, 402, 474
- passarela**, 21-2, **35**, 146, 162, 250, 317, 346, 348, 371, 416, 418, 422, 430, 435, 438, 440, 474
- passiva, coleta ~ de pó** (veja também coleção de pó), 98, 236-37, 293, 296-303, 306, 310, 316, 323, 334
- pastoso**, 29, 324-25, 377-78, 390
- peças de reposição**, 438
- perdas, demonstração de lucros e**, 465, **480**, 483
- perfil, rasgos de**, **56**, 245
- permissíveis, limites ~ de exposição (PELs)**, **9**
- Pico, Teste de Abrasão**, 43, 188
- piores condições**, 6, 10, 141, 201-02, 210, 232, 349, 356-58, 374, 384
- piso, estrutura do transportador**, 131-32
- plenum**, 45, 114, 145, 157-58, 163, 168, 360, 365-68, 371, 373-75
- pneumático, vibrador**, 121, 128
- pó, amostrador pessoal de**, 285-86
- pocket, transportadores**, 509
- polia**, 5-6, 11, 17, 21, 23, 29-31, 37-8, 41, 43, 46-9, 52-5, 61, 63
magnética, 498
mandril 229
massa, fluxo de, 399
curva, 30-1, 197
- poliuretano, chapa de**, 174-76
- ponto de transferência**
linear, 102, 105-06, 494-95
não linear, 102, 106
- pontos de alinhamento para inspeção do transportador**, **260**
- porta**
acesso, 87-8, 333, 357,
porta traseira, 259, 357
- posição**
-

primária, 204-05
 secundária, **204, 208, 213, 220**
 terciária, 204, 208, 220
positivo, ângulo, 207-08, 212, 214, 233
precipitador, eletrostático, 323-26
pre-raspador (veja raspador primário)
pressão de limpeza, 200, 203, 205, 208,
 211-12, 221-23, 226, 230-31, 235,
 379, 381, 393, 489, 493
pressão, rolete de, **63**, 248, 377
primário, raspador, 30, 204-05, 207-08,
 211-12, 220-21, 225, 233, 375, 383,
 469, 487, 493, 497
projeto de chute leve, **117**, 124
proteção, equipamento de ~ individual
 (EPI), 18, 24, 99, 302, 426, 430, 437
proteções em equipamentos, **21**, 423, 520
pulsado
 tecnologia a laser, 358-59
 tecnologia de limpeza de jato (veja
 limpeza de jato reverso), 326
pulverizador de água, 384, **390**, 394

Q

qualitativa, medida, 230, 465, 471-72
 quantitativa, medida, 230, 465, 471-72

R

rachadura na cobertura superior, **46**,
54, 440
radial, ajuste, 147, 213, 223, 233
raio de curvatura, 46, 54, 78
rasgo
 detector, **58-9**, 427
 fixador para reparo de, **57-8, 72**,
 438
raspador, 30, 66-7, 70, 72, 77, 78-80,
 81-6, 92-3, 95-6, 98, 102-04, 107-08,
 110, 146, 161, 193, 197, 200, 202,
 204-05, 208-09, 211-14, 216-19, 224,
 225, 227-28, 233, 235-36, 239, 242,
 245-51, 256-59, 261-63, 265, 267,
 273, 299, 307, 316, 319, 343, 345-
 46, 357, 375, 382, 416-19, 427, 435,
 440-41, 475, 486, 489, 495-97, 499,
 502-03, 506, 509
aletada, 77-8, **86**, 202, 486
envolto/enrolado, **78**
magnético, 498
primário (pré-raspador), e, 30, 44,
 204-05, 207-08, 211-14, 217-18, 220-
 21, 225-26, 233, 235, 238-39, 375,
 379, 383, 469, 487, 490, 493, 495,
 497, 501-02
secundário, 30, 204, 208, 211-
 18, 220-21, 225-26, 229, 233,
 235-36, 239, 248, 375, 381-83,
 390, 427, 469, 487, 493, 495,
 497, 502
tensionador, 20-1, 30-1, 41, 64, 78,
 201, 213, 222-24, 229-30, 233, 235,

