

# PROCEL INDÚSTRIA

EDIÇÃO S E R I A D A

# 1

## CORREIAS TRANSPORTADORAS GUIA BÁSICO

2009



# **CORREIAS TRANSPORTADORAS**

## **GUIA BÁSICO**

2009

© 2008. CNI – Confederação Nacional da Indústria

IEL – Núcleo Central

ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A.

Qualquer parte desta obra poderá ser reproduzida, desde que citada a fonte.

#### **ELETROBRÁS**

##### **Centrais Elétricas Brasileiras S.A.**

Av. Presidente Vargas, 409, 13º andar, Centro

20071-003 Rio de Janeiro RJ

Caixa Postal 1639

Tel 21 2514-5151

www.elektrobras.com

elektrobr@elektrobras.com

#### **INSTITUTO EUVALDO LODI**

##### **IEL/Núcleo Central**

Setor Bancário Norte, Quadra 1, Bloco B

Edifício CNC

70041-902 Brasília DF

Tel 61 3317-9080

Fax 61 3317-9360

www.iel.org.br

#### **PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica**

Av. Rio Branco, 53, 14º, 15º, 19º e 20º andares

Centro, 20090-004 Rio de Janeiro RJ

www.elektrobras.com/procel

procel@elektrobras.com

Ligação Gratuita 0800 560 506

#### **CNI**

##### **Confederação Nacional da Indústria**

Setor Bancário Norte, Quadra 1, Bloco C

Edifício Roberto Simonsen

70040-903 Brasília DF

Tel 61 3317- 9001

Fax 61 3317- 9994

www.cni.org.br

Serviço de Atendimento ao Cliente – SAC

Tels 61 3317-9989 / 61 3317-9992

sac@cni.org.br

#### **PROCEL INDÚSTRIA – Eficiência Energética Industrial**

Av. Rio Branco, 53, 15º andar, Centro

20090-004 Rio de Janeiro RJ

Fax 21 2514-5767

www.elektrobras.com/procel

procel@elektrobras.com

Ligação Gratuita 0800 560 506

C824

Correias transportadoras: guia básico / Eletrobrás [et al.]. Brasília : IEL/NC, 2009.

177 p. : il.

ISBN 978-85-87257-38-3

1. Máquinas de transporte 2. Correias transportadoras I. Eletrobrás II. CNI – Confederação Nacional da Indústria III. IEL – Núcleo Central IV. Título.

CDU: 621.65

## ELETROBRÁS / PROCEL

### Presidência

José Antônio Muniz Lopes

### Diretoria de Tecnologia

Ubirajara Rocha Meira

### Departamento de Projetos de Eficiência Energética

Fernando Pinto Dias Perrone

### Divisão de Eficiência Energética na Indústria e Comércio

Marco Aurélio Ribeiro Gonçalves Moreira

## CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

### Presidente

Armando de Queiroz Monteiro Neto

## INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL / NÚCLEO CENTRAL

### Presidente do Conselho Superior

Armando de Queiroz Monteiro Neto

### Diretor-Geral

Paulo Afonso Ferreira

### Superintendente

Carlos Roberto Rocha Cavalcante

## Equipe Técnica

---

### ELETROBRÁS / PROCEL

#### Equipe PROCEL INDÚSTRIA

Alvaro Braga Alves Pinto

Bráulio Romano Motta

Carlos Aparecido Ferreira

Carlos Henrique Moya

Humberto Luiz de Oliveira

Lucas Vivaqua Dias

Marília Ribeiro Spera

Roberto Piffer

Roberto Ricardo de Araujo Goes

#### Colaboradores

George Alves Soares

Vanda Alves dos Santos

### CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI

#### DIRETORIA EXECUTIVA – DIREX

#### Diretor

José Augusto Coelho Fernandes

#### Diretor de Operações

Rafael Esmeraldo Lucchessi Ramacciotti

#### Diretor de Relações Institucionais

Marco Antonio Reis Guarita

#### Unidade de Competitividade Industrial – COMPI

#### Gerente-Executivo

Maurício Otávio Mendonça Jorge

#### Gerente de Infra-Estrutura

Wagner Ferreira Cardoso

#### Coordenação Técnica

Rodrigo Sarmento Garcia

### SUPERINTENDÊNCIA DE SERVIÇOS COMPARTILHADOS – SSC

#### Área Compartilhada de Informação e Documentação – ACIND

#### Normalização

Gabriela Leitão

### INSTITUTO EUVALDO LODI – IEL / NÚCLEO CENTRAL

#### Gerente-Executivo de Operações

Júlio Cezar de Andrade Miranda

#### Gerente de Desenvolvimento Empresarial – GDE

Diana de Mello Jungmann

#### Coordenação Técnica

Patrícia Barreto Jacobs

#### Gerente de Relações com o Mercado – GRM

Oto Morato Álvares

#### Responsável Técnico

Ana Amélia Ribeiro Barbosa

### SENAI / DN

#### Gerente-Executivo da Unidade de Educação Profissional

#### – UNIEP

Alberto Borges de Araújo

#### Apoio Técnico

Diana Freitas Silva Néri

#### Gerente-Executiva da Unidade de Relações com o Mercado

#### – UNIREM

Mônica Côrtes de Domênico

### SENAI / RS

#### Conteudista

Paulo Adolfo Dai Pra Boccasius

#### Revisão Pedagógica

Aury da Silva Lutz

#### Coordenação do projeto pelo SENAI / RS

Joseane Machado de Oliveira

#### Supervisão Pedagógica

Regina Averbug

#### Editoração Eletrônica

Link Design

#### Revisão Gramatical

Marluce Moreira Salgado



# SUMÁRIO

## Apresentação

### Capítulo 1 – Máquinas de transporte 15

Organização industrial 16

Manipulação de materiais 17

Classificação das máquinas de transporte 17

Pontes rolantes 19

Transportadores 20

Transportadores pneumáticos 20

Transportadores helicoidais 21

Segurança na operação com máquinas transportadoras 22

### Capítulo 2 – Correias transportadoras 27

Máquinas de transporte 28

Correias transportadoras 28

Correias planas 28

Correia de secção abaulada 29

Seleção de velocidade da correia 30

Aplicação de correias transportadoras 30

Componentes do transportador de correias 33

Balanceamento de componentes de máquinas 38

Balanceamento em máquina de balancear 39

Balanceamento em campo 39

Roletes 40

Correias transportadoras/cinta sem fim 44

Dispositivos de alimentação das correias transportadoras 48

Mecanismos de descarga 52

Equipamentos de proteção elétrica de um transportador de correias 55

Equipamentos de limpeza de correias/raspadores 57

Limpadores 58

Esticadores 60

Espaços confinados: NBR 14.787 da ABNT 63

Atmosferas de risco 64

### **Capítulo 3 – Acionamentos 69**

Conjunto de acionamento 70

Motores elétricos 71

Placa de identificação 72

Partida do motor de indução 75

Partidas compensadas 76

Chaves estrela triângulo 76

Partida compensadora 77

Partida eletrônica com *Soft-starter* 78

Partida eletrônica com inversores de frequência 78

Motores de alto rendimento 79

Seleção dos acionamentos 81

Aterramentos 86

Sistemas de aterramento 86

Correntes de curto-circuito 90

Riscos de acidentes em instalações e serviços em eletricidade 91

Segurança em instalações elétricas desenergizadas 96

Segurança na construção, montagem, operação e manutenção 100

### **Capítulo 4 – Elementos de máquinas 105**

Transmissão por conectores flexíveis 106

Transmissão por correntes de rolos 109

Roda dentada e redutores 110

Acoplamentos 112

Acoplamentos de engrenagens 114

Acoplamentos tipo mandíbulas 114

Acoplamentos com insertos flexíveis 115

Acoplamentos de grades 116

Acoplamentos de espiral 116

Montagem dos acoplamentos 117

### **Capítulo 5 – Manutenção das máquinas e equipamentos 123**

Manutenção de correias transportadoras 124

Gestão e administração da manutenção 125

Programa de manutenção preventiva 126

Custos de manutenção 127

Engenharia de confiabilidade 127

**Estruturas (bases de máquinas) 131**

**Manutenção de elementos de máquinas 133**

Correias em V 133

Transmissão por correntes 134

Correntes de rolos 134

Danos nas engrenagens 136

    Quebra por fadiga de material 136

    Quebra por sobrecarga 137

    Desgaste abrasivo 137

    Desgaste por interferência 138

Danos nos eixos 139

**Lubrificação 140**

Classificação da lubrificação 141

Funções dos lubrificantes 142

Tipos de lubrificantes 142

Características dos óleos lubrificantes 144

Métodos de lubrificação 144

    Graxas 145

    Aditivos 147

Classificação para óleos de motor 149

Escolha de viscosidade 149

Lubrificação de mancais 150

    Lubrificação de mancais de rolamento 150

    Lubrificação de mancais de deslizamento 151

    Lubrificação em engrenagens 152

Acessórios e equipamentos 152

**Manutenção em correias 153**

Fogo 155

Classes de incêndio 156

Tipos de extintores de incêndio 156

**Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais 159**

**Trabalho em alturas 160**

**Segurança industrial 161**

**Capítulo 6 – Medidas para a melhoria do desempenho energético e vida útil das correias transportadoras 167**

**Referências 175**





# APRESENTAÇÃO

---

**O** obter a eficiência energética significa utilizar processos e equipamentos que sejam mais eficientes, reduzindo o desperdício no consumo de energia elétrica, tanto na produção de bens como na prestação de serviços, sem que isso prejudique a sua qualidade.

É necessário conservar e estimular o uso eficiente da energia elétrica em todos os setores socioeconômicos do Brasil, sendo de grande importância para o país a adoção efetiva de medidas de economia de energia e o consequente impacto destas ações. Neste cenário destaca-se a indústria, não só pelo elevado potencial de conservação de energia do seu parque como também pela sua capacidade produtiva como fornecedora de produtos e serviços para o setor elétrico.

No âmbito das ações que visam criar programas de capacitação voltados para a obtenção de eficiência energética no setor industrial, inclui-se o *Curso de Formação de Agentes Industriais de Nível Médio em Otimização de Sistemas Motrizes*. Este curso tem como objetivo capacitar agentes industriais, tornando-os capazes de identificar, propor e implementar oportunidades de redução de perdas nas instalações industriais de sistemas motrizes.

O curso faz parte do conjunto de ações que vêm sendo desenvolvidas pelo governo federal para:

- fomentar ações de eficiência energética em sistemas motrizes industriais;
- facilitar a capacitação dos agentes industriais de nível médio dos diversos subsetores da indústria, para desenvolverem atividades de eficiência energética;
- apresentar as oportunidades de ganhos de eficiência energética por meio de economia de energia em sistemas motrizes industriais;
- facilitar a implantação de tecnologias eficientes sob o ponto de vista energético, além da conscientização e da difusão de melhores hábitos para a conservação de energia.

Como apoio pedagógico para este curso, foram elaborados os seguintes guias técnicos:

- 1 – Correias Transportadoras
- 2 – Acoplamento Motor Carga
- 3 – Metodologia de Realização de Diagnóstico Energético
- 4 – Compressores
- 5 – Ventiladores e Exaustores
- 6 – Motor Elétrico
- 7 – Energia Elétrica: Conceito, Qualidade e Tarifação
- 8 – Acionamento Eletrônico
- 9 – Bombas
- 10 – Análise Econômica de Investimento
- 11 – Instrumentação e Controle

Este material didático – Correias Transportadoras – faz parte do conjunto de guias técnicos do *Curso de Formação de Agentes Industriais de Nível Médio em Otimização de Sistemas Motrizes*. Ele é um complemento para o estudo, reforçando o que foi desenvolvido em sala de aula. É também uma fonte de consulta, onde você, participante do curso, pode rever e relembrar os temas abordados no curso.

Todos os capítulos têm a mesma estrutura. Conheça, a seguir, como são desenvolvidos os capítulos deste guia.

- **Iniciando nossa conversa** – texto de apresentação do assunto abordado no capítulo.
- **Objetivos** – informa os objetivos de aprendizagem a serem atingidos a partir do que foi desenvolvido em sala de aula e com o estudo realizado por meio do guia.
- **Um desafio para você** – apresenta um desafio: uma situação a ser resolvida por você.
- **Continuando nossa conversa** – onde o tema do capítulo é desenvolvido, trazendo informações para o seu estudo.

- **Voltando ao desafio** – depois de ler, analisar e refletir sobre os assuntos abordados no capítulo, você retornará ao desafio proposto, buscando a sua solução à luz do que foi estudado.
- **Resumindo** – texto que sintetiza os principais assuntos desenvolvidos no capítulo.

Esperamos que este material didático contribua para torná-lo um cidadão cada vez mais consciente e comprometido em alcançar a eficiência energética, colaborando, assim, para que o país alcance as metas nesse setor e os consequentes benefícios para a sociedade brasileira e o seu meio ambiente.



# Capítulo 1

---

## MÁQUINAS DE TRANSPORTE

### Iniciando nossa conversa

Neste capítulo são abordados os assuntos relacionados à movimentação de materiais. Conceituamos as empresas em contínuas e intermitentes, de acordo como elas transportam as matérias-primas. Classificamos as máquinas de transporte. Apresentamos pontes rolantes, suas características e constituição. Mostramos os transportadores pneumáticos, como são constituídos e para que servem. Apresentamos os transportadores helicoidais.

Para reduzir as perdas na movimentação de materiais, você deverá estudar a melhor forma de melhorar a distribuição de matéria-prima até os centros de produção na sua empresa. O objetivo é diminuir os tempos de espera das matérias-primas, os tempos de parada de máquinas por falta de materiais e definir qual é o melhor tipo de transporte, manual ou máquina.

### Objetivos

Os objetivos de estudo deste capítulo são:

- entender como são manipulados os diversos materiais nas empresas, materiais a granel, transporte de peças;
- conhecer a classificação das máquinas de transporte;
- observar os cuidados ao manobrar as máquinas de transporte.

## Um desafio para você

Você está participando da reunião que vai planejar o sistema de transportador que sua empresa irá instalar para manipular os produtos fabricados. A empresa irá duplicar o prédio e até hoje nunca se preocupou muito com o manuseio das peças. A empresa é uma metalúrgica que fabrica vários tipos de produtos. Peças leves a granel e peças pesadas. As peças a granel são transportadas por caixas e as peças pesadas são transportadas por operadores à mão ou por um caminhão guincho. Nessa situação qual é sua sugestão?

## Continuando nossa conversa

### Organização industrial

Na fabricação de qualquer produto industrial temos que organizar os vários fatores que concorrem para que este produto chegue ao destino final: o comprador. Dentre esses fatores destacamos:

**Matéria-prima** – diversos materiais empregados na fabricação do produto.

**Mão-de-obra** – pessoas com habilidade em trabalhos manuais e com máquinas para poderem construir o produto.

**Capital** – recursos monetários que possibilitem ter uma estrutura, isto é, um local onde seja possível agrupar as pessoas, a matéria-prima e as máquinas.

**Tecnologia** – é preciso conhecer como processar a matéria-prima e os periféricos que fazem parte do produto final, que se deseja obter. Para tanto, são necessárias técnicas de trabalho, isto é, a tecnologia, os conhecimentos específicos para a fabricação do produto desejado.

Para fabricação de qualquer produto há um método de trabalho e uma técnica de execução, isto é: a tarefa necessita de uma determinada seqüência de fabricação e cada etapa desta seqüência deve utilizar técnicas específicas. Isto tudo faz parte do que chamamos de organização industrial.

## Manipulação de materiais

Em quase todos os processos industriais a maior parte da mão-de-obra indireta empregada dedica-se à manipulação (transporte) de materiais. Podemos dizer que esse transporte gera perdas.



### Fique ligado!

Perdas são atividades que geram custo e não adicionam valor ao produto. Exemplo de perdas:

- transporte de peças;
- quebras de máquinas;
- paradas por manutenção planejada;
- tempos de espera.

Poucas fábricas realizam estudos para determinar o tipo de transportador mais eficiente para o seu processo de produção. Para eliminar perdas, deveriam fazer a pergunta como:

- quantas toneladas de matéria-prima deverão ser transportadas por toneladas de produto acabado?
- qual é o percentual de transporte sobre o custo final do produto? Qual é o melhor equipamento de transporte?
- qual é o tempo de transporte deste produto?

## Classificação das máquinas de transporte

Podemos classificar as empresas com relação aos métodos de produção em *contínuas e intermitentes*. Nas empresas com produção contínua, o volume de produção apresenta pouca flexibilidade, isto é, é sempre o mesmo. Os equipamentos, por características operacionais específicas, requerem um fluxo constante de produção.

Em empresas de produção do tipo intermitente, o volume de produção apresenta mais flexibilidade no seu processo. As máquinas trabalham, na sua maioria, por batelada, podendo ser trocados volumes e tipos de matéria-prima.

Essas considerações sobre o tipo de empresa basicamente classificam o transportador em relação às linhas de fabricação em: de ação contínua e de ação intermitente. Veja o quadro a seguir.

### Quadro 1 – Classificação dos transportadores quanto à linha de fabricação

Classificação dos transportadores quanto à linha de fabricação	
Transportadores de ação contínua	São as máquinas de fluxo contínuo. Nesse grupo estão os transportadores pneumáticos, os transportadores helicoidais, as correias transportadoras.
Transportadores de ação intermitente	São as máquinas que operam por batelada. Nesse grupo estão as pontes rolantes, carros, vagonetas.

Podemos também classificar os transportadores considerando outras características. Observe o Quadro 2.

### Quadro 2 – Classificação dos transportadores de acordo com sua característica

Classificação dos transportadores	Exemplos
Por tipo de máquina	Gruas, elevadores, montacargas.
Pela natureza dos serviços	Transportar, elevar.
Pelo tipo de material	Material em caixas, material a granel, material em tambores, peças.
Por tipo de indústria	Aciarias, fundições, indústria automotiva, fábrica de máquinas, mineradoras, indústria da construção civil.
Pelo tipo de área e trajetória	Interna, externa, distâncias.

Normalmente esses equipamentos trabalham em conjunto, com carros paleteiros, com silos, com calhas vibratórias.

A seguir, vamos estudar as pontes rolantes que são muito utilizadas como mecanismos de elevação e transporte de cargas.

## Pontes rolantes

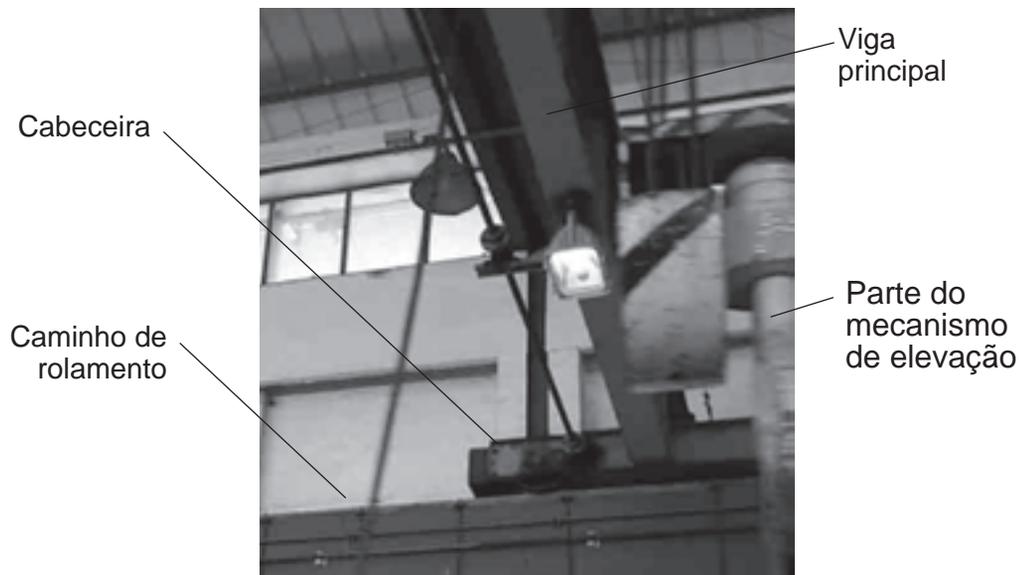
Pontes rolantes são aparelhos de elevação de cargas, constituídos de uma ou duas vigas principais, apoiados rigidamente sobre cabeceiras móveis.

