

## CAPÍTULO 5

### OTIMIZAÇÃO DO DESEMPENHO DE CORREIAS TRANSPORTADORAS ATRAVÉS DA APLICAÇÃO ESTRATÉGICA DE RASPADORES

**Leonardo Carvalho Matos de Moura**

Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Engenharia de Produção  
leoo.carvalho.matos@gmail.com

**Matheus Alves Pinto**

Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), Engenharia de Produção  
matheusalvespinto@souunisuam.com.br

**George Gilberto Gomes Junior**

Professor Mestre em Engenharia de Materiais  
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), unidade Bonsucesso  
george.junior@souunisuam.com.br

**Leonardo Lopes de Campos**

Mestre em Desenvolvimento Local com ênfase em Cadeias Produtivas Sustentáveis  
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM),  
leonardolopes@souunisuam.com.br

**Everton Rangel Bispo**

Professor Doutor em Engenharia de Materiais e Processos Metalúrgicos  
Centro Universitário Augusto Motta (UNISUAM), unidade Bonsucesso  
evertonbispo@souunisuam.edu.br

### RESUMO

O presente estudo esclareceu sobre o que são correias transportadoras e os seus componentes, bem como explicou o que são raspadores de correia e elucidou sucintamente sobre a correta instalação dos raspadores primários em correias transportadoras, visando minimizar a quantidade de material de transporte que se acumula sob um transportador, reduzindo assim os custos, desperdícios e, principalmente, os perigos em que os colaboradores são expostos durante as suas atividades de limpeza, causadas pela queda de material.

**Palavras-chave:** Transporte; Correias transportadoras; Raspadores, logística.

### INTRODUÇÃO

O interesse por um método eficiente e econômico para transportar materiais a granel tem crescido constantemente. Atualmente, o transporte por

meio de correias transportadoras é o método mais empregado para esse fim, sendo amplamente adotado por empresas de diversos setores, como mineração, siderurgia, pedreiras e agronegócios. Esses equipamentos são altamente reconhecidos por profissionais da indústria e são essenciais para o transporte de diversos tipos de materiais, desde os leves, como embalagens, até os pesados, típicos da mineração.

De acordo com a Mercúrio, as primeiras correias transportadoras surgiram na Inglaterra, na segunda metade do século XVIII, como resultado dos avanços da Revolução Industrial. Inicialmente, eram feitos de lona, couro ou borracha e deslizavam sobre superfícies planas de madeira. Esses equipamentos simples eram usados principalmente em padarias e matadouros. Posteriormente, passou a transportar caminhões para navios de curta distância. Com o tempo, essas correias foram aprimoradas e, em 1804, a Marinha Britânica instalou uma correia transportadora acionada por máquina a vapor.

As correias transportadoras mantêm sua posição no transporte de materiais graças a vantagens como economia, segurança na operação, confiabilidade, confiança e ampla capacidade. Eles são utilizados em diversos setores e possuem características técnicas que permitem sua aplicação em sistemas de transporte e elevação de materiais de diferentes tamanhos, desde pequenos até grandes, conforme sua configuração adequada (FERDORKO et al., 2013; ANDRIANOV e HORSSEN, 2008).

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

Entretanto o domínio desta ferramenta pode não ser tarefa simples, caso alguns fatores sejam negligenciados, desde a concepção de projeto até os cuidados na operação e manutenção. Dentre os fatores determinantes para o sucesso de uma operação de transporte de grãos está, justamente, a limpeza deles. E incluso neste quesito encontram-se os estudos e avaliações sobre os equipamentos de raspagem dos materiais que ficam retidos no transportador, que, caso não sejam removidos, podem gerar problemas catastróficos, tanto relacionados a questões ambientais, quanto a saúde dos colaboradores que atuam em plantas operadas através de correias transportadoras. Dentre tais estudos, inclui-se o presente trabalho, que busca a determinação da correta utilização dos raspadores sobre a correia transportadora.

## **OBJETIVO**

Determinar a correta aplicação dos raspadores em correias transportadoras.

### **Objetivo Geral**

A finalidade principal do presente trabalho é determinar o posicionamento correto de raspadores primários de correias transportadoras diante de variadas condições de serviços, tanto ambientais (temperatura e umidade), bem como variações nas propriedades do material transportado (granulometria, densidade e umidade).

### **Objetivo Específico**

Como finalidade específica, ao determinar-se o posicionamento ideal, os resultados deste estudo devem fornecer aos operadores dos equipamentos informações que lhes permitam minimizar a quantidade de material de transporte que se acumula sob um transportador, reduzindo assim os custos e, principalmente, os perigos na limpeza causadas por este material fugitivo.

## **JUSTIFICATIVA**

Para um controle efetivo do material transportado faz-se necessário, impreterivelmente, uma aplicação correta das ferramentas de limpeza do transportador de correias.

Dentro deste grupo de equipamentos inclui-se os raspadores. De modo que, conhecer e medir sua eficiência, bem como suas limitações, será sempre chave fundamental para o sucesso na operação de qualquer planta que faz uso do manuseio de granéis.

A posição correta que a lâmina deve exercer sobre a correia, geralmente, é informada pelo fabricante dos limpadores. Entretanto, também é comum neste mercado, a comercialização dos equipamentos em uma modalidade de contrato conhecida como comodato, que se caracteriza como o empréstimo gratuito de coisas não fungíveis, ou seja, objetos que não se gastam ou não se consomem após o uso. De modo que o fabricante entrega ao cliente o raspador e cobra apenas pela comercialização das lâminas, que, de fato, é o elemento que se desgasta. O que pode se configurar em um dilema para empresa que compra o equipamento, onde o fabricante determina a forma correta de uso e, concomitantemente, obtém ganhos proporcionais exclusivamente com a frequência de troca das lâminas. Com isso surge a necessidade de estabelecer um método prático para avaliação de desempenho dos raspadores.