245-46, 257-59, 261-62, 369, 380,
 417-18, 440, 486, 497
terciário, 30, 210-11, 215-17, 221,
 228, 233, 380, 469, 495
traseira, 30-1, 213-16, 219, 245, 258,
 261-62, 440-41
traseiro, 16, 30-1, 47-8, 55, 77-9,
 81, 84-9, 105, 159, 197, 245-48, 250,
 257, 264-5, 267, 273, 275, 286, 345,
 375, 416, 440-1, 486-87, 510
raspador de correia de mineração, 216-
 17, 499
cobertura mínima da lâmina, 205-6
extremidade mínima da correia,
 108
raspador de correia pneumático (veja
 lâmina de ar)
raspador de grau alimentício, 218-19
raspador múltiplo, 211, 215-16, 232, 235,
 258, 476, 508
sistema de, 210-11, 215-16, 232, 235,
 258, 495
raspadores da correia, 53, 206-13, 215,
 221-24, 229, 379, 487, 495
lâmina, **53, 70**, 206, 219, 221, 247,
 378-79, 438, 496
recuperação, sistema de, **211, 389, 502**
respirável, pó, 8, 282-83, 287, 325, 327,
 360, 494
retorno sobre o investimento (ROI), 34,
 175, 231, 349, 372, 395, 421, 465-70,
 481-83, 513
reversível, correia, 209, 218, 233, 247-48,
 250, 259, 265, 272-73
reverso, ar, **327**
reverso, limpeza de jato, 327-28, 331,
 333
revestimento, 11, 41, 70, 79, 101, 202,
 209, 441, 496
chute, 103, 110, 160, 420, 496
baixa fricção, 103, 117, 226-27
Reynolds, números de, 403
ribs, 42, 218-19, 507, 509-10
RMA (veja Rubber Manufacturers
 Association-Associação de
 Fabricantes de Borracha)
Rolete
carregamento, 30, 133, 135, 161,
 263-64, 427, 440-41
catenário, **80**, 131, 145, 157, 497,
 502
impacto, 135, 144, 149, 235, **370**,
 427, 440, 502
intermediário, 143-44, 147
muito próximo, 135-37, 143
roletes catenários ou garland, 145
ROI (veja retorno sobre o investimento)
vibrador de rotação, 117, 121-22,
 128
ROM, 538
Rubber Manufacturers Association
 (RMA- Associação dos Fabricantes

de Borracha), 42-3, **45, 55**

S

scavenger, transportador, 103, 204, 215-
 16, 226, 228, 233, 495
secagem, 386
segregação, **365, 371**
sensores de rolagem, 268-72
sedimentação, tanque de 377, 388-89,
 407
secundário, manutenção do raspador,
199 30, 211-18, 220-21, 225-26, 229,
 233, 235-36, 239, 248, 375, 381, 385,
 390, 427, 469, 487, 493, 495, 497,
 501-02
segurança
 análise de riscos, **12-3**
 antes do trabalho, **19**, 241
 aviso adesivos/etiquetas, 18, 22-
 3, 88, 241, 360, 421
 cabo de, 125, 127, 247-49
signalizar (veja também *desligar/ sinalizar/*
bloquear/ testar), 18-20
sistema
 coleta central de pó, **301**, 329
 limpeza duplo, 235, 238, 279
 qualidade, **461**
 vedação, 182-88
sobretensão/sobreprensão, 55, 221, 225-
 26, 257, 497
solda, 61, 124-26, 162, 176-78, 224,
 291, 459,
 soldado a bujão, 125-26, 177-78
subtensão, 222, 265
sulcos na correia, 50-1, 53, 56, 131, 188,
 203, 222, 231, 381
superfície de sacrifício, 110, 170-71
Superfície, Teste de Resistência de,
 38
tensoativo/surfactante (veja
 supressão de pó)
suporte da com estrutura angular em,
 161
Suportes
impacto, 70, 88, 131-32, 135, 138,
 140-44, 146, 148, 352, 370, 427, 486,
 494, 496, 502
da correia, 132, 135-36, 149-50
de vedação, 88-89, 132, 138-39, 142-
 43, 146-47, 161, 163, 352, 357, 427,
 440, 492
supressão de pó, **304-08**, 312, 314, 322
Swinderman, Escala, 472-77

T

tanque de sedimentação 377, 388-89, 407
tecido, relação ar- ~ , e, 331, 334
passive, 98, 158, 293, 296-303, 306,
 310, 321, 323, 350
tensionador, raspador da correia, 20-1,
 30-1, 41, 64, 78, 201, 213, 222-24,

229-30, 233, 235, 245-46, 257-59, 261-62, 369, 380, 417-18, 440, 486, 497

tensoativo, 55, 290, 306, 308, 311-16, 321, 487, 493, 501, 503

jatos/pulverizadores de água, 305-08, 312, 314

tensora, polia (veja polia)

terciária, posição, 204, 208, 220

terciário, raspador, 30, 210-11, 215-17, 221, 228, 233, 380, 469, 495

térmica, penalidade, 290, 308-09, 314, 320-21

testar a correia, procedimento para (veja correia)