Sobre as vigas principais deslocam-se um ou mais carros, dotados de sistema de elevação. As principais características são:

- carga ou peso total a ser manipulado;
- vão entre as rodas;
- caminho de rolamento;
- velocidade de levantamento; e
- altura de elevação.

Na próxima ilustração, observe um modelo de ponte rolante.

**Figura 1 – Ponte rolante**



A classificação das pontes rolantes depende do ritmo de trabalho que elas executam:

- ocasional – com duas a cinco operações a plena carga por hora, a baixa velocidade, usadas em usinas de força;
- leve – de cinco a dez operações a plena carga por hora, a baixa velocidade, em oficinas mecânicas e armazéns;

- moderado – trabalham em regime de 10 a 20 operações horárias, a velocidades médias, em fundições leves e pátios de carga;
- constante – funcionam de 20 a 40 vezes por hora, a plena carga, a velocidade mais elevada, principalmente linhas de montagem e fundições pesadas;
- pesado – conjugam elevadas velocidades com grande capacidade, realizando mais de 40 operações por hora, com eletroimãs.

Veja na ilustração a seguir um modelo de ponte rolante com mecanismo de elevação.

**Figura 2 – Ponte rolante com mecanismo de elevação**



## **Transportadores**

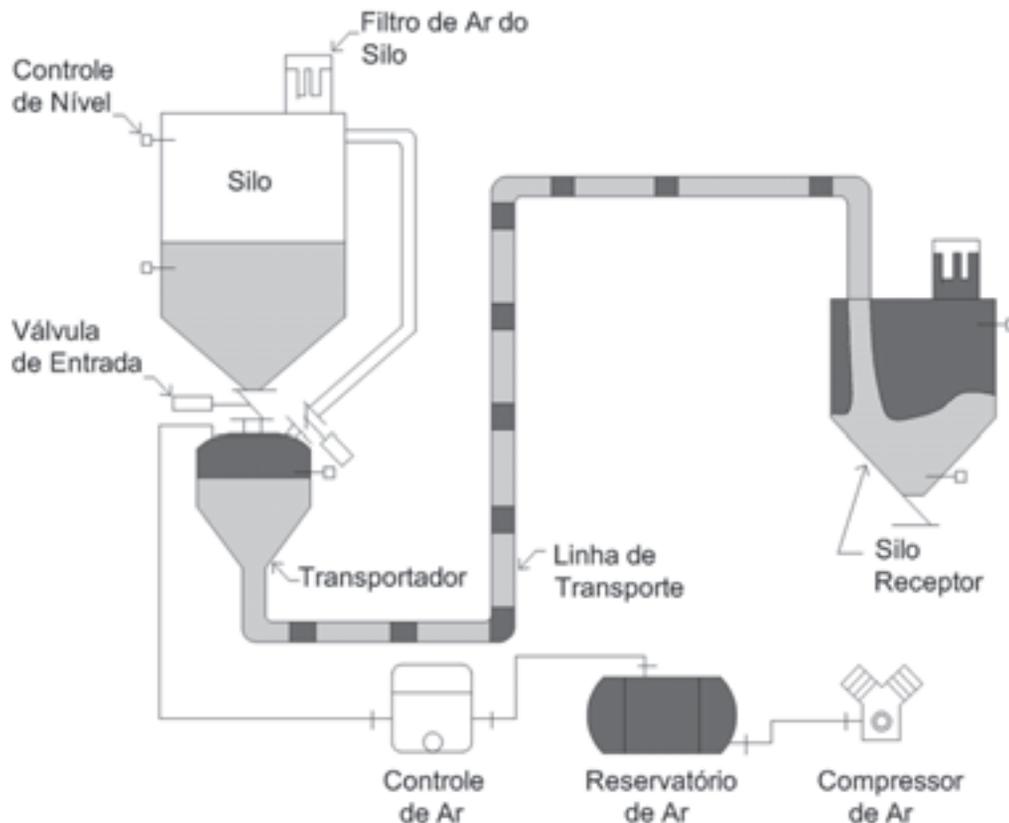
A seguir vamos apresentar-lhe outros tipos de mecanismos de transporte muito utilizados.

### **Transportadores pneumáticos**

São apropriados para o transporte a granel. Material a granel é qualquer substância solta em forma de pó, grãos, torrões. São utilizados em fundições para transporte de areia, em moinhos para transporte de farinhas, trigo, etc. Funcionam com pressão ou vácuo, em um tanque contendo o material a ser transportado, ligado por tubos onde se desloca o material.

Na próxima ilustração, observe um modelo de transportador pneumático.

**Figura 3 – Transporte pneumático *Dynamic Air***



O sistema representado na figura utiliza um compressor para gerar pressão positiva para impulsionar as cargas a granel. O equipamento básico é um tanque de pressão que funciona como um transportador, tubos que funcionam como linhas de transporte.

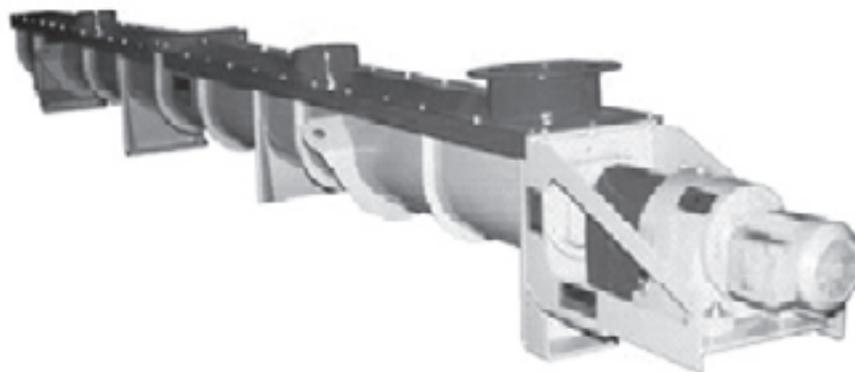
Os transportadores pneumáticos apresentam baixas velocidades para evitar abrasão nos equipamentos.

### **Transportadores helicoidais**

É um dos tipos de transportador contínuo mais antigo. Conta-se que foi concebido por Arquimedes, há aproximadamente 2.500 anos. É recomendado para o transporte enclausurado de materiais a granel.

Veja na Figura 4 um modelo de transportador helicoidal.

**Figura 4 – Transportador helicoidal *Rothaube***



## **Segurança na operação com máquinas transportadoras**

As máquinas transportadoras oferecem riscos de acidentes aos operadores e às pessoas que estão próximas das máquinas.



### **Atenção!**

Somente pessoas treinadas e autorizadas podem operar pontes rolantes, pórticos.

Conheça, então, alguns conceitos e informações importantes na área de segurança do trabalho.

- **Acidente** – É um evento não programado que interfere na atividade produtiva.
- **Segurança do trabalho** – Planejamento, organização e controle do trabalho de forma a reduzir as probabilidades de acidentes.

- **Responsabilidade Civil - Código Civil** – “Aquele que, por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar o direito, ou causar prejuízo a outrem, fica obrigado a reparar o dano” (Artigo 159) e “O empregador é responsável civilmente pelos atos de seus empregados, serviçais e prepostos” (Artigo 1525).
- **Responsabilidade Civil** – Supremo Tribunal Federal - “A indenização acidentária não exclui a do direito comum, em caso de dolo ou culpa grave da empresa” (Súmula 229 do STF). Exemplos: Atos de negligência, imperícia ou imprudência das chefias ou empregados e ausência de ordens de serviço ou instruções de saúde e segurança no trabalho.
- **Segurança de uma máquina** – Aptidão de uma máquina, sem causar lesão ou dano à saúde, de desempenhar a sua função, ser transportada, instalada, ajustada, sujeita à manutenção, desmontada, desativada ou sucata, em condições normais de utilização.
- **Situação perigosa** – Situação em que uma pessoa fica exposta a um ou a mais perigos.
- **Função perigosa de uma máquina** – Toda a função de uma máquina que provoque perigo quando em operação.
- **Proteção** – É a parte da máquina especificamente utilizada para prover proteção por meio de uma barreira física. Dependendo da sua construção, uma proteção pode ser chamada de *carenagem, cobertura, janela, porta*.



## Atenção!

Cuidados importantes:

- Usar cintas ou cabos apropriados às cargas a serem içadas.
- Manter livre os corredores para movimentação de pessoas, cargas e veículos.
- Nunca passar embaixo de cargas suspensas.
- Procurar sempre fazer uma análise preliminar da tarefa antes de executá-la.

## Voltando ao desafio

Durante a reunião você ouviu várias ponderações sobre quantidade em kg de peças a serem transportadas, distância em metros, tempo médio de espera para transportar peças, tempo de transporte, etc., custos.

No transporte de peças a granel, a melhor opção ainda é por caixas com carros paleteiros. Para as peças pesadas, a melhor situação aparentemente seria escolher uma ponte rolante.

## Resumindo

Neste capítulo vimos como movimentar as cargas, quais as máquinas existentes que nos facilitam o trabalho. Os riscos envolvidos na movimentação e alguns aspectos ligados à segurança. Definimos o que é um acidente, situação perigosa, proteção.

## Aprenda mais

Uma das melhores formas de aprender mais sobre o assunto é visitar feiras de equipamentos de transportes, ler catálogos de fabricantes de máquinas de transporte e visitar *sites* de fabricantes de máquinas. No Brasil existe a Associação Brasileira de Movimentação de Materiais (Abraman) que divulga notícias, cursos e eventos relacionados a esse assunto.





## Capítulo 2

---

# CORREIAS TRANSPORTADORAS

### Iniciando nossa conversa

A escolha correta do transportador é uma decisão técnica e econômica. É técnica porque envolve conhecimento de sistemas de transporte, características operacionais, capacidades e velocidades. É econômica, pois envolve tempos, capacidades, custos operacionais, custos de manutenção, entre outros.

Neste segundo capítulo vamos estudar o que são elas, os tipos (planas, abauladas), a sua velocidade e os seus componentes. Veremos também rolos transportadores, eixos, mancais; o balanceamento dos rolos e seus revestimentos; os roletes, as cintas sem fim, seus tipos de aplicações e revestimentos; os dispositivos de alimentação; os mecanismos de descarga; os raspadores e os esticadores.

### Objetivos

Os objetivos de estudo deste capítulo são:

- reconhecer a aplicação das correias planas e abauladas.
- entender as características operacionais do seu emprego.
- reconhecer seus componentes e mecanismos.
- verificar velocidades recomendadas para alguns tipos de materiais transportados.
- reconhecer as características de alguns materiais transportados.
- entender o que são espaços confinados.

## Um desafio para você

Imagine a seguinte situação: você trabalha em uma fundição e deve transportar 150 toneladas de areia preta, isto é, areia preparada para processar os moldes para vaziar o ferro. Essa areia será transportada e distribuída em silos dosadores. Qual é o mecanismo mais apropriado para distribuir essa areia?

Leia com atenção este capítulo e ao final poderá responder.

## Continuando nossa conversa

### Máquinas de transporte

Vamos estudar agora um dos transportadores mais utilizados em indústrias, em minas, portos, etc – as correias transportadoras.

### Correias transportadoras

É uma máquina de manipulação de materiais que, em combinação com outros dispositivos, é utilizada em numerosos processos com o propósito de providenciar um fluxo contínuo de materiais entre diversas operações. Apresenta economia e segurança de operação, confiabilidade, versatilidade e enorme gama de capacidades.

Os transportadores de correia são encontrados em duas formas mais comuns:

- correias planas para *pallets* e cargas unitárias;
- correias abauladas para transporte de material a granel.

Vamos conhecê-las.

### Correias planas

As correias planas são utilizadas nos dois sentidos para o transporte de sacas, caixas, ou para transporte de cargas a granel. São constituídas por uma estrutura normalmente treliçada, dois rolos com eixos e mancais, sobre os quais se apóia

uma correia sem fim. Seu funcionamento normalmente é suave, apresenta a metade da capacidade das correias abauladas e funciona bem a altas velocidades.

Observe um modelo de correia transportadora na Figura 5.

**Figura 5 – Correia plana VAP**

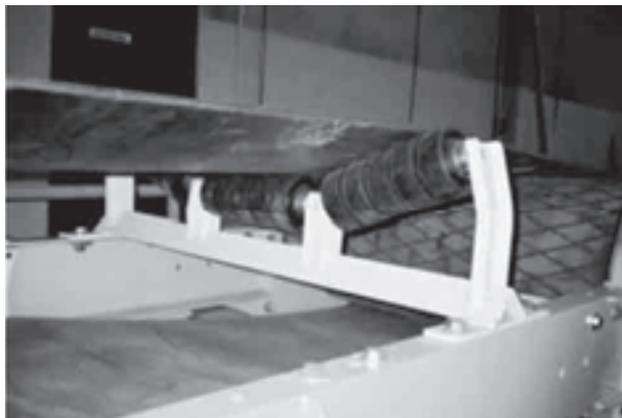


### **Correia de secção abaulada**

Nesses transportadores a correia se move sobre roletes dispostos em ângulo como é mostrado na próxima figura, que a fazem tomar uma forma côncava. É um dos sistemas mais econômicos para transportar material a granel, devido a sua alta capacidade de carga, facilidade em carregar, descarregar e, também, na sua manutenção. Podem transportar qualquer tipo de material, com ressalva para materiais com elevada umidade ou pegajosidade.

Veja, a seguir, um exemplo de correia transportadora abaulada.

**Figura 6 – Correia transportadora abaulada VAP**





## Fique ligado!

A capacidade de um transportador depende da área da sua secção transversal, da velocidade e do peso específico do material.

### Seleção de velocidade da correia

A escolha da velocidade da correia depende do tipo de material a ser transportado. Materiais pesados e de grande granulometria e pontiagudos com velocidades elevadas podem causar abrasão nas calhas de descarga. Para materiais secos e muito finos (materiais em forma de pó), altas velocidades podem causar formação de pó.

Na Tabela 1 confira as velocidades máximas recomendadas para as correias no transporte de materiais a granel.

**Tabela 1 – Velocidades de correias**

Velocidades máximas recomendadas em m/seg- materiais a granel			
Largura da correia (mm)	Cereais e outros materiais de escoamento fácil. Não abrasivos	Carvão, terra, minérios desagregados, pedra britada fina poço abrasiva	Minérios e pedras duros, pontiagudos pesados e muito abrasivos
400	2,5	1,6	1,6
500 - 800	3,0 - 3,6	2,5 - 3,0	1,8 - 3,0
800 - 1000	3,6 - 4,1	3,0 - 3,6	3,0 - 3,3
1200 – 1600	4,1 - 5,0	3,6 - 4,1	3,8 - 3,8

### Aplicação de correias transportadoras

As correias são usadas nas mais variadas atividades, por exemplo: o carregamento de navios em portos marítimos e fluviais, para cargas a granel.

**Figura 7 – Correia transportadora VAP para carregamento de navios**

Nas indústrias, combinadas com outros mecanismos de transporte como calhas vibratórias, elevadores de canecas, as correias são muito utilizadas para transportar a granel de materiais. Fixas ou móveis, apresentam baixo custo de operação, versatilidade no transporte dos mais diversos materiais desde finos até matérias com alta granulometria.

**Figura 8 – Uso industrial correia transportadora VAP**

As correias transportadoras são utilizadas nos mais variados terrenos. Em alicive, declive ou na horizontal, nos mais variados comprimentos, em túneis, galerias, em uso externo ou interno aos prédios. Podem ser abertas ou fechadas, ou ainda enclausuradas para evitar a poluição do ar. Confira nas próximas ilustrações.

**Figura 9 – Correia transportadora em active**



**Figura 10 – Correia transportadora horizontal a céu aberto**



Para a escolha do tipo de correia é necessário levar em conta:

- Condições de serviço – tipo de empresa, aciaria, fundição, ambiente agressivo, temperatura.
- Características do material – granulometria, temperatura, abrasividade, agressividade, vazão horária.

- Tempo do percurso da correia – podem percorrer grandes distâncias.
- Largura da correia.
- Inclinação dos roletes – secção abaulada ou plana.
- Tensão máxima da correia – com que tracionamento a correia será solicitada para ver se não romperá.
- Temperatura do material – os materiais podem estar à temperatura ambiente ou em temperaturas mais elevadas como, por exemplo, em uma cerâmica.

### **Componentes do transportador de correias**

Vamos verificar com mais detalhes a construção de um transportador de correias e seus componentes para poder trabalhar o equipamento com a máxima eficiência.

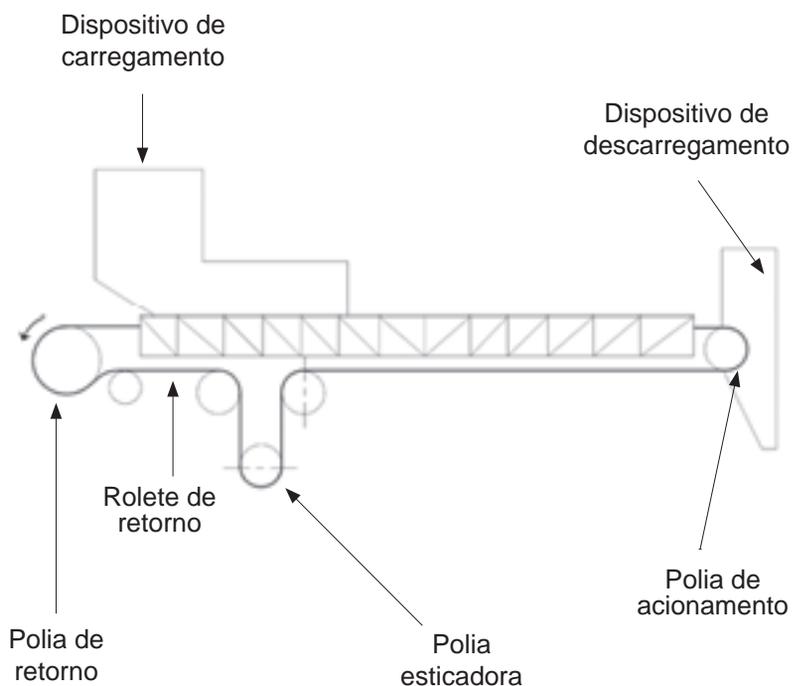
As correias transportadoras são compostas por elementos de máquinas tais como eixos, mancais e polias, acoplamentos que em conjunto são responsáveis pelo seu bom funcionamento, com a confiabilidade requerida.

Os transportadores de correia apresentam os seguintes componentes:

- dispositivos de carregamento e descarregamento;
- polias de acionamento, de retorno e esticadora;
- roletes de carga, de retorno;
- correia transportadora;
- dispositivos raspadores;
- estrutura de suporte de carga; e
- dispositivo de acionamento.

Na próxima ilustração você pode ver alguns desses componentes.

**Figura 11 – Componente da correia transportadora**



A seguir, conheça os componentes das correias transportadoras.

### **Polias de acionamento**

Vamos iniciar nosso estudo pelas polias de acionamento e retorno, também chamadas de tambor.

São utilizadas nas correias transportadoras para transmissão de potência, como polia acionadora ou acionada. Como polia acionadora transmite o torque do motor e como polia acionada serve para o retorno da correia. São igualmente responsáveis pelo alinhamento e esticamento das correias transportadoras.