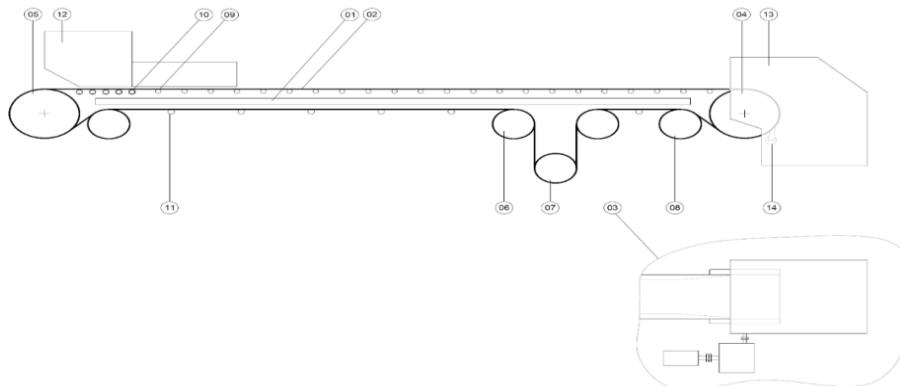
## **DESENVOLVIMENTO**

Os transportadores de correia são, de longe, o transportador de manuseio de materiais mais comum em uso hoje. Eles são geralmente o

transportador motorizado menos custoso e capazes de lidar com uma ampla gama de materiais. Dependendo do tipo escolhido, os transportadores de correia podem transportar tudo, desde cascalho e carvão soltos até caixas de papelão rígidas cheias de produtos (McGuire, 1962).

Tipicamente, os transportadores de correia são usados para transportar materiais por longas distâncias com um único motor. Os transportadores de correia podem variar de uma única unidade com apenas poucos centímetros de comprimento até unidades combinadas que cobrem milhares de metros. A larga utilização dos transportadores de correia é maior comprovação do seu alto desempenho, rapidez e economia na movimentação dos mais variados tipos de carga. É importante fazer uma distinção: o termo “transportador de correia” refere-se ao equipamento completo, enquanto “correia transportadora” designa apenas a correia em si. A referir-se a um transportador de correia trata-se por relacionar uma série de elementos que devem ser bem analisados, pois todos eles participam de maneira direta para o cumprimento da finalidade de um projeto. Na Figura 1 foram listados os pontos de 01 a 14, a fim de fornecer a nomenclatura e o posicionamento dos componentes de um transportador de correia convencional, conforme apresentado em vários manuais de transportadores, como o Manual Técnico de Correias Transportadoras da fabricante de correias Mercúrio:

Figura 1 - Componentes de um transportador de correia: 01 - Estrutura, 02 - Correia Transportadora, 03 - Conjunto de Acionamento, 04 - Tambor de Acionamento, 05 - Tambor de Retorno, 06 - Tambor de Desvio, 07 - Tambor de Esticamento, 08 - Tambor de Encosto, 09 - Rolete de Carga, 10 - Rolete de Impacto, 11 - Rolete de Retorno, 12 - Chute de Alimentação, 13 - Chute de Descarga, 14 - Raspador.



Fonte: Imagem do autor, 2024.

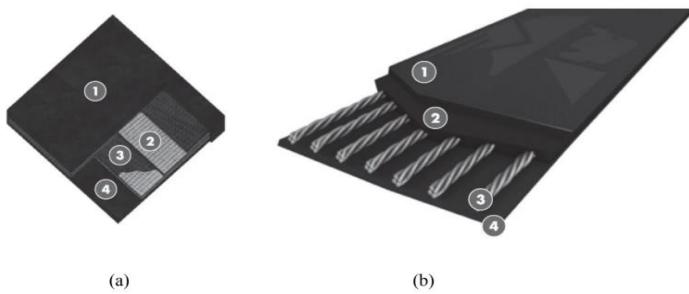
## Correias

Para se entender uma correia transportadora é fundamental compreender sua construção. Basicamente é constituída por carcaça e coberturas. Para um transportador a correia em si é o principal e mais

importante elemento, e, como tal, representa uma grande fatia do seu custo. Operar de forma eficiente uma correia transportadora é um fator determinante para a produtividade da planta onde ela tenha sido instalada, de modo que garantir sua integridade deve ser o foco de todos que interajam com ela.

As correias, de modo geral, são constituídas de coberturas de borracha ou policloreto de polivinila (PVC) combinadas com uma carcaça responsável pelo tensionamento interno que pode ser fabricado com tecidos sintéticos ou cabos de aço. Sendo que a carcaça possui a função mais importante do ponto de vista de estrutural (SWINDERMAN et al, 2009). Ou seja, os quatro componentes básicos de uma correia, como mostrados na Figura 2, são: cobertura superior, borracha de ligação, reforço (lona ou cabo de aço), cobertura inferior.

Figura 2 - Componentes básicos de uma correia transportadora: (a) 1 - Cobertura Superior, 2 - Borracha de Ligação, 3 - Lona, 4 - Cobertura Inferior. (b) 1 - Cobertura Superior, 2 - Borracha de Ligação, 3 - Cabo de Aço, 4 - Cobertura Inferior



Fonte: Manual técnico correias transportadoras Mercúrio, 2014.

## Raspadores

Na tentativa de reduzir o problema de derramamento, a indústria de transportadores desenvolveu vários métodos para limpar as correias transportadoras operacionais. Estes métodos de limpeza variam muito em design e eficácia. A maioria tenta remover o material aderente da correia raspando ou limpando a correia quando ela se separa do lado inferior do tambor-cabeça para iniciar a sua viagem de retorno sob a estrutura do transportador.