Teste com Maçarico de Propano de Alta Energia, 38

Teste de Fricção de Tambor, 38

teste, 274-75

testar (veja também *desligar/ sinalizar/ bloquear/ testar*), 18, 20-1

Total, Controle de Material®, 3, 11-3, 25, 34-5, 168, 410, 445-46, 449-50

transição, 188, 375, 511

de concavidade total, 84-85, 87

de meia concavidade, 84-5, 159-60

risco de marreta, 119

transmissão hidrostática (veja transmissão)

transportador, 414-23

com inclinação acentuada, 507, 509-12

corrente de limpeza, 228

curva horizontal, 506, 508, 510

enclausurado, 510

reposição, peça de, 438

rolete, 135-36, 147-48, 161, 225

transportadores de correia de grau alimentício, 499

traseira

caixa de vedação (veja caixa de vedação da porta traseira)

caixa de vedação da janela, 30, 86-8, 332, 357

raspador de proteção (veja raspador)

tratamento de água, 325, 388-89

travamento

material, 41, 50-2, 77-8, 108, 131-32, 135, 137, 139, 159-60, 171, 176, 182, 185, 188, 245-46, 249, 370, 374, 502

mecânico, 51-2, 108, 160, 171, 176, 185, 370

trabalhador, 25, 37, 418

treinamento de pessoal, 8, 14, 23-5, 67, 113, 229, 342, 421, 429, 437, 439, 445-47, 471

tridimensional, modelagem computadorizada, 347, 353, 357, 359

U

UHMW Polietileno

umidade, teor de, 11, 94, 102, 197, 200, 208, 220, 226, 236-37, 290, 308, 320, 323, 326, 335, 351, 355, 378, 392-94, 399-400, 402-08, 426, 495, 498

unidade de coleção de pó, 329-30

usado, correia, 52, 67, 182-83, 201, 205, 299, 486, 494

V

V, limpador em, 247-48, 250, 375, 440, 495

V, rolete em 134-35, 496

inclinação, ângulo vertical, guia ~ de ponta, 266-77

vedação

área, 52, 87, 98, 106, 131, 136, 138, 141, 143, 146-47, 155, 157, 163, 171, 173, 188, 192, 301, 352, 360, 419

externa, 182, 186-87, 190

lateral, 52, 155, 172-73, 185, 187, 190, 253

lateral vertical, 181-86, 190

sistema de, 60, 182

sistema múltiplo de, 87, 153, 181, 186-87, 189, 192

velocidade de retenção, 335

vibrador, 93, 112, 117-28, 359, 486, 502 ,

elétrico, 121, 128 ,

linear (*orpiston*), 117-22, 128, 219 ,

pneumático (movido a ar), 120-21 ,

rotativo, 117, 121-22, 128

vibrador de pistão, 117, 119, 121

vibratório, chute de desvio, 103, 124, 227

transportador scavenger, 228

vibração, 419, 513

correia, 161, 197, 399, 429, 502 ,

sistema de suporte da correia 176

polias aletadas, 78, 86

impacto na limpeza da correia, 54, 202, 208-09, 217, 225, 501-02

visual, opacidade, 285, 287

vulcanizada, emenda, 57, 60-4, 70-3, 82, 202, 214, 256, 269, 426, 440, 492, 494, 513

Z

zero, ângulo, 207-12

zona de carga, 31, 33, 47-8, 59, 76-89, 91-3, 96-7, 99, 102, 110-11, 123, 131-32, 134-36, 138, 140-41, 144-45, 147, 159-60, 163-67, 172-73, 176-77, 181, 187-90, 245-46, 253, 262, 273, 275, 297-300, 318, 323, 346, 357, 370-71, 373, 375, 500, 502, 508, 510

Apêndice E

AUTORES & AGRADECIMENTOS



R. Todd Swinderman

Martin Engineering Corporate | Diretor Executivo de Tecnologia Empresarial

Todd Swinderman juntou-se à *Martin Engineering* em 1979 como Engenheiro de Produtos de Transportador, antes de se tornar Gerente Geral, Presidente e CEO. Sua visão e seu espírito de liderança concentram-se em desenvolver soluções inovadoras para o manuseio de materiais a granel e expandir as capacidades da empresa em todo o mundo. Swinderman tem sido um membro ativo da CEMA como executivo, presidente do comitê e como chefe editor e força motriz por trás da sexta edição atualizada de *Belt Conveyors for Bulk Materials (Transportadores de Correia para Materiais a Granel)*.