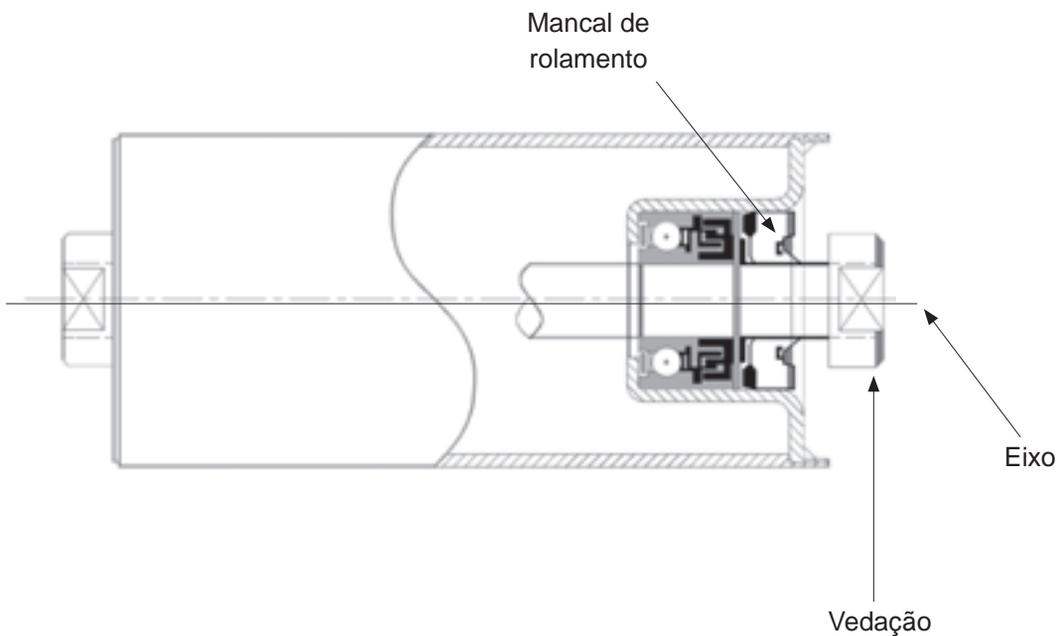
As polias de acionamento apresentam algumas características importantes, tais como o diâmetro do tambor que quanto maior, maior será a vida da correia, pois, sofrerá menor esforço de flexão. O comprimento do tambor está em função da largura da correia.

Observe nas próximas ilustrações.

**Figura 12 – Tambor correias VAP**



**Figura 13 – Componentes do tambor da correia**



No desenho esquematizado do tambor, apresentado anteriormente, estão representados os elementos de máquinas que fazem a função de sustentação, suporte e que serão descritos a seguir.

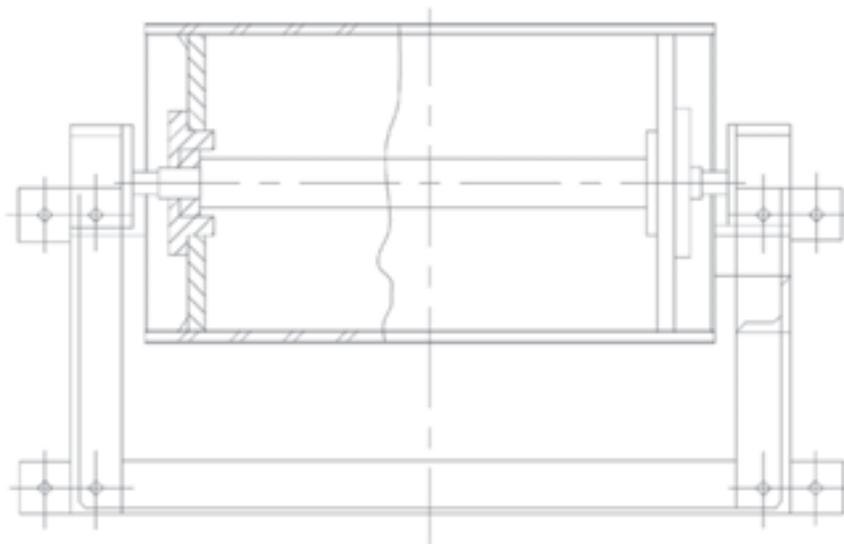
## Eixos

Eixos são elementos de máquinas que têm função de suporte de outros componentes mecânicos e não transmitem potência. As árvores, além de terem a função de suporte, transmitem potência. Geralmente, usa-se apenas o termo eixo para denominar estes componentes.

Os eixos nos tambores podem ser usados para transmitir potência, como no caso da polia acionadora ou servem de suporte, como no caso da polia movida.

Na próxima ilustração você pode ver um conjunto de rolo de retorno.

**Figura 14 – Conjunto de rolo de retorno**



Fonte: Metalúrgica *Oliven*

## Mancais

São elementos de máquinas que têm como função assegurar ao eixo sua flutuação numa camada de lubrificante (quando for de deslizamento), temperatura adequada e proteção contra partículas abrasivas que possam danificá-lo.

Os mancais se dividem em dois tipos: os de deslizamento, também chamados de buchas e os de rolamentos, comumente chamados de rolamentos.

Vamos estudar primeiro os mancais de deslizamento.

De acordo com o movimento, podemos classificar os mancais de deslizamento em: radiais e axiais.

### Mancais de rolamentos

A vantagem mais importante dos rolamentos é que o atrito na partida não é superior ao de operação, contrastando com o mancal de deslizamento. Apresentam como desvantagem o fato de serem mais ruidosos do que os mancais de deslizamento e terem um custo mais alto, além de, em alguns casos, apresentarem uma vida útil menor.

Os rolamentos são montados em suportes específicos que os fixam e os protegem contra materiais abrasivos.

Os rolamentos são classificados em rolamentos de esferas ou rolamentos de rolos, dependendo do tipo de corpo rolante empregado para transmitir a carga. As esferas transmitem a carga através de uma pequena área (contato puntiforme), por isso comparada com os rolos (contato linear) transmitem cargas menores, rotações menores. Apresentam menor desenvolvimento de calor do que os de rolos e menor atrito.

Veja, a seguir, ilustrações dos rolamentos de esfera e de rolos.

Figura 15 – Rolamento de esfera

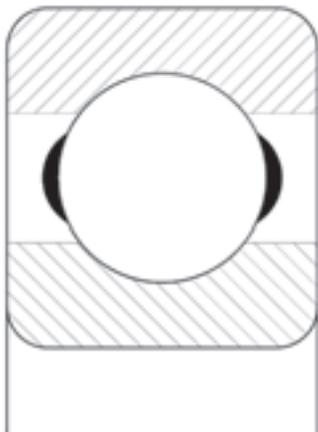
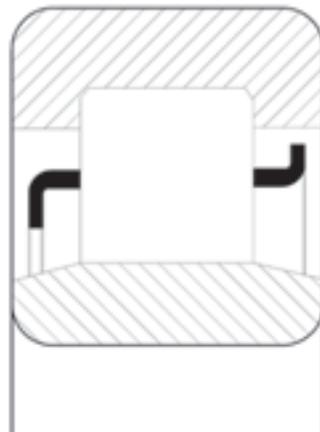


Figura 16 – Rolamento de rolos



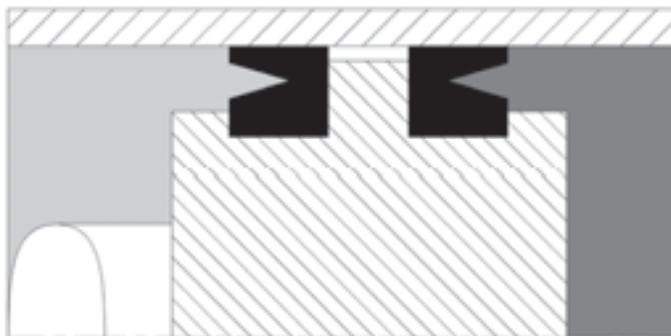
## Retentores

Evitam o vazamento de graxa lubrificante entre superfícies que possuem movimento relativo. Entre as vedações para uso dinâmico, as mais simples são as guarnições de limpeza ou separadoras que servem para mantê-la livre da poeira e outros materiais abrasivos, evitando o rápido desgaste do componente, eixos e rolamentos.

Os tipos de guarnições dinâmicas destacadas são: *U cup*, *L cup*, *O Ring*.

Na próxima ilustração é mostrada uma guarnição tipo *U cup*.

**Figura 17 – Retentor - guarnição tipo *U cup***



Em máquinas com peças móveis é comum, após um determinado tempo de trabalho, apresentarem desgaste, desalinhamento, o que poderá causar vibrações. Para corrigir essas vibrações, normalmente é feito o balanceamento que é apresentado a seguir.

## Balanceamento de componentes de máquinas

A maior causa da vibração em máquinas é o desbalanceamento, que é uma distribuição não uniforme da massa. Esta distribuição não uniforme provoca vibrações com forças proporcionais ao grau de desbalanceamento e a rigidez do sistema. As forças causadas pelo desbalanceamento atuam diretamente nos rolamentos e mancais causando a diminuição destes componentes das máquinas.



## Fique ligado!

As causas mais comuns do desbalanceamento são:

- desgaste;
- porosidade;
- depósitos;
- distorções;
- corrosão;
- montagem, tolerância com mudanças de linha de centro.

O balanceamento dinâmico pode ser realizado de duas maneiras distintas: em máquinas e em campo.

### **Balanceamento em máquina de balancear**

Na primeira condição, a máquina é desmontada e o componente a ser balanceado é levado até a oficina de balanceamento, onde está instalada a máquina de balancear.

### **Balanceamento em campo**

A máquina não precisa ser desmontada, as polias são balanceadas no próprio local, na esteira.

Os fatores de influência no desbalanceamento são:

- a massa desbalanceadora;
- raio de ação da massa desbalanceadora;
- o rotação da polia; e
- o revestimento dos rolos.

*Massa desbalanceadora* – é a quantidade de massa “peso” com distribuição não-uniforme. Quanto maior a massa desbalanceadora, maior será a amplitude de vibração, diferença de massas na usinagem, na soldagem nos anéis de reforço.

*Raio de ação da massa desbalanceadora* – quanto maior o raio, maiores serão as amplitudes para uma mesma massa desbalanceadora.

*Rotação da polia* – quanto maior a rotação, maior será a amplitude de vibração para uma mesma condição de desbalanceamento, ou seja, aumentando a rotação aumenta a amplitude de vibração referente ao desbalanceamento.

Revestimento dos rolos – os rolos podem sofrer um processo de revestimento, com aplicação de cromo duro, borracha e poliuretano para aumentar a resistência à abrasão. Deve ser tomado cuidado especial com o desgaste desuniforme no rolo causando desbalanceamento dos rolos e desalinhamento na correia sem fim. Para acionamento dos rolos com materiais muito abrasivos, ou que costumam aderir à correia, fabrica-se o *rolo nervurado*.

## **Roletes**

São os elementos de sustentação da correia, constituídos por rolos cilíndricos e suportes. Além de suportar a correia, são responsáveis por guiá-las.

Os roletes são fabricados nos mais diversos materiais: tubos de aço, tubos de ferro fundidos ou tubos de plásticos de engenharia.

Normalmente são divididos em: roletes de carga, de retorno, auto-alinhadores e limpadores, transição, anéis, espiral, catenária, impacto. Conheça-os no Quadro 3.

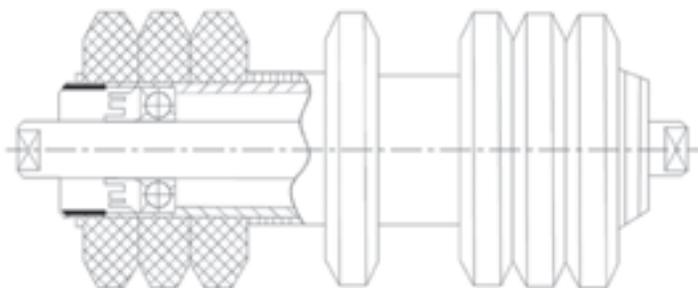
Tipos de roletes	
<b>Roletes de carga</b>	Conjunto de rolos, no qual se apóia o trecho carregado da correia transportadora.
<b>Roletes de retorno</b>	Conjunto de rolos, no qual se apóia o trecho de retorno da correia.
<b>Roletes auto-alinhadores</b>	Conjunto de rolos dotado de mecanismos giratórios acionado pela correia transportadora de modo a controlar o deslocamento lateral da mesma. São utilizados, tanto no trecho carregado quanto no de retorno.
<b>Roletes limpadores</b>	Conjunto de rolos com o objetivo de limpar a superfície de transporte da correia, quando ocorre a aderência do material transportado à mesma.
<b>Roleta de transição</b>	Conjunto de rolos localizados no trecho carregado próximo aos tambores terminais, com a possibilidade de variação do ângulo de inclinação dos rolos laterais para sustentar, guiar e auxiliar a transição da correia entre roletes e tambor.
<b>Roleta de anéis</b>	Tipo de rolete de retorno, onde o (s) rolo (s) é (são) constituído (s) de anéis de borracha espaçados, de modo a evitar a acumulação de material de rolete e promover o desprendimento do material aderido à correia.
<b>Roleta espiral</b>	Tipo de rolete de retorno, onde o (s) rolo (s) têm forma espiral destinado a promover o desprendimento do material e aderir à correia.
<b>Roleta em catenária</b>	Conjunto de rolos suspensos dotados de interligações articuladas entre si.
<b>Roleta de impacto</b>	Conjunto de rolos localizados nos pontos de carregamento, destinados a absorver o choque resultante do impacto do material sobre a correia.

Veja a seguir exemplos de rolete de carga pleno e rolete de carga com anéis.

Figura 18 – Rolete de carga plano

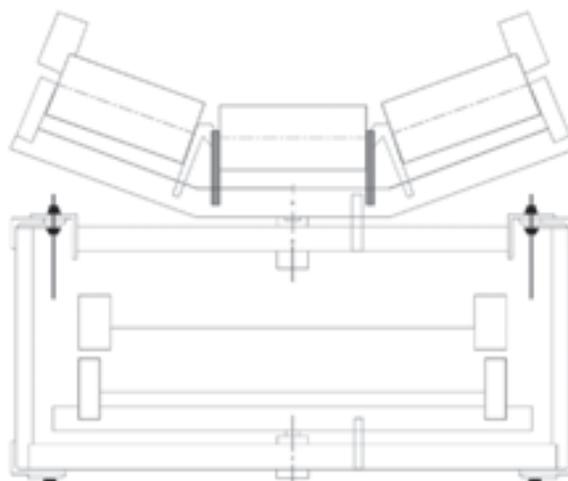


**Figura 19 – Rolete de carga com anéis**



A seguir apresentamos diversos tipos de roletes descritos nas figuras.

**Figura 20 – Conjunto de roletes em canal com retorno plano**



Fonte: Metalúrgica *Oliven*

**Figura 21 – Rolos auto alinhadores**



Figura 22 – Rolos de impacto



Figura 23 – Rolos de carga

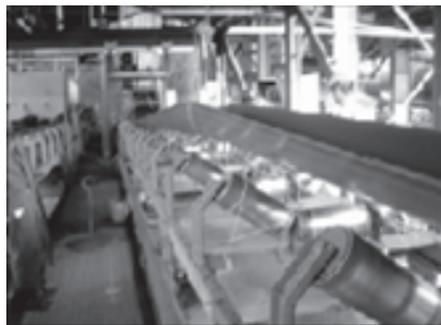


Figura 24 – Rolo de retorno



Figura 25 – Rolos catenárias



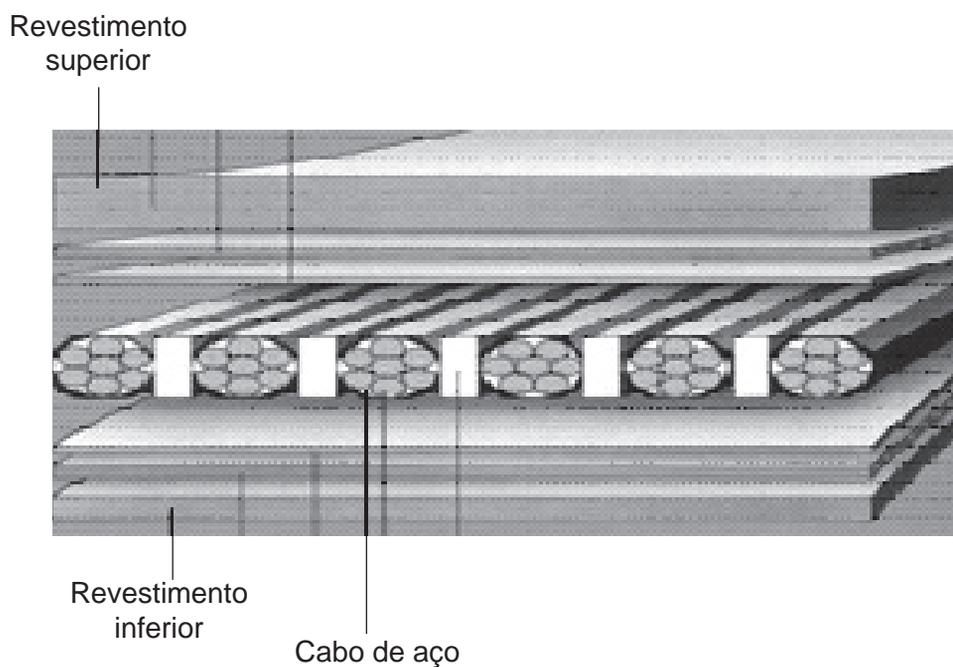
## Correias transportadoras/cinta sem fim

Nas correias são descarregados os materiais que serão transportados. Todas as correias são fabricadas em duas partes distintas: a carcaça e o revestimento. As carcaças são constituídas por uma estrutura resistente, de *rayon*, *nylon*, poliéster ou cabo de aço. A carcaça tem a função de suportar os esforços de tração e funciona com uma almofada para reduzir os efeitos de impactos, quando a correia sofre o esmagamento entre os roletes e os esforços de cargas variáveis.

Os revestimentos protegem a correia da abrasão ocasionada no transporte dos materiais e na transmissão com roletes e rolos.

Observe na Figura 26 uma correia transportadora e seus constituintes.

Figura 26 – Estrutura das correias





## Fique ligado!

De acordo com as condições de serviço, as correias são divididas em:

- leves;
- médias;
- pesadas;
- para temperaturas elevadas

Os revestimentos também são selecionados de acordo com o tipo de trabalho a que se destina a correia.

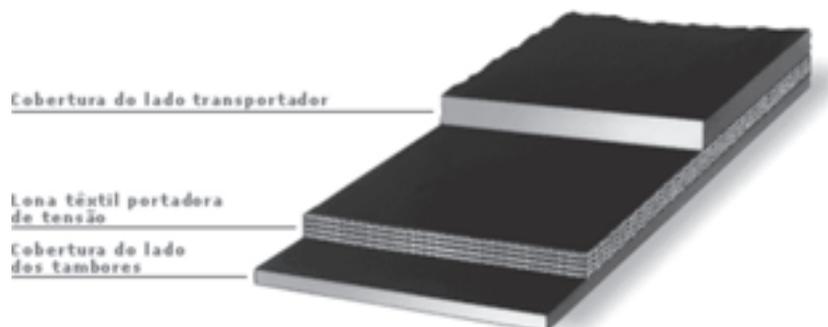


## Fique ligado!

Maior ou menor abrasividade, temperatura granulometria dos materiais podem agredir mais a cobertura da correia e contribuir para o seu rápido desgaste.

Observe nas figuras a seguir correias apropriadas para trabalharem com materiais com altas temperaturas.

**Figura 27 – Correia transportadora linha *Magma* (temperatura até 200° C) da *Phoenix***

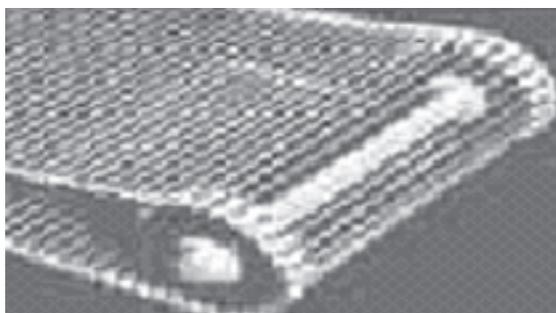


**Figura 28 – Descarga material em alta temperatura linha *Magma***



Existem esteiras transportadoras metálicas que são ideais para as situações em que a ação do calor, do vapor, da água, mudanças bruscas de temperatura ou de outro agente torne impraticável o uso das esteiras de borracha, lona ou couro.

**Figura 29 - Esteira metálica**



Nos parágrafos anteriores falamos que a vida útil de uma correia depende de vários fatores. Um desses fatores é a abrasividade dos materiais que serão transportados. A Tabela 2 classifica os materiais pelo critério da abrasividade. Por exemplo: se transportarmos areia em uma correia transportadora, a areia pode ser considerada muito abrasiva ou pouco abrasiva?

Consultando a tabela, verificamos que a areia é considerada como material abrasivo.