Muitos métodos diferentes são usados para realizar a limpeza, estes incluem: raspagem com lâminas rígidas, raspagem com lâminas montadas na mola ou móveis, escovar com escovas rotativas. Sendo que o mais comumente utilizado destes sistemas é o dispositivo de raspagem de lâmina segmentada, conforme RHOADES, HEBBLE, GRANNES (1989).

Geralmente, os sistemas de limpeza são formados por um ou mais raspadores instalados na polia de descarga (frontal) ou em sua proximidade, com a função de remover os resíduos aderidos à correia enquanto ela passa pela polia motriz. Raspador de correia é definido pela ABNT NBR 6177:2016

como “dispositivos mecânicos, dotados de ajustes mecânicos, pneumáticos, hidráulicos ou elétricos, que possuem elementos de desgaste que tocam a correia transportadora de forma a promover a retirada de uma fração agregada na correia após a descarga do material transportado”.

Em um sistema de limpeza, é mais seguro e eficaz aplicar diversos impactos intermitentes e intensos do que um único golpe com maior pressão e ângulo agressivo. Por essa razão, costuma-se utilizar um sistema de múltiplos raspadores, formado por um raspador primário (Figura 3) e ao menos um raspador secundário (Figura 4).

Defina-se como raspador secundário qualquer raspador posicionado na área que vai desde o ponto em que a correia se desprende da polia motriz até a área anterior ao contato da correia com a polia traseira. Já o raspador primário é definido como aquele instalado na superfície do tambor dianteiro (cabeça) logo abaixo da trajetória onde o material é descarregado da correia. Este utiliza a uma baixa pressão da lâmina na correia para remover a camada superior e a maioria do material morto. Isso permite que o raspador secundário, ajustado com a pressão ideal para a limpeza da correia, efetue uma remoção final precisa dos resíduos aderentes, sem ser sobre carregado por uma massa excessiva de material acumulado.

Cada tipo de raspador assume funções específicas na tarefa de limpar a correia, motivo pelo qual são específicos e fabricados de maneiras diferentes (SWINDERMAN et al., 2009).

Figura 3 - Raspador primário



Fonte: Martin Engineering, 2025.

Figura 4 - Raspador secundário



Fonte: Martin Engineering, 2025.

## Procedimentos Básicos de Sistemas de Limpeza Eficazes

Geralmente o raspador primário é posicionado à frente da polia motriz, conforme ilustrado na Figura 5, logo abaixo do local onde o material é descarregado da correia. Essa posição oferece uma vantagem significativa, pois o material de retorno é imediatamente reintegrado ao fluxo principal, proporcionando a chance de liberação sobre os componentes de rolamento e no ambiente fabril.

Quando os raspadores são tensionados contra a correia, que ainda estão atualizados nas polias frontais, o controle da pressão entre a lâmina e a correia torna-se mais preciso. A polia motriz oferece uma superfície firme para a fixação do raspador. Aproveitar o espaço disponível fixando o primeiro raspador na posição primária libera mais espaço para a instalação de um ou mais raspadores nas posições secundárias e terciárias. Com o raspador primário instalado, quanto mais à frente dos demais raspadores, menor será a possibilidade de fuga do material de retorno (SWINDERMAN et al., 2009).

Figura 5 - Posicionamento do raspador no ciclo de retorno do transportador



Fonte: Martin Engineering, 2025.

Um raspador colocado na trajetória do material pode causar danos prematuros no suporte e na parte posterior das lâminas, exigindo a substituição das lâminas antes que a capacidade de limpeza seja comprometida. O posicionamento ideal de um raspador na posição primária requer que a ponta da lâmina fique abaixo da linha horizontal da polia, conforme a figura 6. Apesar de instalado fora da trajetória do material, o raspador ainda pode acumular material aderido em suas superfícies externas.

Figura 6 - Instalação do raspador fora do fluxo de material



Fonte: Martin Engineering, 2025.

Um aspecto fundamental na escolha de um raspador é reduzir ao máximo qualquer risco que ele possa representar à correia ou à emenda, uma vez que esses sistemas são instalados justamente para proteger a correia.

Os sistemas de limpeza devem ser projetados para permitir que a lâmina se desloque sobre a correia caso uma emenda, uma seção danificada ou outra obstrução ultrapasse o raspador junto com a correia.

Os sistemas de tensionamento do raspador, especialmente do primário, onde o ângulo de ataque é mais acentuado, precisam incluir um mecanismo que proteja contra o impacto da emenda. Um raspador primário agressivo, com alta pressão de limpeza, tende a danificar mais rapidamente a superfície da correia, apresentando um risco maior de prender-se em saliências da emenda ou da correia.

É importante escolher cuidadosamente o material em contato com a correia. Materiais como fatias de correias usadas nunca devem ser usados como elementos de limpeza ou colocação, pois podem conter cabos de aço ou resíduos que causem danos. Esses materiais fixados provocam desgaste excessivo na cobertura da correia (SWINDERMAN et al., 2009).

### **Princípios de Projeto de Raspadores**

Embora existam outros sistemas de limpeza, como os pneumáticos e de fricção, a maioria dos raspadores ainda é do tipo laminado. Esses equipamentos utilizam uma lâmina para remover o material da superfície da correia e acionam uma fonte de energia, como uma mola, reservatório de ar comprimido ou elemento espiral elastomérico, para pressionar a ponta do raspador contra a correia.

A lâmina que entra em contato direto com a correia está sujeita a desgastes e danos, devendo ser reajustada periodicamente e reduzida quando necessário para garantir a eficiência da limpeza (SWINDERMAN et al., 2009).