Andrew D. Marti

Martin Engineering Corporate | Administrador Global de Comunicações e Marketing

Andy Marti possui mais de 20 anos de experiência em escrever sobre os problemas e soluções no manuseio de materiais a granel. Trabalhou como autor coordenador e editor em todas as quatro edições dos livros Foundations™ da *Martin Engineering*, sobre o aperfeiçoamento do desempenho dos transportadores de correia e pontos de transferência. Marti possui B.A. (Bachelor in Arts) em Jornalismo pela Central Michigan University e um M.A. (Master in Arts) em Meios de Comunicações pela University of Northern Iowa.



Larry J. Goldbeck

Martin Engineering USA | Gerente de Tecnologia de Transportadores

Desde que se juntou à *Martin Engineering* em 1981, Larry Goldbeck viajou por todo o mundo – da Indonésia à Islândia, de Duluth a Delhi – aplicando soluções aos problemas no manuseio de materiais a granel. Ele combina conhecimento teórico com 40 anos de experiência prática em operação, manutenção e solução de problemas dos sistemas de transportador de correia. Goldbeck é o desenvolvedor e o instrutor líder dos Workshops Foundations™ da *Martin Engineering* sobre Operação e Manutenção Limpa e Segura dos Transportadores de Correia.



Daniel Marshall

Martin Engineering USA | Engenheiro de Produto

Ele se autodescreve como “o homem dos números”. Daniel Marshall possui B.S. (Bachelor in Science) em Engenharia Mecânica pela Northern Arizona University. Juntou-se à *Martin Engineering* em 2000, como Engenheiro de Pesquisa e Desenvolvimento. Durante sua carreira na *Martin Engineering*, Marshall trabalhou com cada um dos produtos de transportador que a *Martin Engineering* oferece. Atualmente é um instrumento no projeto e aplicação dos sistemas de supressão e coleção de pó.



Mark G. Strebel

Martin Engineering USA | Gerente de Marketing EUA

Mark Strebel veio para a *Martin Engineering* depois de nove anos de experiência como engenheiro de testes e resultados e supervisor de operações em uma usina pública de carvão. Na *Martin Engineering*, concentrou seus esforços no desenvolvimento e aplicação de tecnologias para aperfeiçoar o manuseio de materiais a granel, ocupando as posições de Gerente de P & D e de Produtos de Transportador, antes de assumir o cargo atual. Strebel possui um B.S. (Bachelor in Science) em Mecânica.



John Barickman

Martin Engineering
Corporate

Engenheiro de Desenvolvimento
de Produtos Sênior



Greg Bierie

Martin Engineering
Corporate

Gerente de Projetos Globais e
de Vendas Técnicas



Steve Brody

Martin Engineering
USA

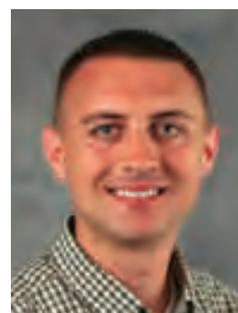
Especialista em Suporte
Técnico



Jörg Gauss

Martin Engineering
Alemanha

Gerente de Operações da
Alemanha



Justin Malohn

Martin Engineering
Corporate

Gerente de Produtos/
Produtos de Transportador



Fred McRae

Martin Engineering
EUA

Gerente Regional de Serviços/
Região Sudeste



Dave Mueller

Martin Engineering
EUA

Especialista de Produtos Sênior



Tim O'Harran

Martin Engineering
EUA

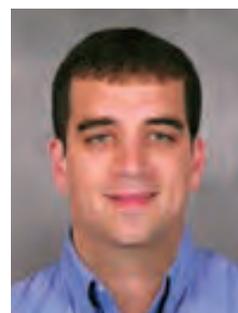
Gerente Nacional de
Desenvolvimento de Negócios



Frank Polowy

Martin Engineering
EUA

Líder de Projetos da Martin
Service



Brad Pronschinske

Martin Engineering
Corporate

Gerente Global de Produtos/
Auxílio ao Fluxo



Javier Schmal

Martin Engineering
Brasil

Diretor Geral
América Latina



Andy Stahura

Martin Engineering
EUA

Gerente Regional



Gary Swearingen

Martin Engineering
EUA

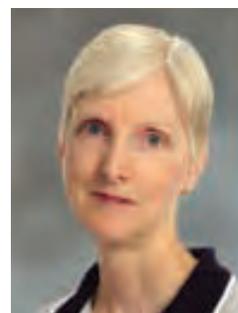
Coordenador do
Grupo de Projetos



Terry Thew

Serviços de Equipamentos &
Suprimentos Austrália

Gerente de
Engenharia



Barbara Wheatall

Martin Engineering
EUA

Coordenadora de Vendas
e Marketing



Marty Yepsen

Martin Engineering
EUA

Gerente da Martin Services

Outros Escritores

David Craig, PhD | Larry Engle | David Keil | Roger Kilgore
Stephen Laccinole | Andrew Waters