**Tabela 2 – Abrasividade materiais (catálogo Copabo)**

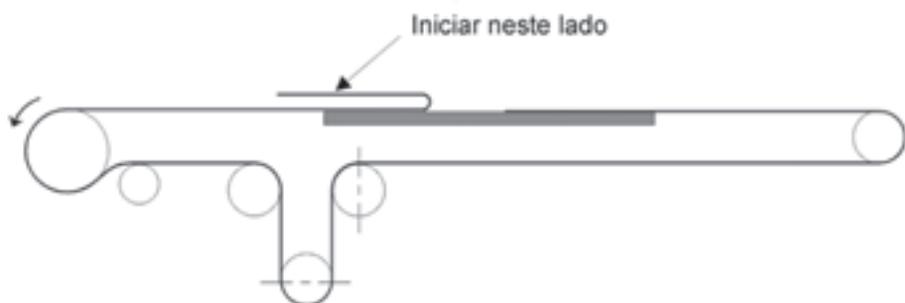
Tabela de Abrasividade de vários Tipos de Materiais			
Pouco Abrasivo	Abrasivo	Muito Abrasivo	Extremamente Abrasivo
Cal	Areia	Areia com arestas vivas	Basalto
Carvão vegetal	Bórax	Baixita	Cacos de vidro
Cereais	Carvão Mineral	Cascalho com arestas vivas	Cassiterita
Madeira	Cascalho	Calcário	Granito
Lenha	Cimento	Clínquer	Minério de Ferro
Talco	Pedregulho	Coque	Minério de Manganês
	Sal	Dolomita	Pedra Britada
		Escória	Quartzo
		Minério de Cobre	
		Pedregulho com arestas vivas	
		Rocha de fosfato	
		Sinter	
		Xixto	

As correias normalmente são vendidas em rolos abertos necessitando, na sua montagem, de emendas para ajuste ao tamanho necessário. As emendas podem ser feitas a frio ou a quente. Foram desenvolvidas várias colas por empresas especializadas na fabricação e colagem das mesmas.

As emendas são os pontos fracos da correia em relação a resistência à tração. A norma NBR15391/2006, fixa o *Método de ensaio para a Emenda por colagem a frio de correias transportadoras*. Determina os procedimentos a serem seguidos para o ensaio de adesivos utilizados em emendas a frio nas correias transportadoras. Os fabricantes desenvolvem colas e processos para a emenda tanto a frio como a quente.

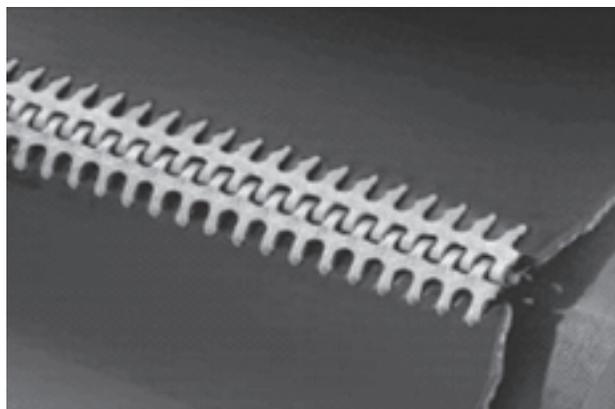
As emendas vulcanizadas são feitas a quente e necessitam de equipamentos específicos e mão-de-obra especializada.

**Figura 30 – Correias Mercúrio – Instruções de colagem**



Existem outras formas de união que são feitas com *grampos fixadores*. Estes são projetados em uma peça única, em aço ou aço inoxidável, que abarca toda a largura da correia e promove a mesma tensão em toda a sua largura.

**Figura 31 – Sistema de emendas para correias *Alligator***

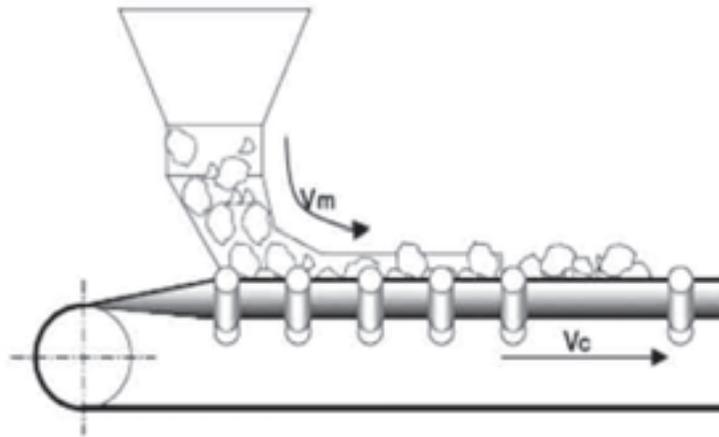


Existem emendas mecânicas que são feitas com taliscas metálicas. As superfícies das correias são unidas com parafusos e porcas. Essas emendas produzem um ressalto na correia, que pode causar desgaste nos roletes e rolos de retorno e acionamento.

### **Dispositivos de alimentação das correias transportadoras**

As correias transportam os mais variados produtos a granel. Esses produtos apresentam diferenças de granulometria, peso específico e abrasividade. As características dos materiais influenciam na velocidade e na forma do carregamento. O ideal é que o material a ser carregado caia sobre a correia com a mesma velocidade da mesma e de forma a não ter flutuações na alimentação do material. Veja a ilustração a seguir.

Figura 32 – Carregamento (catálogo Mercúrio)

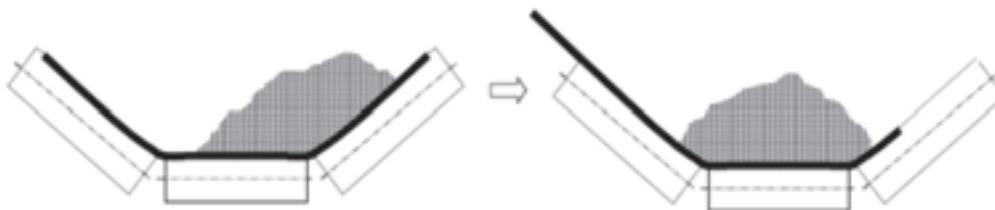


### Fique ligado!

A alimentação de materiais deve ser a mais próxima do centro para evitar desalinhamentos na correia.

As figuras representadas a seguir mostram o carregamento da correia sendo feito fora da região central e, por conseqüência, o desalinhamento.

Figura 33 – Carregamento de forma descentralizada

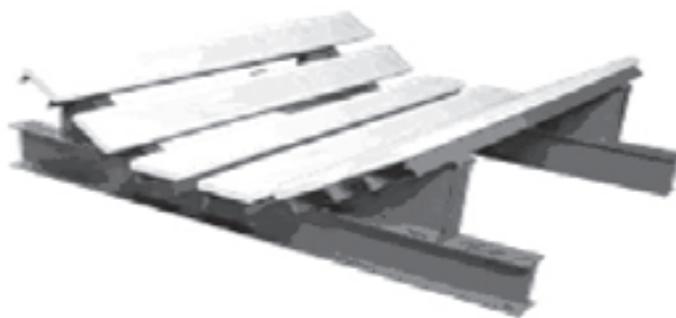




## Fique ligado!

Deve-se evitar o carregamento das correias em seus trechos ascendentes ou descendentes. Para evitar o impacto sobre as correias, pode-se fazer uso de *mesas de impacto* que têm o objetivo de absorver o choque aumentando a vida útil da correia.

Figura 34 – Mesa de impacto (catálogo Copabo)



Para evitar a abrasão e o desgaste acelerado do *chute* (dispositivo colocado sobre a correia com a função de carregá-la ou descarregá-la), podemos revesti-lo internamente com almofadas de borracha, poliuretano ou utilizar pedras ou areia.

As mesas são montadas sobre a correia e sob o chute de descarga. São constituídas por travessas de matérias resilientes (borracha ou revestidos com borracha). Sob essas travessas é feita a descarga do material.

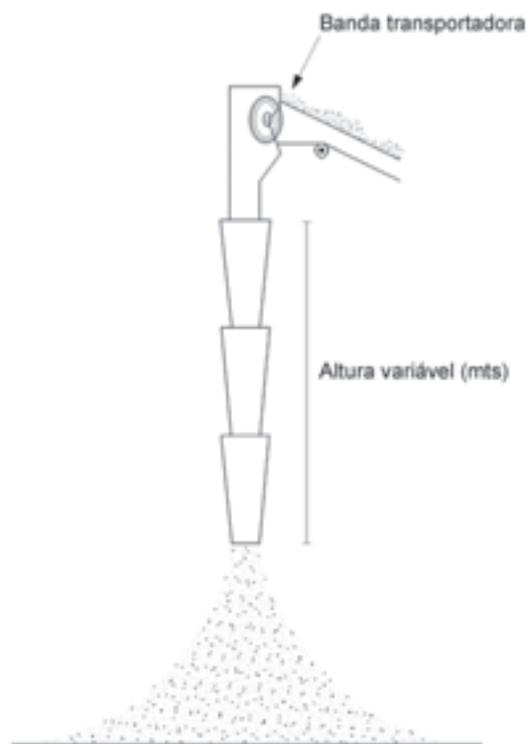
A seguir apresentamos figuras de chutes fazendo a descarga de materiais.

Figura 35 – Chute espiral telescópico para descarregamento de navios



Fonte: Máquinas Condor

Figura 36 – Chute telescópico



É necessário centralizar o chute de carregamento em função do centro da correia. Quando a correia apresentar desalinhamento deve-se realinhá-la novamente para impedir que a mesma force as laterais da correia contra os roletes, ocasionando o rasgamento da mesma.

## Mecanismos de descarga

As correias servem para transportar os mais diversos materiais. São montadas em portos para carregamento de navios, em silos, em armazéns, etc. As descargas das correias podem ser feitas em um local somente ou em vários.

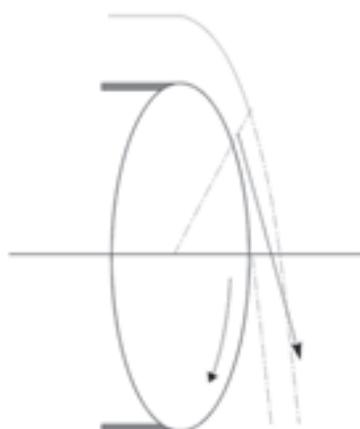
Figura 37 – Carregamento de navios



A trajetória de descarga tem valor relevante, pois a forma como se dará definirá a posição dos chutes de descarga.

A maneira mais simples de descarga é quando o material a ser descarregado cai em uma pilha, passando sobre o rolo motor.

Figura 38 – Descarga sobre o rolo





## Fique ligado!

Existem casos em que os transportadores devem descarregar em outro local, ou com precisão em locais pré-determinados. Deve-se levar em consideração:

- inclinação da correia;
- largura da correia;
- espessura da correia;
- diâmetro do rolo; e
- velocidade da correia.

Algumas vezes é preciso usar desviadores para guiar a descarga em vários pontos nas correias. Observe nas ilustrações a seguir.

**Figura 39 – Desviadores**



Os modelos de descarregadores de correias são:

- *tripper*;
- *flop gate*.

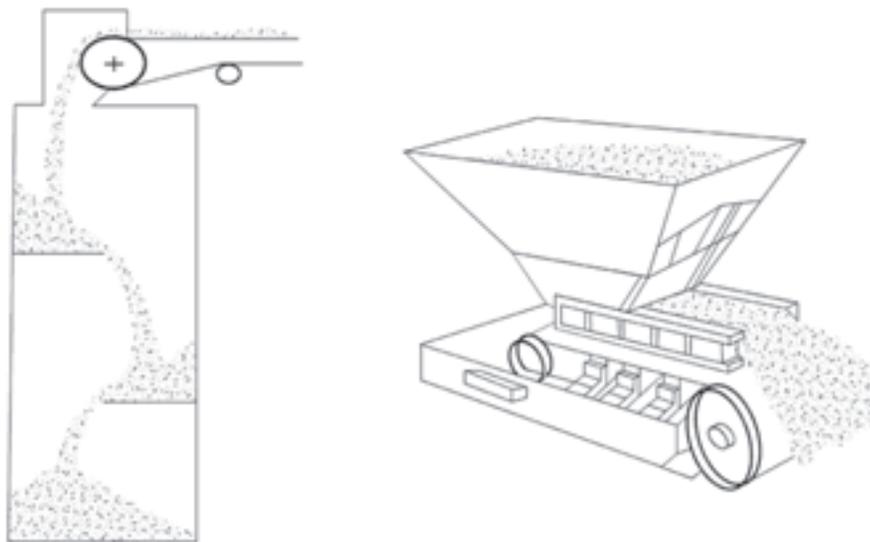
Vamos conhecê-los a seguir.

### ***Tripper***

É um equipamento móvel, constituído de uma estrutura de transportador, que tem a finalidade de distribuir a alimentação em silos geminados. Eles podem ser:

- Móvel reversível – é o *tripper* que se locomove nos dois sentidos (com translação ora para frente e ora para trás), porém seu transportador permanece no sentido único;
- Móvel reversível com correia reversível – é o *tripper* que se locomove nos dois sentidos (com translação para frente e para trás), porém seu transportador é reversível.

**Figura 40 – *Tripper***



### ***Flop Gate***

É um equipamento dotado de uma comporta (portão), acionada por um pistão pneumático ou motor elétrico. Sua finalidade é desviar o sentido dos fluxos de minérios.

## **Equipamentos de proteção elétrica de um transportador de correias**

### **Chave de emergência**

É uma chave dotada de um cabo de aço ligado a um dispositivo elétrico instalado ao longo do transportador, cuja finalidade é interromper, automaticamente, o funcionamento da correia, em caso de surgimento de anormalidades operacionais, tais como, sobrecarga, deslizamento, desalinhamento, etc.

### **Detector de baixa velocidade**

É um sensor elétrico instalado geralmente no retorno da correia e tem a finalidade de detectar alterações da velocidade, parando automaticamente o equipamento.

### **Detector de rasgos**

Dispositivo eletro-mecânico instalado sob a face de carga próximo ao ponto de alimentação, cuja finalidade é detectar o início do surgimento de rasgo na correia. Com isso, evita-se o prolongamento do rasgo.

### **Detector de metais**

É um dispositivo constituído de uma chapa de aço e dotado de um campo magnético de baixa intensidade para detectar presença de peças metálicas maiores, tais como dentes de escavadeira, chapas de revestimento de chutes, etc.

### **Extrator de sucatas**

É um dispositivo eletromagnético constituído de uma correia giratória e um núcleo com campo magnético que detecta e atrai peças metálicas pequenas, tais como porcas, parafusos, eletrodos, ferramentas, etc. e, pela ação do movimento da correia, retira essas peças, arremessando-as para uma caixa coletora.

A Figura 41 mostra a montagem das polias magnéticas.

**Figura 41 – Polia magnética**



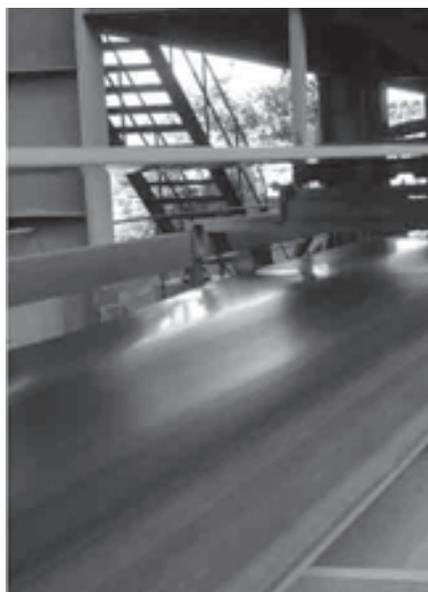
### **Sensor de entupimentos de chute**

É um dispositivo elétrico montado sobre o chute de transferência do transportador para evitar entupimentos.

### **Detector de desalinhamento da correia**

É um sensor elétrico instalado geralmente nos alimentadores de correia para detectar desalinhamentos das mesmas.

**Figura 42 – Detector de desalinhamento das correias**



## Equipamentos de limpeza de correias/raspadores

As correias transportam materiais abrasivos pegajosos e outros. Esses materiais pegajosos podem ficar grudados nos trechos de descarga da correia e ocasionar seu desalinhamento.



### Fique ligado!

Os equipamentos de limpeza são utilizados para aumentar a vida útil das correias transportadoras e dos rolos.

Os equipamentos de limpeza mais usados são os *raspadores de lâmina*. São lâminas de borracha que são montadas em suportes metálicos e colocadas na parte suja da correia. O acionamento é automático por meio de contrapesos ou molas, proporcionando pressão suficiente sobre a correia, para a remoção dos resíduos.

Outro tipo de raspadores são os de *escovas rotativas*.

**Figura 43 – Raspadores**

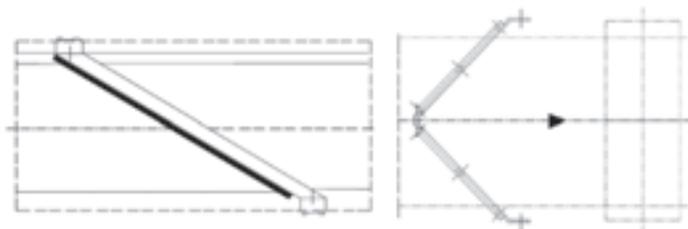


**Figura 44 – Raspadores *Martin Engineering***

## Limpadores

São dispositivos usados em contato com o ramo limpo da correia, antes dos tambores de esticamento e de retorno para evitar que o material caia neste lado das correias e danifique os tambores, os roletes de carga e a própria correia.

Consistem em uma estrutura de aço em forma de V ou reta com uma lâmina de borracha nela adaptada, articulado nas extremidades e agindo na correia pela ação do próprio peso.

**Figura 45 – Limpadores**

## Limpador de jato d'água

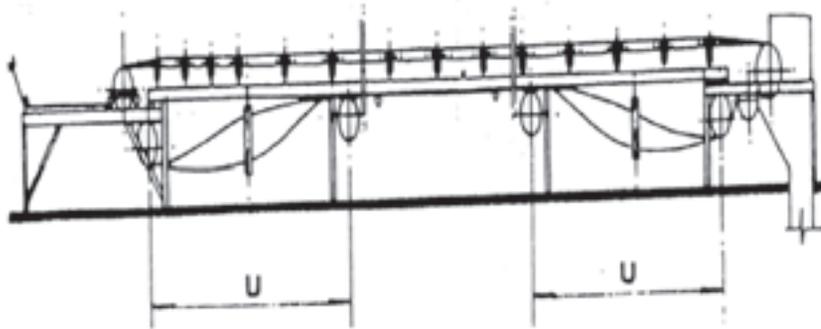
É usado no trecho de retorno da correia, em contato com seu lado sujo, para desgrudar as partículas de materiais pegajosos ou abrasivos aderidos à mesma e evitar danos aos tambores, roletes de retorno e à própria correia.

### Virador de correia

É usado onde os sistemas tradicionais de limpeza de correia não são eficientes.

A correia, após passar pelo tambor da cabeceira, é girada em 180° e próximo ao tambor de retorno, é novamente girada em 180°. Um par de rolos colocados na vertical, um de cada lado da correia, são posicionados próximos ao seu centro de giro, para auxiliar o seu alinhamento, minimizar sua tendência a enrugar e evitar o balanço da correia com o vento.

**Figura 46 – Virador de correia**



Este método faz com que o lado sujo da correia não entre em contato com os roletes de retorno.

Este sistema dispensa o uso de chapa de proteção entre os ramos de carga e retorno do transportador.

Pode ser aplicado em qualquer transportador de correia convencional, devendo apenas ter espaço suficiente para a montagem dos tambores de giro. Nenhuma alteração é necessária na estrutura do mesmo.

O fator mais importante neste tipo de instalação é a distância de giro (U) da correia para evitar tensões excessivas em sua borda. Esta distância, em regra geral, deve ser 12 vezes a largura (Borda) da correia ( $U = 12 B$ ), e nos casos extremos 10 vezes ( $U = 10 B$ ).



## Atenção!

Para o bom funcionamento dos raspadores e limpadores alguns cuidados devem ser tomados:

- seus pontos de articulação devem estar isentos de sujeira e lubrificados, para permitir a livre oscilação dos mesmos.
- suas lâminas de borracha devem estar bem posicionadas, pressionando a correia apenas pela ação das forças exercidas pelos seus próprios pesos, contrapesos ou molas.