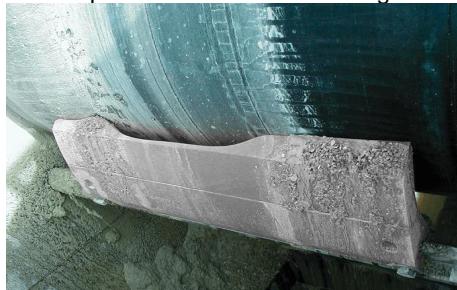
## Área da Correia Coberta pelo Raspador

Normalmente, as lâminas dos raspadores não cobrem toda a largura da correia, já que nem sempre são usadas integralmente para transportar materiais. A CEMA recomenda que a lâmina cubra no mínimo dois terços da largura da correia. Diferentes fabricantes possuem suas próprias medidas padrão de cobertura das lâminas. Embora muitos adotem uma cobertura mínima maior, raramente a largura da lâmina é igual ou superior à largura total da correia.

Para uma limpeza eficiente, é importante observar ou calcular a largura do material transportado sobre a correia e compará-la com a largura do raspador. Em alguns casos, usar uma lâmina mais larga, pois a faixa de diâmetro do material pode gerar padrões indesejados de desgaste. A parte central da lâmina tende a se desgastar mais rapidamente do que as extremidades, pois concentra maior quantidade de material abrasivo. Isso faz com que as bordas da lâmina se afixem à correia, permitindo a passagem do material de retorno entre a lâmina e a correia, o que acelera o desgaste central da lâmina (Figura 7).

O material sobre a correia também atua como agente de refrigeração e lubrificação para a lâmina, por isso é fundamental evitar a cobertura excessiva da correia. Na ausência desse efeito de drenagem, o calor acumulado nas extremidades da lâmina pode causar falhas na lâmina e danos à correia (SWINDERMAN et al., 2009).

Figura 7 - Exemplo de raspador com excesso de desgaste no centro da correia



Fonte: SWINDERMAN, 2009.

## Segmentos de Lâmina Simples ou Múltiplos

Um projeto que utiliza múltiplas lâminas com molas individuais ou suportes de elastômero para cada lâmina de limpeza garante que cada uma mantenha uma tensão adequada, permitindo que elas cedam a pressão mais baixas em vez de suportar a força total do dispositivo de tensionamento. Lâminas estreitas têm melhor desempenho, pois acompanham as variações no contorno da correia, saltam para permitir a passagem da emenda e retornam à posição de limpeza com maior facilidade do que uma lâmina única. Isso torna o sistema de lâminas múltiplas mais eficaz e seguro tanto para o raspador quanto para a correia. Avanços recentes em poliuretano

melhoraram o desempenho das lâminas simples na manutenção do contato com a correia.

Diversos materiais são usados na fabricação das lâminas dos raspadores, incluindo borracha, poliuretano, aço leve e aço inoxidável. Muitas lâminas são reforçadas com enxertos de carboneto de tungstênio ou incorporam ligas, contas ou pedaços de vidro para melhorar sua resistência ao desgaste e eficiência na limpeza. Os fabricantes ampliaram uma variedade de poliuretanos disponíveis, buscando melhor desempenho em condições específicas, como maior resistência ao desgaste, calor, produtos químicos e umidade. Em alguns casos, testes comparativos são necessários para identificar o material mais adequado para cada aplicação (SWINDERMAN et al., 2009).

### **Principais Materiais para Lâminas de Raspadores**

Os raspadores de correias transportadoras utilizam lâminas fabricadas a partir de materiais específicos para garantir uma limpeza eficiente e proteger a integridade da correia. O poliuretano é um dos materiais mais comuns, sendo bastante popular pela sua alta resistência à abrasão, flexibilidade e por ser mais suave para a correia, funcionando bem, inclusive, com emendas grampeadas. Para aplicações mais rigorosas e com maior necessidade de durabilidade, utiliza-se o carboneto de tungstênio (ou metal duro), que oferece um desempenho superior em termos de vida útil e desgaste uniforme. Outros materiais, como o aço inoxidável, são empregados em componentes de raspadores para resistência à corrosão, especialmente em aplicações como mineração e processamento de alimentos, dependendo sempre das características do material transportado (abrasividade, temperatura etc.) e da aplicação.

A escolha entre poliuretano e carboneto de tungstênio para lâminas de raspadores de correias transportadoras depende diretamente da aplicação, do tipo de material e do estado da correia.

#### **Poliuretano (PU)**

Vantagens	Desvantagens
<b>Suavidade para a Correia:</b> É um material mais macio e flexível, que minimiza o desgaste e a chance de danos à superfície da correia.	<b>Menor Durabilidade/Eficiência em Serviços Pesados:</b> Desgasta-se mais rapidamente do que o metal duro em aplicações de alta abrasão e limpeza pesada.

<b>Compatibilidade com Emendas:</b> Funciona bem em correias que utilizam emendas com grampos (mecânicas), sem danificá-las.	<b>Limpeza Menos Agressiva:</b> Pode não atingir a mesma eficiência de limpeza (remoção de material fino) que o carboneto de tungstênio em certas aplicações.
<b>Conformidade com a Correia:</b> Pode se desgastar no formato da correia (conformação) ao longo do tempo, mantendo uma limpeza eficaz mesmo em correias gastas, irregulares ou com deformidades.	<b>Resistência Química:</b> Embora tenha boa resistência química, formulações específicas podem ser necessárias para aplicações com exposição severa a certos produtos químicos.

### **Carboneto de Tungstênio (Metal duro)**

Vantagens	Desvantagens
<b>Durabilidade e Longa Vida Útil:</b> É extremamente duro e resistente à abrasão, durando significativamente mais tempo em ambientes agressivos.	<b>Maior Risco de Dano à Correia:</b> Por ser um material muito duro, há um risco maior de danificar a correia (especialmente emendas com grampos ou a própria superfície) se o tensionamento não for ajustado corretamente.
<b>Eficiência de Limpeza Superior:</b> Sua dureza e perfil de desgaste uniforme oferecem uma eficiência de limpeza superior, removendo mais material, inclusive partículas finas.	<b>Não Recomendado para Emendas Mecânicas:</b> Geralmente não é recomendado para correias com emendas grampeadas, sendo ideal apenas para correias vulcanizadas.
<b>Melhor Desempenho em Condições Severas:</b> É o material preferido para aplicações pesadas, alta velocidade e materiais altamente abrasivos (ex.: coque, clínquer, minério de ferro).	<b>Preço:</b> Tende a ser mais caro que o poliuretano.