D. Michele Maki, PhD

Consultora de Redação/Revisão



Chelsea Blake

Martin Engineering
EUA

Administradora de Marketing e
Comunicações



Seth Mercer

Martin Engineering
Corporate

Especialista Global em
Marketing e Comunicações



Jared Piacenti

Martin Engineering
EUA

Sistemas de Engenharia



Bob Tellier

Martin Engineering
Corporate

Especialista Global em
Marketing e Inteligência

Existem sempre aqueles que, por trás dos refletores, fazem seu trabalho em silêncio, para que as tarefas sejam cumpridas. Muitas vezes, esses indivíduos, os heróis anônimos, não são reconhecidos pelas contribuições que fizeram para o processo. Cinco indivíduos constantemente deixaram suas funções, alguns por quase dois anos, para produzir a quarta edição de *Foundations™ The Practical Resource for Cleaner, Safer, More Productive Dust & Material Control (Foundations™ O Recurso Prático para um Controle do Pó*

& de Material Mais Limpo, Mais Seguro e Mais Produtivo). Sem a dedicação, o trabalho árduo e o discernimento dos funcionários da Martin, Chelsea Blake, Seth Mercer, Jared Piacenti e Bob Tellier, além da consultora de redação e revisão D. Michele Maki, PhD, a quarta edição de *Foundations™* não teria sido possível.

Este livro também não teria sido concluído sem a compreensão e o auxílio de muitos recursos externos e de muitos colaboradores da Martin. Essas pessoas forneceram informações essenciais, especialização técnica, ideias abrangentes e detalhadas, além de toda a complexidade do “feijão com arroz”. Temos uma dívida com:

Martin Engineering Corporate

Susan Coné, James Daly, Gina Darling, Harry Heath, Michele Ince, Chris Landers, Paul Mengnjoh, Travis Miller, Andrea Olson, Chris Schmelzer, Mark Stern, Kathy Swearingen, Terry Swearingen, Bonnie Thompson, Kathy Thumma, Jim Turner, Tina Usrey, e Ron Vick

Martin Engineering Alemanha

Reiner Fertig, Michael Hengl, and Michael Tenzer

Martin Engineering Brasil

Jéssica Salaverry, Tatiana Furlan, William Valladão

Recursos externos

Mike Braucher, Dave Gallagher e Frank Hyclak,
Goodyear Engineered Products
Bernd Küsel, <http://www.conveyorbeltguide.com>
Bob Reinfried, Executive Vice-President, CEMA
Ed Walinski, Pneutech Engineering
Darcy Winn, Winn Conveyor
Ryan Buck and David Pratt, Wethersfield High School

Martin Engineering USA

Bob Burke, Jim Burkhart, Jen DeClercq, Julie Derick, Robert Downs, Travis Grawe, Mark Huhn, Sonia Magalhaes, Kevin McKinley, Greg Milroy, Cheryl Osborne, Rachael Porter, Tracey Ramos, Wayne Roesner, Jim Roark, Becky Scott, Richard Shields, e Terry Vandemore

Martin Engineering China

Eric Zheng

Martin Engineering África do Sul

Hannes Kotze

Consultores

Charles E. Fleming, *Foundations™*, Gerente de Projeto da
Quarta Edição
Paul Grisley, Grisley Conveyors
Bob Law, Engineering Services & Supplies (ESS)
Laurie Mueller

Para todos aqueles que nos ajudaram,
muito obrigado. RTS, ADM, LJG, DM, MGS

Neponset, Illinois, EUA, março 2009

Guia Prático para um Controle Mais Limpo, Seguro e Produtivo de Pó e Material a Granel

Elaborado para auxiliar na educação e orientação de técnicos de manutenção de campo, engenheiros, equipe de operadores e pessoal de manutenção, o livro **Foundations™**, *Quarta Edição*, oferece uma visão abrangente das melhores práticas em segurança do transportador, controle e prevenção de material fugitivo e avanços no projeto do transportador.

Direitos Autorais © 2009 Martin Engineering Company
Form No. L3271-4-4/09 WZ

Impresso no Brasil.



**SEDE DA MARTIN
ENGINEERING**

Rua Estácio de Sá, 2104 – Jardim Santa Genebra
Campinas – SP – Brasil – 13080-010

Tel.: 55 19 3709 7200

Fax: 55 19 3709 7201

martin@martin-eng.com.br

www.martin-eng.com.br