## Esticadores

Esticadores são mecanismos utilizados com o objetivo de garantir a tensão conveniente de operação para as correias.



## Fique ligado!

Por que usar os esticadores?

- As correias, à medida que vão envelhecendo, perdem sua resistência e apresentam maior capacidade de flexionamento, contribuindo para o aumento de tamanho.
- Para promover o correto alinhamento das correias, podendo tensionar mais um lado ou outro do mecanismo.
- Para facilitar os reparos nas correias, como colagem, vulcanização.
- Para diminuir as flechas que se formam à medida que a correia aumenta seu tamanho.

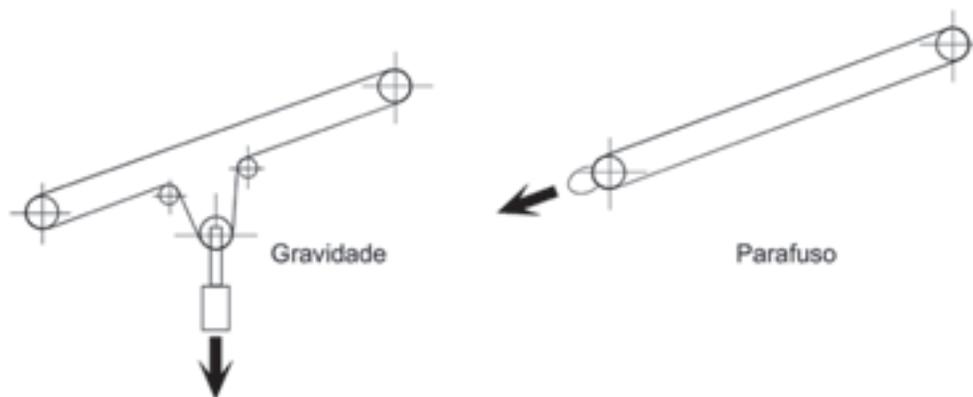
Os esticadores podem ser de dois tipos:

- automáticos, tipo por contrapeso, molas; e
- manuais, tipo parafuso extensor.

No tipo automático de gravidade, um contrapeso é adaptado ao tambor do esticador para obter a tensão de operação desejada; e o de parafuso consiste de duas roscas. Cada uma aplicada a uma das extremidades do eixo do tambor do esticador, onde deverá ser aplicada manualmente a força necessária para obter a tensão desejada. O tipo de gravidade pode ser colocado em qualquer ponto do ramo frouxo da correia, sendo recomendável nas proximidades do tambor de acionamento ou no próprio tambor traseiro, ao passo que o de parafuso é usado exclusivamente no tambor traseiro.

A seguir, mostramos em uma seqüência de ilustrações os tipos de esticadores utilizados.

**Figura 47 – Esticador**



**Figura 48 – Esticador com parafuso**

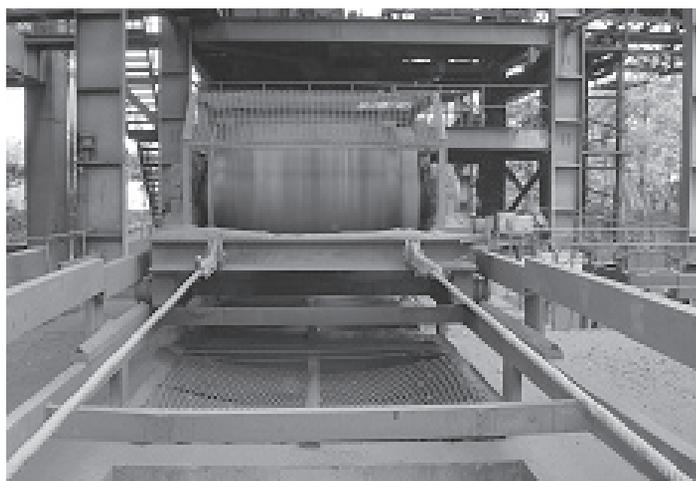


Figura 49 – Esticador com parafuso

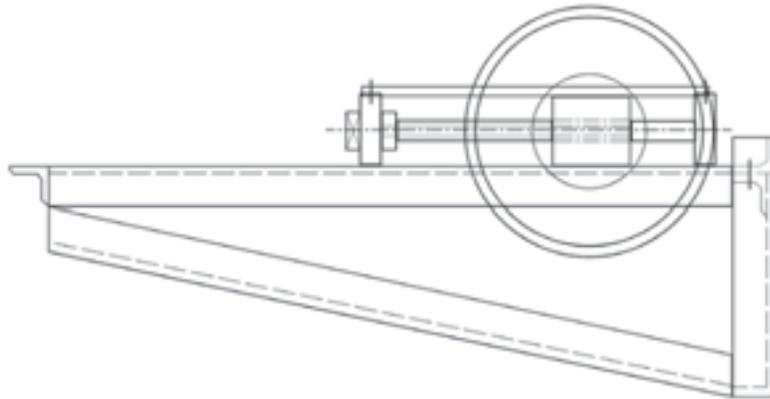


Figura 50 – Esticador por gravidade



### **Segurança nas operações com as correias transportadoras**

As correias transportadoras são usadas em combinação com elevadores de canecas, silos, válvulas dosadoras, etc.

Elas podem estar em ambientes os mais variados possíveis:

- expostos ao tempo; e
- ambientes confinados em túneis, galerias, etc.

Apresentam riscos de conterem peças móveis como:

- correias;
- engrenagens; e
- correia sem fim.

Apresentam, ainda, riscos decorrentes das alturas elevadas, uma vez que alimentam silos elevados e elevadores de canecas, por exemplo.



### Atenção!

É necessário treinar os operadores de máquinas, os abastecedores dos silos e demais envolvidos a entenderem as situações de risco a que estão expostos.

## Espaços confinados: NBR 14.787 da ABNT

A NBR (Norma Brasileira) 14.787, da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) define o espaço confinado como: “qualquer área não projetada para ocupação contínua, a qual tem meios limitados de entrada e saída e na qual a ventilação existente é insuficiente para remover contaminantes perigosos e ou deficiência/enriquecimento de oxigênio que possam existir ou se desenvolverem”.

Esta norma faz algumas recomendações que são apresentadas a seguir.

- Todos os espaços confinados devem ser sinalizados, identificados e isolados.
- Devem haver medidas efetivas para que pessoas não autorizadas não entrem no espaço confinado.
- Deve ser desenvolvido e implantado um programa escrito de *Espaço Confinado com Permissão de Entrada*.
- Deve ser eliminada qualquer condição insegura no momento anterior à remoção do vedado (tampa).

- Para trabalho em Atmosfera Imediatamente Perigosa à Vida e à Saúde -(IPVS) ou acima da metade do Limite de Tolerância, adotar o critério da ventilação do ambiente ou então optar pelo uso de Equipamento de Proteção Individual (EPI), definido após a análise de risco.
- Se uma atmosfera perigosa for detectada, o espaço deverá ser analisado para que se determine como surgiu e ser registrado.
- O empregador ou representante legal deve verificar se o Espaço Confinado está seguro para entrada.
- Proceder manobras de travas, bloqueios e raqueteamento, quando necessário.
- Proceder a avaliação da atmosfera quanto a: gases e vapores tóxicos e ou inflamáveis e concentração de oxigênio.
- Proceder a avaliação de poeira, quando reconhecido o risco.
- Purgar, inertizar, lavar ou ventilar o espaço confinado são ações para eliminar ou controlar riscos.
- Proceder a avaliação de riscos físicos, químicos, biológicos e/ou mecânicos.
- Todo trabalho em espaço confinado deve ter, no mínimo, 2 pessoas, sendo uma delas o vigia.
- Verificar se na empresa existe espaço confinado em áreas classificadas de acordo com as normas do *International Electrotechnical Commission* (EC) e ABNT.



### Atenção!

Como as correias transportadoras circulam por espaços confinados e transportam produtos que podem gerar vapores e gases tóxicos, podemos ter o que se chama de *atmosfera de risco*.

## Atmosferas de risco

Condição em que a atmosfera, em um espaço confinado, possa oferecer riscos ao local e expor os trabalhadores a risco de morte, incapacitação, restrição da

habilidade para auto-resgate, lesão ou doença aguda causada por uma ou mais das seguintes causas listadas a seguir:

- Gás, vapor ou névoa inflamável em concentrações superiores a 10% do seu limite inferior de explosividade.
- Poeira combustível viável em uma concentração que se encontre ou exceda o limite inferior de explosividade.

Esses ambientes são extremamente perigosos, pois contêm materiais explosivos gerados pela decomposição de grãos, ou matérias-primas potencialmente perigosas que são transportadas pelas correias, ou ainda pela presença de vapor de água da evaporação de areia de fundição, etc.



### Atenção!

No caso de se fazer manutenção nesses locais confinados, é necessário providenciar ventiladores e exaustores.

Maior cuidado deve ser tomado quando se necessita soldar peças em locais confinados.

Em ambientes saturados de pó e com umidade relativa do ar baixa, uma faísca pode ocasionar violentas explosões. Quanto mais fino é o pó mais violenta é a explosão.

A NBR 14.787 da ABNT recomenda que nesses ambientes se faça uso de detector de gases.

**Figura 51 – Detector de gases**



Muitas vezes a presença de gases nos caminhos das esteiras rolantes que passam em ambientes confinados não é detectada pelos operários ou mecânicos de manutenção. Nesse caso, inalam esse ar contaminado e morrem.

É recomendada uma concentração de poeiras de grãos no ar de, no máximo, 4 gramas por m<sup>3</sup> de ar. A faixa mais perigosa para gerar uma explosão é de 20 a 4.000 gramas por m<sup>3</sup> de ar.

Existem combustíveis que, por sua altíssima velocidade de queima e enorme produção de gases, quando inflamados dentro de um espaço confinado, produzem o fenômeno da explosão. Como exemplo, podemos citar o TNT, a NITROGLICERINA, dentre outros.



### Atenção!

Combustão espontânea.

Certos materiais orgânicos, em determinadas circunstâncias, podem, por si só, entrar em combustão. Entre as substâncias mais suscetíveis de combustão espontânea, destacam-se: o carvão, os óleos em geral, as misturas contendo nitrato, etc.

## Voltando ao desafio

O desafio que foi apresentado no início do capítulo já pode ser melhor compreendido, com o que você estudou nessa parte do material didático.

Veja: Para transportar material a granel, no caso areia preta para fundição por um trajeto fixo para abastecer silos, a melhor escolha, dentro da boa técnica e de forma econômica, deve ser uma correia transportadora.

## Resumindo

Neste capítulo vimos:

- como podemos movimentar as cargas a granel;
- quais as máquinas existentes;
- os componentes das correias transportadoras;
- cintas;
- rolos de tracionamento;
- roletes esticadores;
- raspadores;
- sistemas de esticamento;
- sistemas de carregamento e descarregamento;
- os riscos envolvidos na movimentação; e
- aspectos ligados à segurança, tais como: espaços confinados e atmosferas explosivas.

## Aprenda mais

Para aprender mais sobre o assunto, visite feiras de equipamentos, de transportes, leia catálogos de fabricantes de máquinas de transporte e visite *sites* de fabricantes de máquinas. Existem vários *sites* como: correias *Mercúrio, Faço*.



## Capítulo 3

---

# ACIONAMENTOS

### Iniciando nossa conversa

A escolha correta do motor é fator decisivo para reduzir os custos com energia elétrica na empresa. Sua seleção, características operacionais, montagem e escolha da forma de partida determinarão o acerto ou não na escolha.

Neste capítulo são explanados os assuntos relacionados às características de aplicação das cargas que serão acionadas:

- classificação dos motores elétricos;
- rotações síncronas, assíncronas;
- dados técnicos dos motores elétricos, tais como: corrente elétrica, frequência de funcionamento;
- categorias e as formas de ligação;
- uso de motores de alto rendimento;
- formas de partida dos motores: direta, estrela, triângulo, compensadoras, partidas eletrônicas.

### Objetivos

Ao estudar este capítulo, os objetivos são:

- reconhecer as características de um acionamento feito com motor elétrico;
- identificar os parâmetros elétricos mais importantes;
- relacionar os principais tipos de partidas de motores;
- reconhecer as características dos motores de alto rendimento.

## Um desafio para você:

A sua empresa deseja substituir o motor *standard* que aciona a correia transportadora por um motor de alto rendimento. Quais os dados técnicos que deverão ser levantados? Que critérios deverão ser relacionados para justificar a troca do motor?

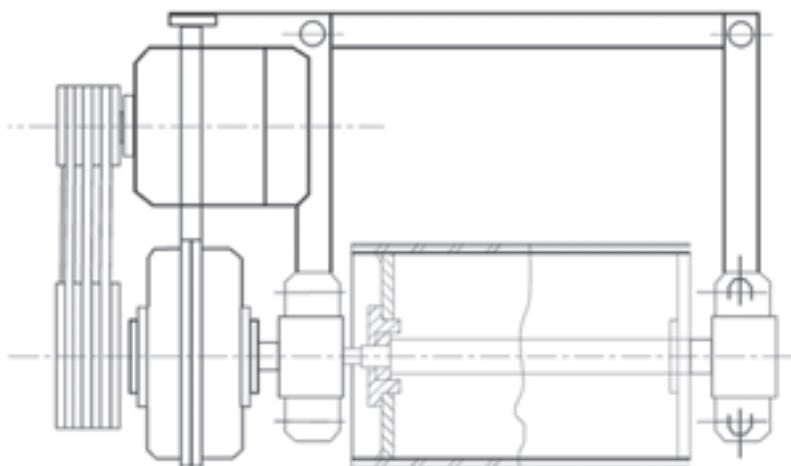
## Continuando nossa conversa

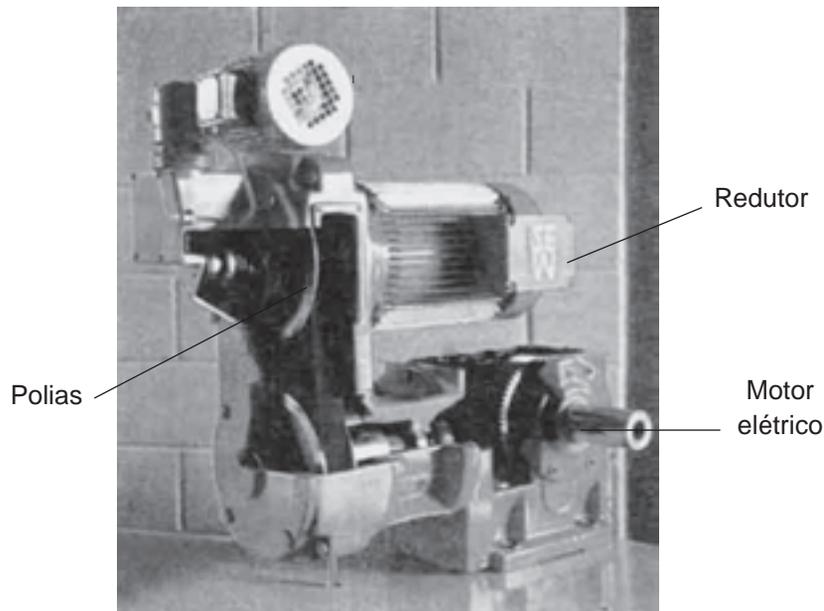
### Conjunto de acionamento

A potência a ser transmitida, o tipo de serviço e o arranjo mecânico irão definir o conjunto de acionamento. Na maioria dos casos a solução mais econômica consiste em combinar um motor elétrico com acionamento por polias e correias em v, ou ainda, um redutor, dependendo das características de potência, velocidade única ou múltipla e condições econômicas.

As figuras mostradas a seguir representam a solução mais econômica de associar um motor elétrico a um redutor para acionar as cargas.

Figura 52 – Sistema de acionamento



**Figura 53 – Sistema de acionamento**

Para os conjuntos de acionamento, os motores elétricos são os mais utilizados, pois têm a vantagem da utilização da energia elétrica (facilidade de transporte, limpeza, simplicidade de comando, custo relativo) com uma engenharia básica de montagem simples e grau de adaptabilidade às várias cargas.

Vamos, então, estudar os motores elétricos.

## Motores elétricos

Os motores elétricos têm seu funcionamento influenciado por aspectos construtivos, condições de carga, redes de alimentação, etc, portanto, vamos conhecer os aspectos a serem considerados na utilização destas máquinas.

O motor elétrico transforma a energia elétrica fornecida pela rede em energia mecânica girando o rotor. Na extremidade do rotor está presa uma polia ou na engrenagem que fará o sistema se mover.



## Fique ligado!

Ao longo do tempo foram desenvolvidos vários tipos de motores elétricos para atender às exigências do mercado, mas o tipo mais utilizado, devido à simplicidade de construção e menor custo, é o *motor trifásico de indução com rotor gaiola de esquilo*.

A Figura 54 mostra os componentes de um motor.

### Figura 54 - Motor elétrico

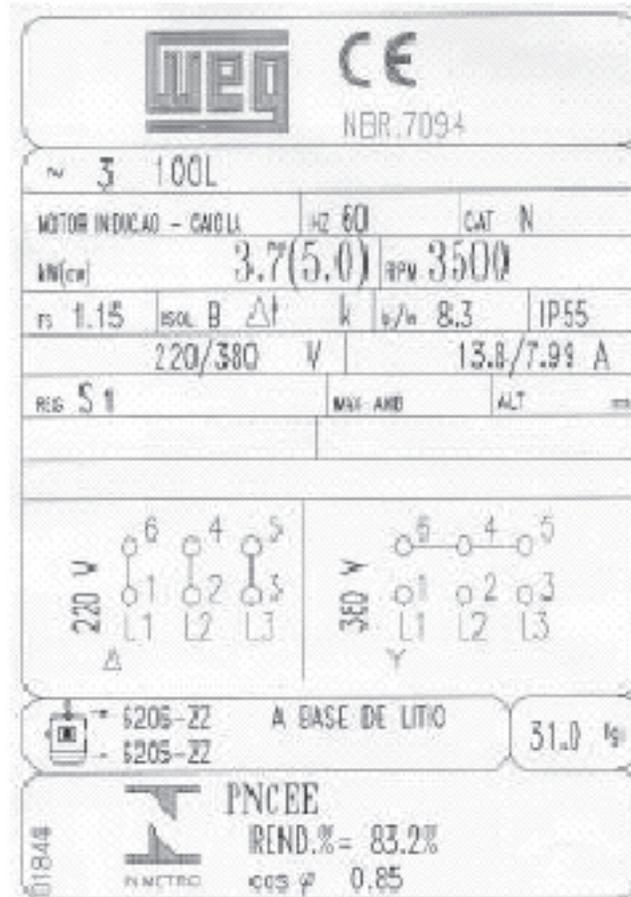


### Placa de identificação

A placa de identificação contém símbolos e valores que determinam as características nominais da rede de alimentação e desenvolvimento do motor. Estas informações devem ser facilmente legíveis, apresentadas de maneira objetiva e não sujeitas a interpretações errôneas.

Observe na Figura 55 um modelo de placa de identificação do motor.

Figura 55 – Placa de identificação



Vamos conhecer alguns itens da placa de identificação e entender a terminologia elétrica para poder relacioná-la com os motores para correias transportadoras.

### Modelo do motor

O modelo do motor, indicado por um número, é a referência do fabricante para o registro das características nominais e detalhes construtivos.

### Potência nominal

É a potência que o motor pode oferecer dentro de suas características nominais continuamente. Deve ser dada em HP ou KW.

É a potência mecânica disponível no eixo do motor, quando este opera dentro de suas características nominais.

### **Tensão nominal**

É tensão da rede para a qual o motor foi projetado. As tensões nominais usuais são 220, 380 e 440V.

### **Número de fases**

Normalmente os motores mais utilizados nas indústrias são os motores trifásicos, isto é, contém três (3) condutores fases e um (1) condutor neutro.

### **Corrente nominal**

É a corrente que o motor absorve da rede elétrica quando em funcionamento com tensão, frequência e potência nominais.



### **Fique ligado!**

A corrente elétrica é um parâmetro importante para dimensionar os condutores elétricos e os dispositivos de manobra e seccionamento do motor.