## **2.8 Selecionar um Raspador de Correia**

A seleção de um raspador para uma aplicação específica exige uma análise de diversos fatores. A seguir, estão as informações básicas que um fornecedor precisa ter para recomendar um sistema de limpeza adequado:

- (1) Velocidade e largura da correia; (2) Largura da carga sobre a correia; (3) Diâmetro da polia; (4) Características do material (inclusive

tamanho da partícula, teor de umidade, temperatura, abrasividade e corrosividade); (5) Comprimento do transportador.

O comprimento do transportador é uma variável importante, pois a ação ondulatória da correia ao passar sobre as roldanas faz com que o material se fixe e se compacte na correia. Esse efeito é especialmente significativo em transportadores longos utilizados em aplicações terrestres, tornando a limpeza dessas correias mais desafiadora em comparação com correias mais curtas. Além disso, correias curtas ou vazias que funcionam por longos períodos podem apresentar problemas de aquecimento gerados pelo raspador, devido à fricção entre a lâmina e a correia.

Quando uma lâmina está em contato contínuo com a correia, o atrito provoca aquecimento, que pode se acumular na lâmina e no seu mecanismo de retenção, reduzindo sua vida útil ou até danificando o suporte. Em correias curtas, a capacidade de cobertura para dissipar esse calor é limitada, o que pode levar à manipulação. A aplicação de alta tensão do raspador contra a correia pode agravar o problema, fazendo com que a lâmina fique presa na correia quando está parada.

Além do comprimento, outras variáveis que influenciam o desempenho ideal do sistema de limpeza e que devem ser consideradas na seleção incluem:

(1) Espaço disponível para instalação e manutenção; (2) Possibilidade de mudanças nas características do material transportado, como variações entre material molhado e aderente ou seco e fragmentado; (3) condições extremas de temperatura; (4) Danos na superfície da correia, como cortes, fendas, riscos ou rachaduras causados por desgaste ou uso inadequado; (5) Emendas mecânicas deformadas, sólidas ou múltiplas; (6) Vibração da correia, geralmente causada pelo acúmulo de material nas polias e em outros componentes de rolamento, dificultando o contato constante do raspador com a correia; (7) Material que pode aderir ou envolver no sistema de limpeza; (8) Acúmulo de material sem rampa de desvio.

Na elaboração de uma proposta por parte do fornecedor e na análise dessa proposta, é importante considerar diversos aspectos, tais como:

- (1) O nível desejado ou exigido de desempenho na limpeza;
- (2) O nível necessário ou disponível para manutenção do sistema;
- (3) Habilidade e experiência para a instalação;
- (4) O preço inicial em comparação com o custo total de propriedade ao longo do tempo;
- (5) A confiança do fabricante, incluindo a qualidade do serviço oferecido e garantias de desempenho.

Existem diversas facilidades disponíveis para auxiliar na combinação entre um sistema de limpeza e sua aplicação específica, incluindo sistemas

de seleção online. Esses sistemas analisam características do material transportado e as especificações do transportador para oferecer recomendações de raspadores de correia adequados. Essas ferramentas otimizaram o processo de escolha, trazendo eficiência e assertividade ao identificar o modelo mais adequado para cada contexto operacional. Além disso, facilitam a redução de erros e o tempo para implementação do sistema de limpeza, contribuindo para a manutenção da integridade e desempenho das correias transportadoras (SWINDERMAN et al., 2009).

### **Instalação de Raspadores**

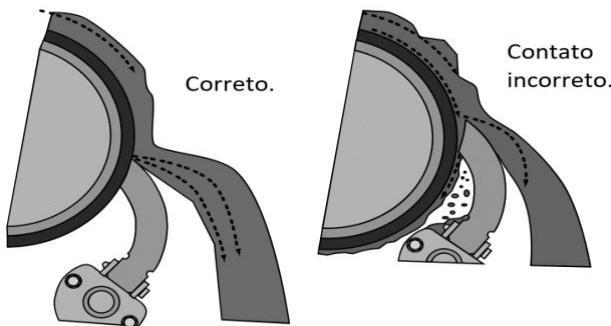
A instalação adequada é um fator crítico para o desempenho eficaz do sistema de limpeza da correia transportadora. Uma instalação incorreta pode comprometer o desempenho do raspador, reduzindo a vida útil da lâmina e a eficiência da limpeza. Por isso, conforme as instruções fornecidas pelo fabricante devem ser seguidas rigorosamente. Entre os fatores que influenciam a posição de instalação do raspador estão:

- (1) O modelo do limpador;
- (2) Os requisitos de tensionamento e montagem;
- (3) A necessidade de soldagem ou fixação do raspador;
- (4) A forma de instalação, seja em parede de calha ou suspensão por molas;
- (5) A posição dos condutores, rolamentos e vigas do transportador.

Independentemente da marca, o ponto essencial na instalação é que a estrutura de suporte do raspador seja posicionada a uma distância correta da superfície da correia (Figura 10). Essa distância adequada evita problemas como a “recuperação”, quando a correia puxa o raspador invertido, resultando em danos estruturais. Mantenha a distância correta e garantida de que a lâmina fique no ângulo ideal para proporcionar limpeza eficiente, desgaste controlado e longa durabilidade.

É comum que raspadores primários tenham uma ponta da lâmina em contato inicial com a correia e que o dispositivo gire para manter esse contato conforme a ponta se desgastar. No entanto, problemas ocorrem quando a lâmina de elastômero é instalada muito próxima da correia, fazendo com que a base da lâmina toque a correia antes da ponta. Isso gera um espaço onde o material pode se acumular, forçando a lâmina para fora e permitindo que grandes quantidades de material passem sem serem removidas, aumentando o desgaste e prejudicando a eficácia da limpeza. A solução é preservar a distância correta para que a ponta da lâmina seja o primeiro ponto de contato (SWINDERMAN et al., 2009).

Figura 10 - Posicionamento da base do raspador primário



Fonte: SWINDERMAN, 2009.

### Custos de Manutenção e Impactos na Produção

Falhas em raspadores de correia transportadora podem causar grandes prejuízos, indo muito além do custo de uma simples substituição de peça. Para entender melhor os custos e impactos, vamos analisar um caso que reflete o cenário real encontrado na indústria.

Cenário: Falha de um Raspador Secundário

Uma mineradora de grande porte utiliza uma correia transportadora para transportar minério de ferro. O sistema é crítico para a operação, e a manutenção é programada para ocorrer a cada 3 meses.

O raspador secundário, que deveria remover finos e umidade da correia, falha prematuramente. Isso significa que ele para de funcionar corretamente, acarretando impactos diretos e indiretos, tais como:

- Acúmulo de material e derramamentos: Sem a raspagem adequada, o minério de ferro úmido e pegajoso começa a se acumular nas polias, roletes e estruturas.
- Custo com a mão de obra extra para limpeza, estimado em R\$ 4.000 por dia até que o problema seja resolvido.
- Danos a Componentes do transportador devido ao acúmulo de material, aumentando o desgaste e a carga sobre os roletes e as polias. A sobrecarga leva à falha do rolamento nos roletes, que precisa ser substituído.
- Custo com a substituição do rolete e seu rolamento é de R\$ 1.500. O tempo de inatividade para a substituição é de 2 horas, resultando em uma perda de R\$ 4.400.000,00 na produção (considerando uma produção de 5.000 toneladas por hora).

- Aumento do desgaste da correia: Embora a correia não falhe imediatamente, sua vida útil é reduzida em 20%. O custo médio de uma nova correia é de R\$ 200.000,00. A redução de 20% representa um prejuízo futuro de R\$ 40.000 em custos de substituição antecipada.
- Riscos de segurança: Derramamentos de material criam um ambiente de trabalho perigoso, com riscos de escorregamento e quedas. A limpeza manual em áreas de difícil acesso aumenta a exposição dos trabalhadores a riscos.

Este caso demonstra que o custo de uma falha em um raspador de correia é muito maior do que o custo de um novo raspador, que pode variar entre R\$ 2.000 e R\$ 10.000, dependendo do modelo. O valor de um bom raspador não está apenas em sua durabilidade, mas na prevenção de custos indiretos e sistêmicos que podem paralisar a produção e gerar prejuízos significativos. Investir em raspadores de alta qualidade e em um plano de manutenção preditiva e preventiva é fundamental para garantir a eficiência e a segurança das operações.

### A Importância do MTBF para Raspadores de correia

O MTBF representa o tempo médio de operação de um equipamento ou componente entre a ocorrência de uma falha e a próxima. Para os raspadores de correias transportadoras, ter um MTBF alto é vital, pois falhas nesses componentes podem levar a:

- Acúmulo excessivo de material (carryback): Aumentando a necessidade de limpeza, o desgaste da correia e de outros componentes (roletes, tambores) e o risco de acidentes.
- Danos à correia: Desgaste desigual ou desregulagem das lâminas podem danificar a superfície da correia, causando rasgos e interrupções caras e prolongadas.
- Paradas não planejadas: A falha de um raspador pode exigir uma parada de emergência para reparo ou substituição, impactando a produtividade do sistema de transporte.

### Modos de Falha Comuns em Raspadores

Os modos de falha que influenciam o MTBF dos raspadores geralmente estão ligados a:

- Desgaste da Lâmina: É o modo de falha mais comum. Lâminas desgastadas perdem a eficiência de raspagem, resultando em carryback e exigindo a troca. O monitoramento contínuo (por exemplo, por vibração ou inspeção) pode ajudar a prever o momento da falha potencial (Curva P-F) e planejar a manutenção.
- Desregulagem/Perda de Tensão: A perda da pressão adequada entre a lâmina e a correia (tensão) impede a remoção eficiente do material, sendo considerada uma falha funcional.
- Danos Mecânicos/Estruturais: Quebra de suportes, molas ou outros mecanismos que fixam ou tencionam o raspador, resultando em inoperância total ou parcial.

O cálculo básico do MTBF é feito pela fórmula:  $MTBF = \frac{\text{Tempo Total de Operação}}{\text{Número de Falhas}}$

O "Tempo Total de Operação" é o tempo em que o raspador estava funcionando corretamente entre a primeira falha e a última falha (ou até o momento da análise), descontando o tempo de manutenção (MTTR).

Para aumentar o MTBF de um raspador, a gestão de manutenção deve focar em:

- Monitoramento de Condição: Evoluindo na indústria 4.0, o uso de tecnologias como análise de vibração e dados sensitivos (inspeções) para prever o desgaste da lâmina e a perda de tensão antes que causem uma falha funcional, permitindo a substituição ou ajuste de forma planejada (Manutenção Preditiva).
- Manutenção Preventiva Eficaz: Estabelecimento de um plano de inspeções e ajustes periódicos que garantam a correta tensão e alinhamento do raspador.

### **TQM (Total Quality Management)**

O TQM (Total Quality Management - Gestão da Qualidade Total) se enquadra na aplicação correta de raspadores ao transformar a limpeza da correia de uma tarefa isolada de manutenção para uma filosofia sistêmica que envolve todos os aspectos da operação para garantir a máxima eficiência e qualidade.