### **Frequência nominal**

É a frequência do sistema para o qual o motor foi projetado. Existem duas frequências normalmente utilizadas 50 Hz ou 60 Hz. No Brasil, a frequência nominal utilizada é de 60 Hz.

### **Velocidade de rotação nominal**

Indicada em rotações por minuto (rpm), é a velocidade do motor quando ele fornece a potência nominal, sob tensão e frequência nominais.

### **Regime**

É o grau de regularidade da carga a que o motor é submetido. Os motores normais são projetados para regime contínuo, isto é, funcionamento com carga

constante, por tempo indefinido e com potência igual à potência nominal do motor.

### Grau de proteção

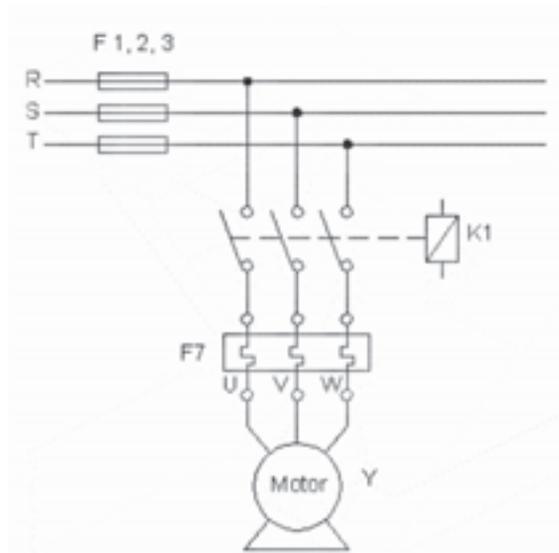
Define o tipo de proteção do motor contra a entrada de água ou de objetos estranhos.

### Partida do motor de indução

Embora haja algumas exceções, de maneira geral, um motor de indução requer aproximadamente seis vezes a sua corrente nominal para partida à tensão nominal. Na maioria das utilizações, residenciais ou industriais, pequenos motores de indução do tipo gaiola, de baixa potência, podem partir com ligação direta à rede, sem que se verifiquem quedas na tensão de suprimento e sem que ocorra no motor um grande aumento do período de aceleração, desde o repouso até sua velocidade nominal.

Sempre que possível, a partida de um motor trifásico de gaiola deverá ser direta, como é mostrada na Figura 56.

Figura 56 – Esquema elétrico/partida direta



Nos casos em que a corrente de partida do motor é elevada, pode ocorrer elevada queda de tensão no sistema da alimentação da rede.

Nesse caso empregamos as partidas compensadas que podem ser:

- chaves estrela triângulo;
- chaves compensadoras; e
- partidas eletrônicas (Inversores de frequência , *soft-starter*)

Continuando nosso estudo, vamos analisar as partidas compensadas.

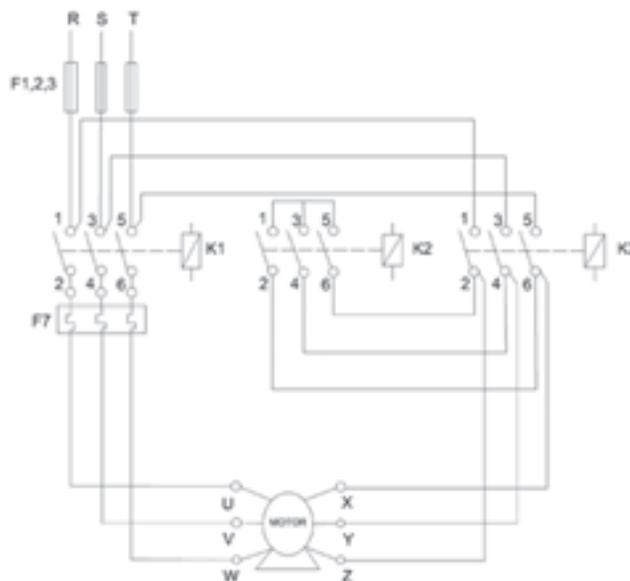
## Partidas compensadas

### Chaves estrela triângulo

Nessa chave o motor parte com tensão reduzida, ligando o motor na configuração estrela, alimentando com a tensão de ligação triângulo. Após decorrido um tempo (normalmente 10 a 15 segundos) o motor atinge aproximadamente 90% da rotação nominal, comuta-se para a configuração triângulo. É apropriado para motores que partem em vazio, isto é, sem carga ou com baixas cargas, pois o torque de partida é reduzido em aproximadamente 35% do seu valor com partidas diretas.

É fundamental para a partida com a chave estrela – triângulo que o motor tenha a possibilidade de ligação em dupla tensão, ou seja, em 220/380V , em 380/660V ou 440/760V. Os motores deverão ter, no mínimo, 6 bornes de ligação.

Figura 57 – Esquema elétrico/partida estrela triângulo



## Partida compensadora

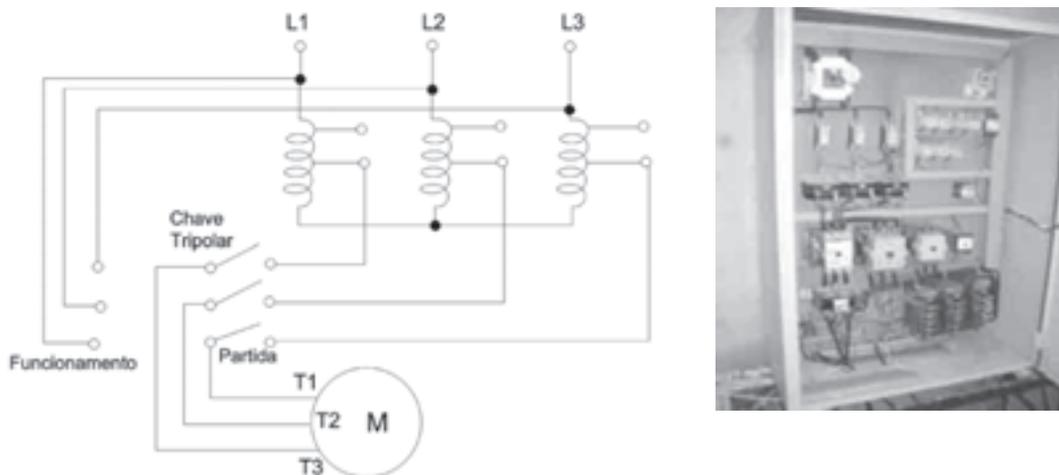
Este modo de partida se aplica igualmente aos motores de forte potência, com grande inércia e que parte com carga. A partida se efetua geralmente em dois tempos, conforme apresentado a seguir.

**1º tempo:** alimentação do motor sob tensão reduzida, por intermédio de um auto transformador. O pico de corrente e o conjugado na partida são reduzidos, ambos proporcionalmente ao quadrado da relação de transformação. As chaves compensadoras (partida por autotransformadores) são previstas para um pico de corrente e um conjugado na partida, representando 0,42 ou 0,64 dos valores em partida direta, conforme o *tap* de ligação do autotransformador 65% ou 80%, respectivamente. O conjugado motor permite atingir assim um regime elevado.

**2º tempo:** abertura do ponto neutro do autotransformador e conexão do motor sob plena tensão, o qual retoma suas características naturais.

A Figura 58 representa uma chave compensadora.

Figura 58 – Partida compensadora



### Partida eletrônica com *Soft-starter*

São geradas correntes potencialmente perigosas e picos de torque em motores que são acionados de forma direta na partida ou pelo método estrela triângulo. Picos de corrente, desgastes mecânicos, sobre solicitação da rede são evitados de maneira confiável e otimizada, limitando a corrente e o torque na partida. Esses inconvenientes podem ser resolvidos com o uso das chaves de partida e parada suave (*soft-starters*). São apropriadas para partidas e paradas controladas de motores trifásicos assíncronos e cargas.

A *soft-starter* controla a tensão sobre o motor por meio do circuito de potência. A tensão inicial nos terminais do motor é reduzida pelo controle do ângulo de fase e aumentada gradativamente em rampa, a partir do valor ajustado até a tensão nominal de linha, dentro do intervalo de tempo selecionado.

Observe a Figura 59.

Figura 59 – Partida com *soft-starter*



Fonte: WEG

### Partida eletrônica com inversores de frequência

Inversores de frequência são equipamentos de baixo custo para o controle da velocidade de motores de indução trifásicos, o que gera uma economia de energia sem prejudicar a qualidade final do sistema. A grande vantagem de utilização de inversores é que além de gerar economia de energia também redução do custo de instalação do sistema.

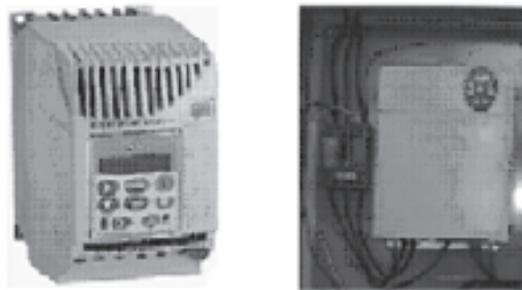


## Fique ligado!

Os inversores possibilitam que os motores sejam acionados suavemente, sem trancos, reduzindo-se a quebra de elementos de transmissão como correntes e rodas dentadas.

O inversor é ligado na rede que pode ser monofásica ou trifásica, e em sua saída há uma carga que necessita de uma frequência diferente da rede. Para tanto, o inversor tem como primeiro estágio um circuito retificador, responsável por transformar a tensão alternada em contínua, após há um segundo estágio, capaz de realizar o inverso, ou seja, de corrente contínua (CC) para corrente alternada (CA) e com a frequência desejada pela carga.

**Figura 60 – *soft-starter***



## Motores de alto rendimento

Para a compra de motores elétricos, o critério levado em consideração é quase sempre o do preço inicial do motor. Quando da queima de um motor, na maioria das vezes não é estudada a hipótese da sua substituição. Em geral se rebobina o motor. Existem motores bastante antigos ainda trabalhando nos acionamentos. Os motores antigos geralmente são superdimensionados, apresentam baixo rendimento e baixo fator de potência. É mais desfavorável a condição quando o motor é rebobinado várias vezes.

Os motores utilizados nos acionamentos de correias transportadoras em geral são de grande potência com valores entre 50 e 100cv e trabalham durante várias horas por dia. Motores de alto rendimento, quando comparados com motores *standard*, apresentam rendimentos maiores, maior fator de potência e ainda apresentam uma vida útil maior, pois é um motor em que é menor sua temperatura de funcionamento.



### Fique ligado!

No Brasil, a norma NBR 7094 da ABNT especifica os níveis de rendimentos mínimos para ser considerado um motor de alto rendimento.

Comparados com os motores *standard*, os motores de alto rendimento apresentam algumas alterações técnicas, tais como:

- maior volume de chapa magnética, com baixas perdas;
- rotor tratado termicamente;
- entreferro menor, com conseqüente redução de corrente em vazio;
- maior quantidade de cobre, com redução de perdas por efeito *Joule*;
- anel de curto e barras do rotor superdimensionadas, ocasionando redução de perdas por efeito *Joule*.

A utilização de motores de alto rendimento pode trazer diminuição no consumo de energia elétrica e se transformar em economia de energia com redução de custos.

**Figura 61 – Motores de alto rendimento**



## **Seleção dos acionamentos**

Em todos os acionamentos, buscamos a melhor relação entre potência e eficiência energética. Queremos motores que tenham potência para acionar a carga e eficiência no acionamento para obter a melhor condição econômica.

Para a correta seleção do acionamento, deve-se levar em consideração critérios técnicos e econômicos. Dentre os critérios técnicos, podemos relacionar:

- potência necessária para acionar a carga;
- velocidade requerida (múltipla, constante);
- regulagens requeridas pelo acionamento;
- condições de serviço;
- condições de manutenção.

Como seleciona-se o acionamento? Para esta relação são considerados:

- critérios técnicos;
- critérios econômicos; e
- manutenção.

## Critérios técnicos

Em primeiro lugar, é necessário conhecer a maior parte dos dados sobre a carga que se quer acionar como:

- massa;
- forças envolvidas no acionamento;
- geometria;
- diâmetros das rodas;
- condições de frenagem;
- reversões com carga/sem carga;
- tipo de movimento horizontal, vertical, rotativo;
- número de partidas por hora requeridas pelo acionamento;
- velocidades com variação constante;
- condições de serviço, horas de trabalho diário;
- coeficientes de segurança envolvidos, condições ambientais, alturas, dissipação térmica, entre outros.

A partir dos dados levantados, podemos por meio de equações e fórmulas matemáticas, calcular rotações e potências necessárias. É preciso levar em consideração rendimentos compatíveis com o melhor resultado técnico para o acionamento, associado à experiência profissional do projetista, escolhas pessoais com relação a preferências por marcas comerciais e lembrar, também, que nenhum tipo de acionamento se parece com o outro.

Tendo definido as potências requeridas, vamos às especificações técnicas para selecionar motores elétricos, redutores, variadores de velocidade, tipos de chaveamento, etc. Buscamos, no mercado, equipamentos comerciais que possam ser adquiridos, levando em consideração materiais, processos de fabricação, qualidade, custos, prazo de entrega, assistência técnica, peças de reposição e durabilidade.



## Fique ligado!

Dentre as boas práticas, no que diz respeito a motores elétricos, destacamos as seguintes:

- Dimensionar corretamente a potência dos motores.
- Equilibrar as correntes elétricas nas três fases.
- Adotar sistemas de partidas compensadas para motores acima de 7,5 cv.
- Instalar motores adequados ao regime de trabalho.
- Fazer a adequação do motor ao ambiente de trabalho.
- Evitar motores trabalhando em vazio.
- Ajustar os condutores à tensão e à corrente.
- Reexaminar o regime de trabalho (tempo de funcionamento).
- Instalar sistema de proteção adequado.
- Ajustar os sistemas de acionamento de cargas aos motores.

### **Critérios econômicos**

Medidas de economia de energia elétrica visam mais a racionalização do uso do que a restrição ao seu consumo.

Dentre as medidas mais popularizadas nos últimos anos, estão o uso de motores elétricos de alto rendimento e sistemas de chaveamentos eletrônicos como *soft-starter* e inversores de frequência. A economia é conseguida com a redução das perdas do motor.

Existem, no mercado, motores de alto rendimento que, embora custando de 20% a 30% a mais do que motores comuns, garantem maiores rendimentos quando comparados aos motores *standard*.

Com os custos das tarifas contratadas junto às concessionárias aumentando, a utilização de motores de alto rendimento torna-se interessante, pois a diferença de custo de operação devida ao menor consumo pela redução das perdas permite um retorno do investimento inicial em um curto prazo de tempo. É interessante levar em consideração os custos de aquisição dos dois tipos de motores, *standard* e de alto rendimento e comparar a previsão de economia e tempo que retornará o investimento.

Outra forma de economia é substituir o chaveamento por inversores de frequência. Este equipamento tem o objetivo de variar a velocidade em motores de indução trifásicos, levando em consideração os tipos de carga a ser acionada. Quando é diminuída a rotação do motor por meio do inversor de frequência, a potência consumida é reduzida proporcionalmente à rotação. Reduzindo-se em 30% a rotação, a potência consumida será de 30% menor.

As esteiras transportadoras que apresentam variações nos volumes transportados e trabalham num grande número de horas mensais, apresentam um grande potencial para o uso de inversores de frequência e motores de alto rendimento.

### **Manutenção**

Um setor de manutenção eficiente é a melhor proteção e prevenção contra anormalidades e interrupções de serviços em motores elétricos, chaveamentos, cablagens e máquinas e equipamentos. É preciso elaborar programas de manutenção preventivos e preditivos com o objetivo de manter as condições operacionais selecionadas nos equipamentos quando da sua instalação.

É importante estabelecer programas de manutenção autônoma em que o operador da máquina é parceiro da manutenção. Por meio da inspeção detectando ruídos diferentes, vazamentos de lubrificantes e realizando uma avaliação conforme um roteiro, é possível sinalizar para a manutenção anormalidades pequenas.



### **Fique ligado!**

A manutenção autônoma previne através dos pequenos reparos a interrupção das máquinas para realizar grandes reparos.

No Capítulo 5 são apresentadas mais ações que podem ser desenvolvidas pelo setor de manutenção, buscando eficiência nos equipamentos.

A norma NBR 5410/97 – Instalações Elétricas de Baixa Tensão fornece as medidas necessárias para que a ênfase com relação à segurança e proteção tenha como objetivo principal evitar a ocorrência de sobrecarga, curtos-circuitos, choques elétricos, causas de muitos acidentes e de outros problemas sérios que poderão ser ocasionados devido ao mau uso de eletricidade.



### Atenção!

O cuidado com a qualidade das instalações elétricas é fundamental para que ocorra segurança das pessoas e integridade do patrimônio da empresa.

Continuando nosso assunto, vamos ver um dos itens que é importante para segurança das pessoas e integridade dos equipamentos.

## Aterramentos

Quando temos riscos de explosões causadas por movimentação de materiais, devemos ter um bom sistema de aterramento.

Aterramento significa ligação permanente de partes metálicas dos equipamentos elétricos com o propósito de formar um caminho condutor de eletricidade para a terra.

O aterramento elétrico tem três funções principais:

- proteger o usuário do equipamento das descargas atmosféricas, (raios) através de um caminho alternativo para a terra;
- descarregar cargas estáticas nas carcaças das máquinas ou equipamentos para a terra;
- facilitar o funcionamento dos dispositivos de proteção (fusíveis, disjuntores, etc), através da corrente desviada para a terra.



## Atenção!

O aterramento é obrigatório e a baixa qualidade ou a falta dele provoca queima de equipamentos.

O valor da resistência deve atender às condições de proteção e de funcionamento da instalação elétrica. Conforme orientação da ABNT, a resistência deve atingir, no máximo, 10 Ohms.

### Sistemas de aterramento

A resistividade do solo varia com o tipo de solo, mistura de diversos tipos de solo, teor de umidade, temperatura, compactação e pressão, composição química e concentração dos sais dissolvidos na água retida.

Os sistemas de aterramento devem ser realizados de modo a garantir a melhor ligação com a terra. Os principais são:

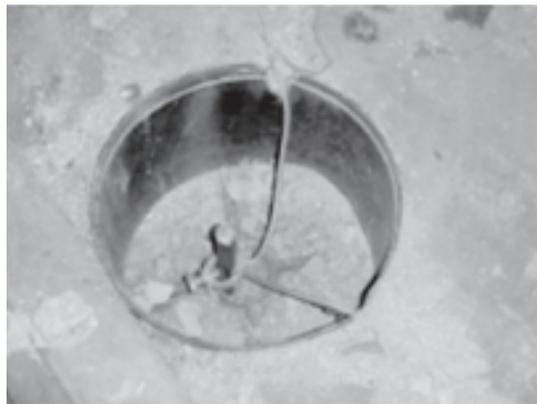
- uma haste simples cravada no solo;
- hastes alinhadas;
- hastes em triângulo;
- hastes em quadrado;
- hastes em círculos;
- placas de material condutor enterrado no solo (exceto o alumínio);
- fios ou cabos enterrados no solo.

A Figura 62 representa uma haste utilizada para fazer o aterramento.

**Figura 62 – Haste de aterramento**

A haste de aterramento normalmente é feita de uma alma de aço revestida de cobre. Seu comprimento pode variar de 1,5 a 4,0m. As de 2,5m são as mais utilizadas, pois diminuem o risco de atingirem dutos subterrâneos em sua instalação.

A Figura 63 mostra uma caixa de aterramento.

**Figura 63 – Caixa de aterramento**

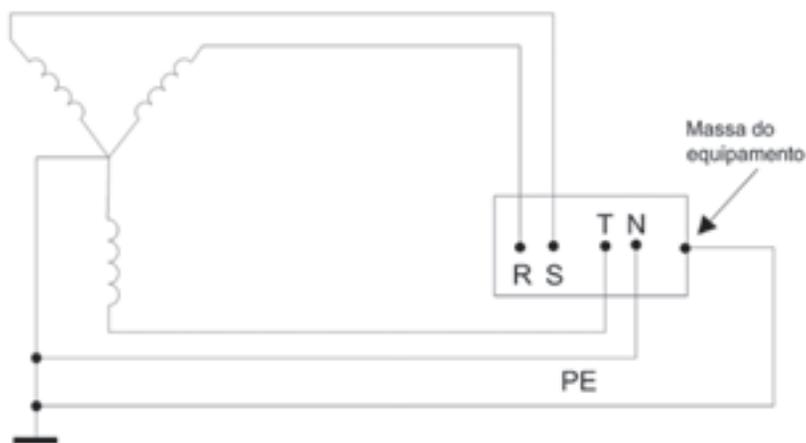
A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) possui uma norma que rege o campo de instalações elétricas em baixa tensão. Essa norma é a NBR 5410 que, como todas as demais normas da ABNT, possui subseções. As subseções 6.3.3.1.1, 6.3.3.1.2, e 6.3.3.1.3 referem-se aos possíveis sistemas de aterramento que podem ser feitos na indústria.

Os três sistemas da NBR 5410 mais utilizados na indústria são: Sistema TN-S, Sistema TN-C e Sistema TT. Vamos conhecê-los.

### Sistema TN-S

Podemos perceber na Figura 64 que temos o secundário de um transformador (cabine secundária trifásica) ligado em **Y**. O neutro, que é representado pelo ponto em comum na ligação do transformador, é aterrado logo na entrada. Esse neutro é levado até a carga. Paralelamente, outro condutor identificado como PE é utilizado como fio terra e é conectado à carcaça (massa) do equipamento e ligado ao neutro.

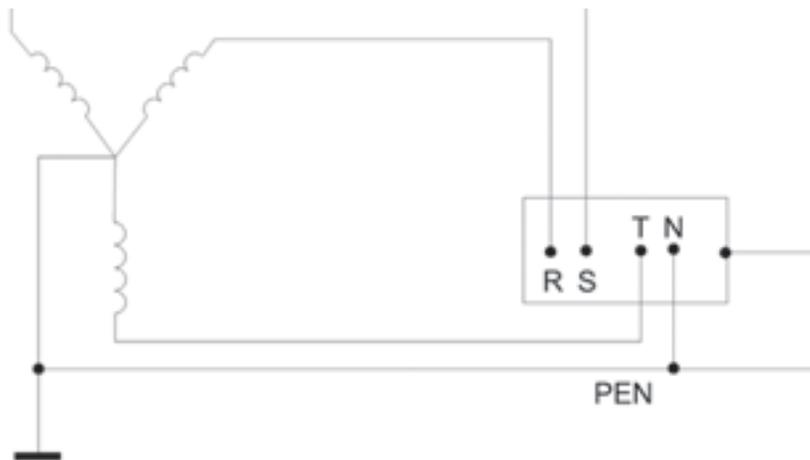
Figura 64 – Aterramento TN-S



### Sistema TN-C

Nessa ligação como se pode perceber na Figura 65, o neutro que é representado pelo ponto em comum na ligação do transformador é levado até a massa (carcaça) do equipamento. O fio terra do equipamento é conectado a esse neutro. O fio terra e o neutro são constituídos pelo mesmo condutor.

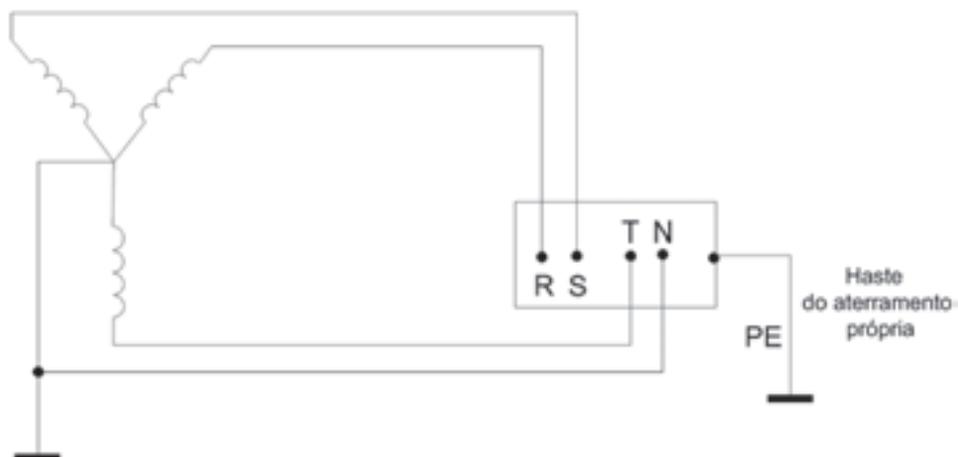
Figura 65 – Aterramento TN-C



**Sistema TT**

Na Figura 66 vemos que o neutro é aterrado logo na entrada e segue (como neutro) até a carga (equipamento). A massa do equipamento é aterrada com uma haste própria, independente da haste de aterramento do neutro.

Figura 66 – Aterramento TT



Seguindo nosso estudo, vamos analisar um outro defeito que, quando ocorre, causa geralmente grandes prejuízos.

## Correntes de curto-circuito

Sistemas de potência apresentam vários defeitos, que geram interrupções no fornecimento de energia e podem causar danos nos equipamentos são defeitos como:

- curto-circuito;
- sobrecargas;
- sobretensões;
- fases abertas em motores.



### Fique ligado!

A qualidade do projeto elétrico e dos equipamentos envolvidos na instalação são fatores para a redução da ocorrência de defeitos.

Por melhor que tenha sido desenvolvido o projeto, a montagem e a seleção do equipamento, sempre haverá risco de ocorrência de defeitos causando:

- corte prolongado no suprimento de energia elétrica;
- perda de equipamentos elétricos;
- incêndios;
- perdas de vidas humanas;
- custos elevados de reposição.

As correntes de curtos-circuitos são provenientes de falhas ou defeitos graves da instalação, tais como falha ou rompimento da:

- isolação entre fase e terra;
- isolação entre fase e neutro; e
- isolação entre fases distintas.

Como consequência, as falhas de rompimento produzem correntes extremamente elevadas na ordem de 1000% a 10000% do valor da corrente nominal.

Correntes de curto-circuito são o pior tipo de defeito. Seus efeitos dependem da intensidade e duração. Eles se manifestam brusca, dinâmica e termicamente em todos os componentes da instalação elétrica.

Nas instalações elétricas podem ocorrer correntes de curto-circuito e dar início aos incêndios em máquinas ou instalações. Para se iniciar um incêndio, é necessário que haja combustíveis. Podemos definir como combustível tudo que é suscetível de entrar em combustão (madeira, papel, pano, estopa, tinta, alguns metais, etc.).

## Riscos de acidentes em instalações e serviços em eletricidade

As máquinas são compostas de equipamentos mecânicos (engrenagens, correntes, polias, etc.) e também de componentes elétricos (quadros de comando, inversores de frequência, relés, contactores, etc.).

A Figura 67 mostra um quadro de ligação elétrica de máquinas e instalações.

**Figura 67 – Quadros de comando**





## Atenção!

Em muitas empresas o próprio operador da máquina faz a manutenção tanto mecânica como elétrica, troca fusíveis, rearma relés térmicos e faz o rearme de seccionadoras e disjuntores. Isso pode ser causa de vários acidentes, alguns com bastante gravidade, levando o operador até a morte.

Os fusíveis são dispositivos que protegem os circuitos elétricos contra danos causados por sobrecargas de corrente, que podem provocar incêndios.

**Figura 68 – Fusíveis Diazed e NH**



Um choque elétrico é a perturbação de natureza e efeitos diversos que se manifesta no organismo humano, quando este é percorrido por uma corrente elétrica. Normalmente ocorre ao tocar um elemento energizado da rede de energia elétrica, por acidente ou intencionalmente. Pode trazer os seguintes efeitos:

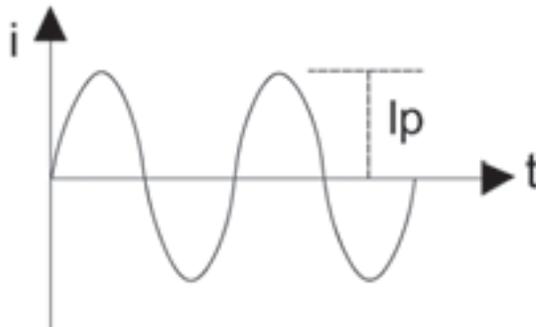
- inibição dos centros nervosos;
- parada respiratória;
- fibrilação ventricular;
- parada cardíaca;
- queimaduras profundas: necrose;
- alterações no sangue;
- seqüelas em vários órgãos do corpo.

Os riscos de acidentes dos empregados que trabalham com eletricidade, em qualquer das etapas de geração, transmissão, distribuição e consumo de energia elétrica, constam da Norma Regulamentadora *Instalações e Serviços em Eletricidade* - NR 10 do Ministério do Trabalho e Emprego - MTE.

O choque elétrico ocorre quando o organismo humano é percorrido por uma corrente elétrica. Podemos definir a corrente elétrica como um movimento de elétrons nos condutores. A corrente elétrica é o movimento ordenado de cargas elétricas em um condutor sujeito a uma diferença de potencial elétrico. Por convenção, o sentido desta corrente é determinado pelo movimento das cargas positivas no interior do condutor, sendo naturalmente do ponto de maior para o de menor potencial, muito embora o sentido real seja dado pelos elétrons livres que fluem do ponto de menor potencial ao pólo de maior potencial.

Observe, a seguir, a representação da corrente alternada.

**Figura 69 – Corrente alternada**



A *corrente alternada*, ou CA (em inglês AC) é uma *corrente elétrica* cuja magnitude e direção varia ciclicamente. Observe que o valor da tensão (e da corrente) alternada não é fixo, variando com o tempo. Contando-o a partir de zero até o máximo, temos a amplitude ( $V_0$ ), do mínimo até o máximo denomina-se valor pico-a-pico ( $V_{pp}$ ),

O valor de pico-a-pico de uma tensão alternada é definida como a diferença entre seu pico positivo e seu pico negativo.

A corrente elétrica é medida por meio de um equipamento medidor chamado de *amperímetro* e sua unidade é o *Ampère*.

A Figura 70 mostra o amperímetro.

**Figura 70 – Amperímetros de alicate**



Todos os instrumentos destinados a medir correntes que atualmente são utilizados baseiam o seu funcionamento na ação magnética da corrente. Medidores de corrente ou amperímetros são ligados em série com o circuito de corrente.

As empresas costumam sinalizar nos equipamentos a forma de ligação das chaves por meio da comunicação visual, como forma de garantir as adequadas orientações para a realização de atividades. Confira um exemplo na Figura 71.

**Figura 71 – Indicação de ligação**



Existem um grande número de acidentes fatais decorrentes de serviços feitos em eletricidade. A Norma Regulamentadora *Instalações e Serviços em Eletricidade* - NR 10 do Ministério do Trabalho e Emprego – tem o objetivo de garantir a segurança dos empregados que trabalham em instalações elétricas, em suas diversas etapas, incluindo projeto, execução, operação, manutenção, reforma e ampliação e ainda a segurança de usuários e terceiros.



## Fique ligado!

- Cuidados ao efetuar trabalhos em eletricidade
- Observar distância segura dos equipamentos.
- Não encostar em máquinas ou equipamentos supostamente desligados.
- Redobrar cuidados em ambientes sujos ou mal iluminados.
- Observar pisos molhados, em especial, ao efetuar medições.
- Selecionar o melhor acesso aos equipamentos e quadros.

As figuras a seguir mostram ambientes mal iluminados e condições inseguras para realizações de trabalhos.

**Figura 72 – Ambientes mal iluminados**



**Figura 73 – Condições inseguras**



**Figura 74 – Condições inseguras**



### **Segurança em instalações elétricas desenergizadas**

Somente serão consideradas desenergizadas as instalações elétricas liberadas para serviço mediante os procedimentos apropriados, obedecida a seguinte sequência:

- seccionamento;
- impedimento de reenergização;
- constatação da ausência de tensão;
- instalação de aterramento temporário com equipotencialização dos condutores dos circuitos;
- proteção dos elementos energizados existentes na zona controlada;
- instalação da sinalização de impedimento de energização.

A NR 10 mostra áreas restritas para trabalhos em eletricidade como a Figura 75.

Figura 75 – Áreas restritas



### Sinalização de segurança

Para segurança dos operadores de máquinas e dos eletricitas no serviço de manutenção, a norma exige que se faça sinalização de segurança para atender às situações a seguir:

- identificação dos circuitos elétricos;
- travamentos e bloqueios de dispositivos e sistemas de manobra e comandos;
- restrições e impedimentos de acessos;
- delimitações de áreas;
- sinalização de áreas de circulação, de vias públicas, de veículos e de movimentação de cargas;
- sinalização de impedimento de energização.

A Tabela 3 relaciona as tensões com os raios de delimitação das zonas de risco.

Tabela 3 – Raios de delimitação de zonas de risco controlada e livre

Faixas de tensão Nominal da Instalação elétrica em kV	Rr - Raio de delimitação entre zona de risco e controlada em metros	Rc - Raio de delimitação entre zona controlada e livre em metros
< 1	0,20	0,70
≥ 1 e < 3	0,22	1,22
≥ 3 e < 6	0,25	1,25
≥ 6 e < 10	0,35	1,35
≥ 10 e < 15	0,38	1,38
≥ 15 e < 20	0,40	1,40
≥ 20 e < 30	0,56	1,56
≥ 30 e < 36	0,58	1,58
≥ 36 e < 45	0,63	1,63
≥ 45 e < 60	0,83	1,83
≥ 60 e < 70	0,90	1,90
≥ 70 e < 110	1,00	2,00
≥ 110 e < 132	1,10	3,10
≥ 132 e < 150	1,20	3,20
≥ 150 e < 220	1,60	3,60
≥ 220 e < 275	1,80	3,80
≥ 275 e < 380	2,50	4,50
≥ 380 e < 480	3,20	5,20
≥ 480 e < 700	5,20	7,20

Fonte: Norma NBR 10

### Seqüência para reenergização

O estado de instalação desenergizada deve ser mantido até a autorização para reenergização, devendo ser reenergizada respeitando a seqüência dos procedimentos a seguir:

- retirada de todas as ferramentas, equipamentos e utensílios;
- retirada da zona controlada de todos os trabalhadores não envolvidos no processo de energização;
- remoção da sinalização de impedimento de energização;
- remoção do aterramento temporário da equipotencialização dos condutores dos circuitos; e
- destravamento, se houver, e religação dos dispositivos de seccionamento.

## Medidas de proteção individual

As medidas de proteção individual devem atender às orientações da NR 10 da Portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego. Leia alguns itens desta norma regulamentadora a seguir.

**10.2.9.1** Nos trabalhos em instalações elétricas, quando as medidas de proteção coletiva forem tecnicamente inviáveis ou insuficientes para controlar os riscos, devem ser adotados equipamentos de proteção individual específicos e adequados às atividades desenvolvidas, em atendimento ao disposto na NR 6.

**10.2.9.2** As vestimentas de trabalho devem ser adequadas às atividades, devendo contemplar a condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas.

**10.2.9.3** É vedado o uso de adornos pessoais nos trabalhos com instalações elétricas ou em suas proximidades.

As figuras a seguir mostram equipamentos de proteção individual.

**Figura 76 – Equipamentos de proteção individual (EPI's)**



## **Segurança na construção, montagem, operação e manutenção**

As instalações elétricas devem ser construídas, montadas, operadas, reformadas, ampliadas, reparadas e inspecionadas de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores e dos usuários, e serem supervisionadas por profissional autorizado, conforme dispõe a NR 10, da Portaria 3214/78, do Ministério do Trabalho e Emprego, nos itens a seguir.

**10.4.2** Nos trabalhos e nas atividades referidas devem ser adotadas medidas preventivas destinadas ao controle dos riscos adicionais, especialmente quanto a altura, confinamento, campos elétricos e magnéticos, explosividade, umidade, poeira, fauna e flora e outros agravantes, adotando-se a sinalização de segurança.

**10.4.3** Nos locais de trabalho só podem ser utilizados equipamentos, dispositivos e ferramentas elétricas compatíveis com a instalação elétrica existente, preservando-se as características de proteção, respeitadas as recomendações do fabricante e as influências externas.

**10.4.3.1** Os equipamentos, dispositivos e ferramentas que possuam isolamento elétrico devem estar adequados às tensões envolvidas, e serem inspecionados e testados de acordo com as regulamentações existentes ou recomendações dos fabricantes.

**10.4.4** As instalações elétricas devem ser mantidas em condições seguras de funcionamento e seus sistemas de proteção devem ser inspecionados e controlados periodicamente, de acordo com as regulamentações existentes e definições de projetos.

**10.4.4.1** Os locais de serviços elétricos, compartimentos e invólucros de equipamentos e instalações elétricas são exclusivos para essa finalidade, sendo expressamente proibido utilizá-los para armazenamento ou guarda de quaisquer objetos.

**10.4.5** Para atividades em instalações elétricas deve ser garantida ao trabalhador iluminação adequada e uma posição de trabalho segura, de acordo com a NR 17 – Ergonomia, de forma a permitir que ele disponha dos membros superiores livres para a realização das tarefas.

**10.4.6** Os ensaios e testes elétricos laboratoriais e de campo ou comissionamento de instalações elétricas devem atender à regulamentação estabelecida nos itens 10.6 e 10.7, e somente podem ser realizados por trabalhadores que atendam às condições de qualificação, habilitação, capacitação e autorização estabelecidas nesta NR.

A Figura 77 representa a forma correta de mostrar área de separação.

**Figura 77 – Sinalização de áreas**



### **Voltando ao desafio**

Na placa do motor de acionamento da correia constam vários dados como potência mecânica do motor, a tensão e a forma de ligação. A rotação para qual o motor vai trabalhar. As características relacionadas ao rendimento e fator de potência. Essa placa está fixada no motor que aciona a correia transportadora e é nela que iremos encontrar todas as informações necessárias para o reconhecimento das características operacionais do motor.

Devemos anotar a potência mecânica do motor, seu rendimento, seu fator de potência. Mas somente esses critérios técnicos não são suficientes. Devemos ver quantas horas por dia esse motor trabalha, seu carregamento elétrico, através

das medidas de corrente elétrica, quantas vezes esse motor sofreu um rebobinamento. De posse de todos esses dados, podemos avaliar técnica e economicamente a vantagem de substituir o motor.

## Resumindo

Neste capítulo estudamos as aplicações dos motores elétricos, suas características e indicadores.

Vimos que, na indústria de modo geral, a maior carga elétrica é composta por acionamentos mecânicos. Os motores elétricos são responsáveis por grande parte dos desperdícios de energia elétrica. Sua consequência se dá sob forma de baixo fator de potência, perdas de rendimentos e altos custos.

## Aprenda mais

Uma forma de aprendermos mais sobre o assunto é visitar feiras de equipamentos elétricos e ler catálogos de fabricantes de motores, tais como: *WEG, Kolbach, Eberle, Siemens*.





## Capítulo 4

---

# ELEMENTOS DE MÁQUINAS

### Iniciando nossa conversa

Os motores elétricos, representam em torno de aproximadamente 50% da carga elétrica instalada em uma indústria e servem para acionarem máquinas e equipamentos. O entendimento correto de como esses mecanismos funcionam, suas características operacionais contribuem para elevar o rendimento do acionamento, diminuindo perdas. Por exemplo, o deslizamento das correias em V representam perda de potência e contribuem para elevar os custos com energia elétrica na empresa.

### Objetivos

Os objetivos de estudo deste capítulo são:

- Reconhecer as características de um acionamento feito com um motor elétrico e um mecanismo de acionamento como: correias em V, correntes de rolos, engrenagens e redutores;
- Relacioná-los com a forma de aplicação das cargas;
- Reconhecer os principais tipos de acionamentos empregados nas indústrias.

### Um desafio para você

Após a leitura deste capítulo você deverá reconhecer e descrever o desalinhamento angular. Em seguida deverá recomendar dois tipos de acoplamentos que compense esse desalinhamento.