Em vez de apenas reagir ao desgaste do raspador, o TQM aplica seus princípios para prevenir a ineficiência, o carryback (material que adere e cai) e as falhas que os raspadores devem evitar.

#### Como o TQM Se Aplica aos Raspadores

Os principais pilares do TQM (Foco no Cliente, Melhoria Contínua, Envolvimento Total e Abordagem Baseada em Fatos) se manifestam da seguinte forma:

#### 5.1 Foco no Cliente (Interno)

O "cliente" do raspador é o restante do sistema de transporte.

Definindo a Qualidade: A Qualidade do raspador não é apenas sua durabilidade, mas sua eficiência em limpar a correia. O objetivo é que a correia retorne limpa, sem material residual (carryback), que danificaria roletes de retorno, causaria desalinhamento e exigiria limpeza manual.

Requisitos: O TQM garante que o tipo de raspador (primário, secundário) e o material da lâmina sejam selecionados com base nas necessidades reais da operação (tipo de material, velocidade da correia, diâmetro da polia), eliminando falhas de projeto e má aplicação.

#### Melhoria Contínua (Kaizen)

A ineficiência do raspador é tratada como um "defeito" a ser eliminado progressivamente.

Medição e Análise (PDCA): O TQM exige o monitoramento constante da eficiência de raspagem (por exemplo, usando a medição de carryback conforme normas ABNT) e do MTBF. Se a eficiência cai ou o MTBF diminui, aciona-se um ciclo PDCA (Planejar, Fazer, Checar, Agir) para descobrir a causa-raiz (ex: perda de tensão, vibração, material abrasivo) e implementar uma solução padronizada.

Padronização da Manutenção: O procedimento de ajuste de tensão e troca da lâmina deve ser padronizado (documentado e treinado) para garantir que a instalação seja correta e consistente, evitando que a má regulagem se torne uma falha recorrente.

#### Estudo de Caso: Otimização de Raspadores de Correia Transportadora

Uma fábrica de cimento (exemplo baseado em casos internacionais como Cemex, México) ou uma mineradora (como ArcelorMittal ou minas de carvão nos EUA/Austrália) estava enfrentando um problema comum, mas dispendioso: o excesso de material de retorno (carryback) e derramamento (spillage) nas suas correias transportadoras de alta velocidade.

Problema Principal: Limpeza deficiente resultando em acúmulo de material fino e pegajoso na correia de retorno.

## Consequências:

- Alto Custo Operacional: Paradas não programadas frequentes (até 24 horas/mês em alguns casos) e a necessidade de dedicar uma equipe (4 a 5 pessoas) para limpeza diária do entorno do transportador.
  - Riscos de Segurança: Aumento da exposição dos trabalhadores ao risco de entrada em espaço confinado e manipulação manual próxima à correia em movimento.
  - Desgaste Acelerado: Acúmulo de material nos roletes e tambores, causando术salinhamento da correia e danos.

A instalação utilizava um sistema de raspadores considerado "padrão" ou, em alguns casos, soluções "caseiras" (como identificado em uma fábrica de alimentos, por exemplo).

Característica	Detalhe
Tipo de raspador	Raspadores primários e secundários básicos.
Manutenção	Ajuste manual e inspeções visuais periódicas (ex: a cada 2-4 semanas para tensionamento).
Tensionamento	Molas ou contrapesos manuais, propensos a variações de pressão.
Material da Lâmina	Uretoano padrão ou metal

**Fonte:** própria

O principal gargalo era a falta de pressão e ângulo de limpeza ótimos, levando a um desgaste rápido e ineficiente da lâmina no centro (onde o material é mais concentrado), enquanto as laterais permaneciam com pouca eficácia de raspagem.

Para resolver o problema, a empresa implementou boas práticas baseadas nas recomendações da CEMA (Conveyor Equipment Manufacturers Association) e em estudos de caso de empresas líderes mundiais em tecnologia de manuseio de granéis (como Martin Engineering e Flexco).

# Sistema de Limpeza em Múltiplos Estágios

O sistema "caseiro" foi substituído por uma configuração de raspagem de múltiplos estágios: Raspador Primário (Pré-limpeza): Instalado no tambor de descarga (polia dianteira), abaixo do fluxo de material. A

escolha recaiu sobre um modelo de lâmina de carboneto de tungstênio (tungsten carbide) ou cerâmica em um design robusto (ex: Martin® QC1+™ ou CleanScrape®).

Melhor Prática: O raspador primário é responsável pela remoção de 60% a 70% do material mais grosso, utilizando um ângulo de limpeza constante e positivo para maior eficiência.

Tendência Internacional: O CleanScrape®, um limpador primário de design diagonal, foi adotado em ambientes abrasivos (como pedreiras ou portos) devido à sua capacidade de se conformar à curva da polia, maximizando a área de contato e a vida útil da lâmina (caso Arcelor Mittal - Bélgica e Transnet Port Terminal - África do Sul).

Raspador Secundário (Limpeza Fina): Instalado logo após o raspador primário (onde a correia deixa a polia principal).

Melhor Prática: Lâminas de uretano individualmente tensionadas para remover a película fina e úmida que o primário não consegue.

### **Tensionamento Otimizado e Automação (Indústria 4.0)**

Em vez de ajustes manuais, que são inconsistentes e demorados, implementou-se um sistema de tensionamento avançado:

Tensionamento Pneumático ou de Mola com Torque Constante: Garante uma pressão de lâmina correta e consistente, crucial para a máxima eficácia sem danificar a correia. Estudos mostram que existe uma faixa ótima de pressão; pressionar "mais forte" não limpa melhor e apenas acelera o desgaste.

Monitoramento por Vibração (Predial): Em minas e plantas que adotam a Manutenção 4.0 (como no caso da Dynamox no Brasil), sensores sem fio foram instalados. Curiosamente, níveis mais baixos de vibração indicavam lâminas finas/desgastadas e não níveis mais altos, permitindo uma troca preditiva e estendendo o intervalo de manutenção para 40-45 dias, em vez de inspeções semanais.

### **Foco em Segurança e Economia (Resultados)**

A implementação das boas práticas resultou em um Retorno sobre Segurança e Produtividade (Return on Conveyor Safety™):

Indicador	Antes da otimização	Após a otimização	Economia/melhoria
Limpeza manual	1 hora/dia para 4-5 pessoas (Ex: Pedreira no Reino Unido).	1 hora/semana (com STARCLEAN®).	Redução de 75% no tempo de limpeza (equivalente a 96 horas salvas em 6 meses).
Material de retorno	Considerável, causando poluição e desperdício.	"Mínimo ou quase nulo" (Cemex, México).	Redução de até 60% na perda de sucata (caso de fábrica de alimentos).
Vida útil da correia	Reducida por acúmulo e desalinhamento.	Aumento da vida útil devido à superfície mais limpa e alinhada.	Aumento da Disponibilidade Operacional.

Fonte: própria

A adoção de tecnologias de raspadores eficientes (primários robustos + secundários de acabamento) combinada com o monitoramento preditivo do desgaste e tensionamento garantiu uma operação mais limpa, segura e significativamente mais lucrativa, alinhada aos mais altos padrões internacionais de manuseio de materiais a granel.

## **CONCLUSÃO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) investigou a importância crítica da correta aplicação e manutenção de raspadores em correias transportadoras para otimizar a eficiência operacional e promover a sustentabilidade industrial. A pesquisa confirmou que a escolha e instalação dos raspadores primários e secundários não são detalhes, mas variáveis determinantes para o desempenho do sistema, resultando em benefícios tangíveis. Primeiramente, a remoção eficaz do material aderido (carryback) leva à Redução de Desperdício e Aumento de Eficiência, pois minimiza derrames e a necessidade de limpeza manual, maximizando a produtividade. Além disso, a manutenção da limpeza da correia e seus elementos Prolonga a Vida Útil dos Componentes, diminuindo o desgaste prematuro, reduzindo custos de manutenção e paradas não programadas. Por fim, o controle do carryback contribui para a Melhoria da Segurança e Conformidade Ambiental, criando um ambiente de trabalho mais seguro e auxiliando no atendimento às normas de controle de particulados. Em suma, o TCC conclui que a gestão estratégica e detalhada dos raspadores, aliada a planos de manutenção, os transforma em um investimento crucial, provando que a excelência operacional em correias transportadoras é indissociável da excelência na aplicação desses componentes. O estudo sugere, como perspectiva futura, a realização de estudos de caso para correlacionar o índice de limpeza da correia com a redução de custos operacionais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MERCURIO, Conheça a história das correias Transportadoras. 2025. Disponível em <<https://www.correiasmercurio.com.br/historia-das-correias-transportadoras/>>. Acesso em 06 set. 2025.

ANDRIANOV, I. V., HORSSEN, W. T. On the transversal vibrations of a conveyor belt: applicability of simplified models, *Journal of Sound and Vibration*, v. 313, p. 822–829, 2008.

FEDORKO, L. et al. Hyperbaric oxygen therapy does not reduce indications for amputation in patients with diabetes with nonhealing ulcers of the lower limb: a prospective, double-blind, randomized controlled clinical trial. *Diabetes Care*, v. 39, n. 3, p. 392-399, 2016.

CEMA (*Conveyor Equipment Manufacturers Association*) - *Belt Conveyors for Bulk Materials*, Chaners Publishing Company. 6<sup>a</sup> edição, 2007.

FÁBRICA DE AÇO PAULISTA S. A. Manual de Transportadores Contínuos. 3<sup>a</sup> edição, Brasil, 1981.

LINDSTROM; DOUGLAS; SWINDERMAN. “*Belt Cleaners and Belt Top Cover Wear*”, *Nacional Conference Publication*, Número 93/8, p. 609–611, Estados Unidos da América, 1993.

McGUIRE, P. M., “*Conveyors: application, selection, and integration*”. CRC Press Taylor and Francis Group, LLC. Dayton, Ohio, Estados Unidos da América, 1962.

SWINDERMAN, R. T., “*The Conveyor Drive Power Consumption of Belt Cleaners*,” *Bulk Solids Handling*, p. 487–490. Clausthal-Zellerfeld: Trans Tech Publications. Alemanha, 1991.

SWINDERMAN, R. T.; MARTI, A. D.; GOLDBECK, L. J.; MARSHALL, D.; STREBEL, M. G.; “*Practical Resource for Cleaner, Safer, More Productive Dust & Material Control - FOUNDATION*”;, Martin Engineering, 4<sup>a</sup> edição, p. 567, Neponset, Illinois, Estados Unidos da América, 2007.

CONVEYOR EQUIPMENT MANUFACTURERS ASSOCIATION (CEMA). CEMA Belt Conveyors for Bulk Materials. [S.I.]: CEMA, 2017.

FLEXCO. Estudos de Caso e Soluções para Transportadores de Correia. Acesso em: out. 2025.

MARTIN ENGINEERING. Estudos de Caso e Tecnologias de Limpeza de Correias. Acesso em: out. 2025.

GRANNES, S. G.; HEBBLE, T. L.; RHOADES, C. A. Basic parameters of conveyor belt cleaning. Washington, DC: U.S. Bureau of Mines, 1989. 19 p. (Report of Investigations, 9221).

SWINDERMAN, R. Todd et al. (Org.). *Foundations: guia Prático para um Controle Mais Límpio, Seguro e Produtivo de Poeira e Derramamentos*. 4<sup>a</sup> ed. Martin Engineering Ltda, 2009.

MARTIN ENGINEERING. Disponível em: <https://www.martineng.com.br/content/product/4011/raspador-primario-inline-xhd>. acesso em 07 nov. 2025.