## Continuando nossa conversa

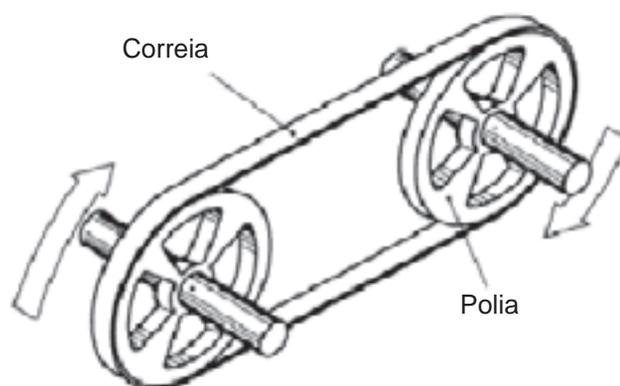
### Transmissão por conectores flexíveis

As correias são os conectores flexíveis de maior utilização na indústria. Servem para transmitir potência entre eixos através do abraçamento de duas ou mais polias.

Os conectores flexíveis (correias) são elementos de máquinas destinados a transmitir movimento e potência, quando a distância entre os eixos condutor e conduzido for muito grande, de forma que a transmissão por contato direto torne-se impossível ou antieconômica.

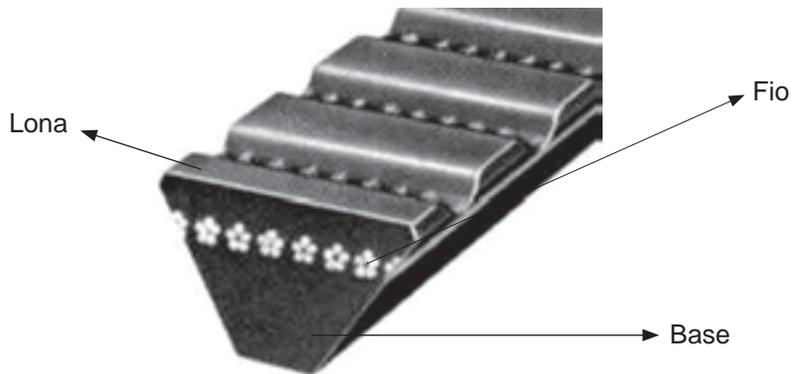
A Figura 78 mostra uma transmissão mecânica por meio de correias.

**Figura 78 – Transmissão por correia em V**



A correia em V consiste de uma estrutura de fio, base e lona, com características de grande resistência e flexibilidade destinadas a transmitir potência como mostra a Figura 79.

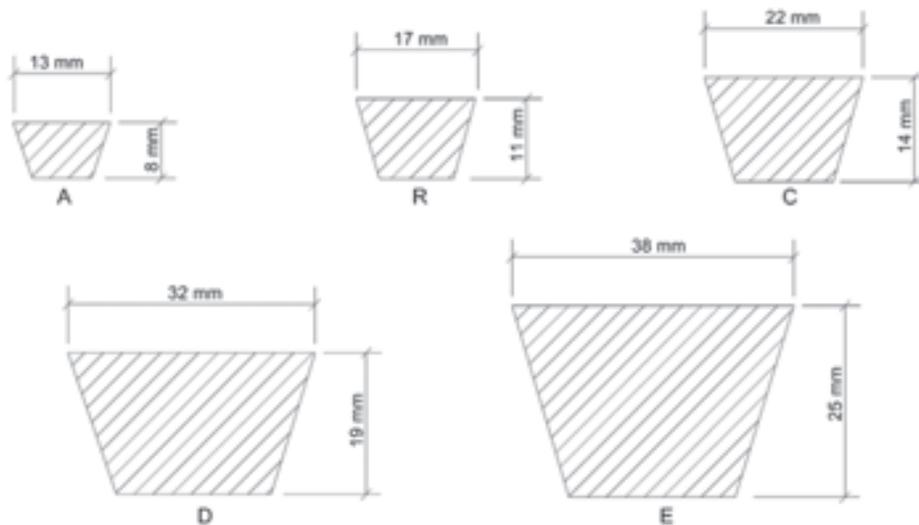
Figura 79 – Componentes da correia



A força é transmitida da polia para a correia e da correia para a polia por meio de aderência entre as superfícies. Nas correias em V temos o efeito de cunha e a força radial é transmitida por meio das faces da correia.

Para cobrir a larga variedade de transmissões em que as correias em V são empregadas, elas são fabricadas em 5 diferentes secções transversais. Confira nas próximas ilustrações.

Figura 80 – Secções transversais das correias (medidas em milímetros)



À medida que aumenta a força a transmitir empregam-se as secções maiores. As correias transmitem a força de rotação de uma polia à outra. A construção destas polias é de grande importância para o bom funcionamento do conjunto. Os materiais empregados podem ser: ferro, aço, alumínio ou madeira.

O desenho mostrado a seguir relaciona os dados para a fabricação de uma polia para ser utilizada em um acionamento por correias em V. Ela relaciona os diâmetros externos e nominais, medidas das canaletas para a usinagem da polia. Seguindo o desenho você não terá dificuldade para construí-las.

**Figura 81 – Polia**



A Tabela 4 informa as medidas construtivas das polias de acordo com o perfil da correia em V. Repare na tabela que, para utilizar uma correia com o perfil B, deve-se utilizar uma polia com o diâmetro que não deverá ser inferior a 130 mm. Veja que nas medidas em milímetros estão informadas as dimensões necessárias para construir a polia.

**Tabela 4 – Dimensões de polias**

Perfil padrão da correia	Diâmetro externo da polia (mm)	Ângulo do canal	Medidas em milímetros							
			T	S	W	Y	Z	H	K	X
A	75 a 170	34°	9,5	15	13	3	2	13	5	5
	acima de 170	38°								
B	130 a 240	34°	11,5	19	17	3	2	17	6,5	6,25
	acima de 240	38°								
C	200 a 350	34°	15,25	25,5	22,5	4	3	22	9,5	8,25
	acima de 350	38°								
D	300 a 450	34°	22	36,5	32	6	4,5	28	12,5	11
	acima de 450	38°								
E	485 a 630	34°	27,25	44,5	38,5	8	6	33	16	13
	acima de 630	38°								

## Transmissão por correntes de rolos

Em algumas transmissões de movimento e potência substituem-se as correias para eliminar provável perda de rotação pelo deslizamento, por correntes tipo *Renold*. Largamente utilizadas em transmissões não muito elevadas, que não tenham perda de rotação (deslizamento) e quando os eixos não permitem o uso de engrenagens devido ao seu afastamento entre centros.

A próxima figura representa um acionamento feito por correntes de rolos.

Figura 82 – Transmissão por corrente

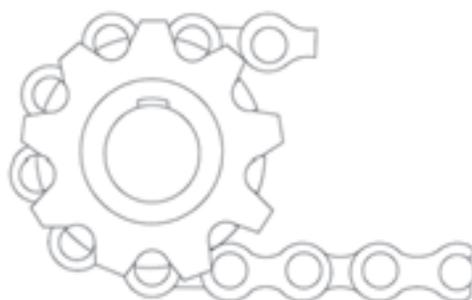


Figura 83 – Elos



### Fique ligado!

A transmissão por corrente normalmente é utilizada quando não se podem usar correias por causa da umidade, vapores, óleos.

## Roda dentada e redutores

### Engrenagem

As engrenagens são, talvez, o mais conhecido arranjo de elementos de máquinas conhecido, estando presente, desde produtos pequenos como relógios até grandes máquinas de usinagem.



#### Fique ligado!

Engrenagens são rodas com dentes padronizados que servem para transmitir movimento e força entre dois eixos. São elementos de máquina dotados de vãos e utilizado com vantagem na transmissão de movimentos, eliminando provável perda de rotação pelo deslizamento e transmitindo grandes esforços.

Classificação das engrenagens quanto ao posicionamento do eixo:

- Engrenagens de eixos paralelos;
- Engrenagens com eixos que se cortam; e
- Engrenagens com eixos que se cruzam.

As figuras a seguir mostram engrenagens com eixos paralelos e com eixos que se cruzam.

**Figura 84 – Engrenagens de eixos paralelos**



**Figura 85 – Engrenagens de eixos que se cruzam**

A seguir, vamos estudar os redutores.

### **Redutores**

As máquinas trabalham com várias rotações dependendo do processo. Os acionamentos são feitos por intermédio de motores elétricos de 2,4 ou 6 pólos. Um motor de 2 pólos tem uma rotação de 3500 RPM, um motor de 4 pólos tem uma rotação de 1750 RPM e um motor de 6 pólos tem 850 RPM. Quando é feita a montagem do conjunto de acionamento destes motores, árvores, polias, etc., existem limitações técnicas e econômicas para fazer baixar a rotação. Para conseguir fazer estas reduções, faz-se uso de dispositivos que recebem a alta rotação do motor e diminuem essa rotações para compatibilizar com a rotação da máquina. A estes dispositivos chamamos de *Redutores ou caixa de redução*.

Os redutores são constituídos de trens de engrenagens com dois ou mais conjuntos de rodas dentadas, montadas em caixas que são fundidas ou soldadas, com a finalidade de servirem de suporte mecânico, conterem o óleo lubrificante e servirem de apoio para as árvores e sistemas de acoplamento.

Existem vários tipos de redutores:

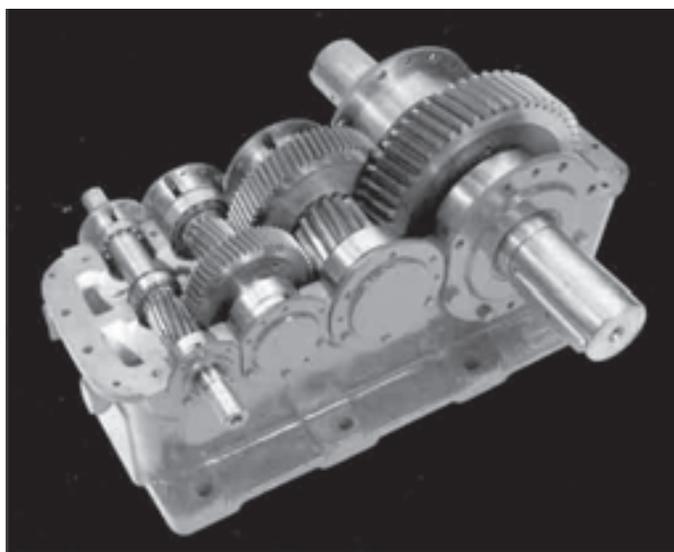
- redutores de eixos paralelos com engrenagens de dentes reto ou helicoidais;
- redutores de parafuso sem fim e coroa, etc.

Os *redutores ou caixas de redução* são construídos para potências específicas e reduções determinadas. Por exemplo, em redutor de três eixos com potência de 25 CV e com redução de 1: 15,12, significa que ele foi dimensionado para transmitir uma potência mecânica de 25 CV e para diminuição do giro do motor em aproximadamente 15 vezes.

Eles podem ser montados em conjuntos de acionamentos fazendo-se uso de polias, que diminuem, ainda mais, as rotações.

A Figura 86 mostra um redutor de engrenagens helicoidais com 4 eixos.

**Figura 86 – Redutor de 4 eixos engrenagens paralelas**



Continuando nosso estudo, vamos entender o uso dos acoplamentos.

## **Acoplamentos**

São elementos de máquinas destinadas a transmitir potência entre árvores. As árvores transmitem torque, os eixos transmitem velocidade, mas comumente se chama toda transmissão de eixo.

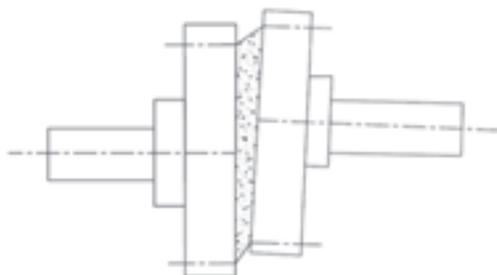
Quando os eixos estiverem montados em bases rígidas, bem alinhadas, é possível usar acoplamentos rígidos. No caso de bases sujeitas a esforços de tração,

empenamento ou deslocamentos, os eixos devem ser acoplados por meio de acoplamentos flexíveis como, por exemplo, no caso das correias transportadoras.

As árvores podem apresentar três tipos de desalinhamentos:

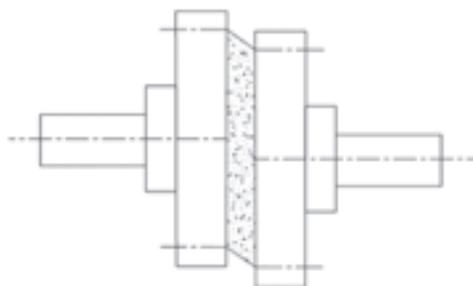
- desalinhamento tipo angular – ocorre entre eixos que apresentam um ângulo entre sua montagem.

**Figura 87 – Desalinhamento angular**



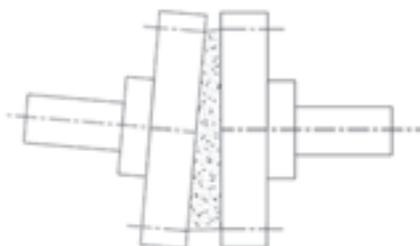
- desalinhamento tipo radial – ocorre entre eixos que apresentam excentricidade em sua montagem.

**Figura 88 – Desalinhamento radial**



- desalinhamento tipo axial: ocorre entre eixos que apresentam folga axial entre os eixos na montagem. Esses desalinhamentos podem ocorrer de forma individualizada ou combinada. Para compensar estes tipos de desalinhamentos devem ser usados acoplamentos flexíveis.

**Figura 89 – Desalinhamento axial**

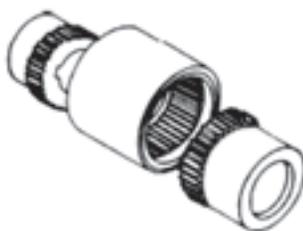


Existem vários tipos de acoplamentos flexíveis no mercado. Cada tipo apresenta características específicas que vamos analisar a seguir.

### **Acoplamentos de engrenagens**

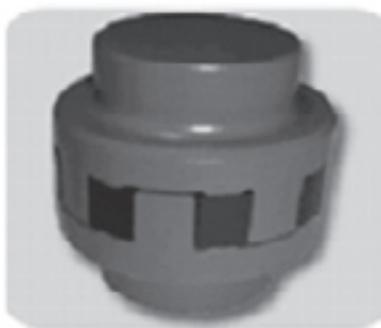
Sobre os cubos existem dentes externos que, em combinação com a luva e com dentes internos, fazem o acoplamento. Transmitem cargas elevadas com altas velocidades porque apresentam grande número de dentes. Compensam desalinhamentos, angulares e axiais.

**Figura 90 – Acoplamento de engrenagens**



### **Acoplamentos tipo mandíbulas**

Os dois cubos são conectados por um elemento flexível, normalmente de material elastomérico (borracha). Permitem deslocamentos axiais e radiais.

**Figura 91 – Acoplamento tipo mandíbulas**

O elemento de compensação é o material elastomérico que tem a função de apresentar características de elasticidade permitindo o desalinhamento entre os eixos sem causar danos aos mesmos. Devem apresentar elasticidade, serem resilientes, voltar às dimensões iniciais quando retirada a carga, apresentar resistência ao ataque de lubrificantes como óleos e graxas.

### **Acoplamentos com insertos flexíveis**

Neste acoplamento o elemento intermediário é deformável. O elemento elástico é constituído de borracha com lona (pressão específica para borracha em torno de 8-14 kgf/cm. Este tipo de acoplamento:

- é indicado para torques médios;
- permite grandes desalinhamentos.

**Figura 92 – Acoplamento com inserto flexível**



## Atenção!

A borracha, com o tempo, apresenta fadiga, devendo ser trocada. Não podem ser realizados trabalhos com vazamento de óleo sobre a borracha.

## Acoplamentos de grades

É constituído por dois cubos com flanges e ranhuras, onde se monta uma grade elástica de metal, que faz a ligação entre os cubos. Transmitem grandes torques e compensam todos os tipos de desalinhamentos.

Figura 93 – Acoplamento de grade Falk



## Acoplamentos de espiral

São constituídos de uma só peça. O fole age como uma junta de dilatação para compensar as alterações térmicas dos eixos, que se aquecem em altas rotações. Compensam desalinhamentos axiais, angulares e desalinhamentos radiais. Esses acoplamentos apresentam características de torque limitado, se comparados aos outros.

**Figura 94 – Acoplamento de espiral**

### Montagem dos acoplamentos

Alguns cuidados necessários na montagem dos acoplamentos:

- o alinhamento das árvores deve ser o melhor possível mesmo que sejam usados acoplamentos elásticos, pois durante o serviço ocorrerão os desalinhamentos a serem compensados;
- fazer a verificação da folga entre flanges e do alinhamento e concentricidade do flange com a árvore;
- certificar-se de que todos os elementos de ligação estejam bem instalados antes de aplicar a carga.

### Tipos de alinhamento dos acoplamentos

Alinhamento a frio: é feito com a máquina nas condições ambientes, em repouso.

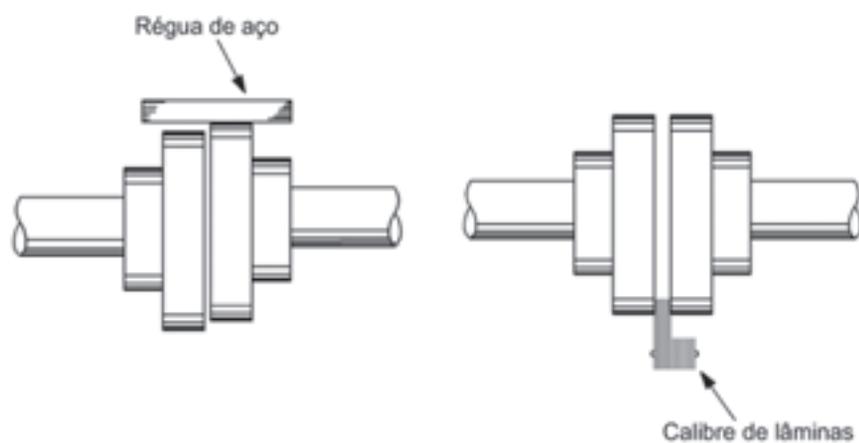
Alinhamento a quente: é feito com a máquina na temperatura normal de operação.

Normalmente as máquinas estão sujeitas a dilatações ou contrações térmicas, porque funcionam em temperaturas diferentes da temperatura ambiente.

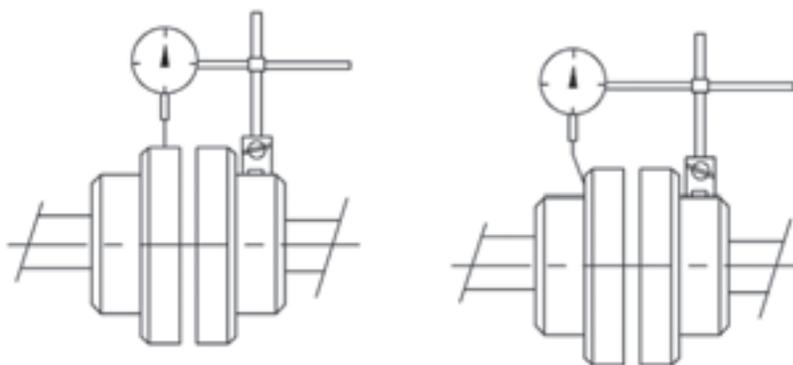
Conseqüentemente, essas dilatações provocarão mudanças nas posições relativas de seus eixos. A meta final é manter a colinearidade (mesma linha de centro) das linhas de centro dos eixos durante o período de funcionamento das máquinas. Alguns fabricantes de bombas fornecem a curva de desalinhamento a frio que possibilita alinhamento perfeito a quente.

As figuras a seguir mostram alinhamentos feitos com régua e por meio de relógio comparador.

**Figura 95 – Alinhamento com régua ou calibre de lâminas**



**Figura 96 – Alinhamento com relógio comparador**



### **Fique ligado!**

Alinhamento com dispositivo a laser.

Por razões de agilidade e precisão, deve ser dada preferência ao alinhamento a laser.

Figura 97 – Alinhamento a laser



Todas as transmissões perdem potência no acionamento, por imprecisão na fabricação, montagem, tratamentos térmicos e desbalanceamentos.

A seguir uma tabela relaciona os rendimentos dos principais tipos de acionamentos e informa o padrão de desalinhamento máximo permitido.

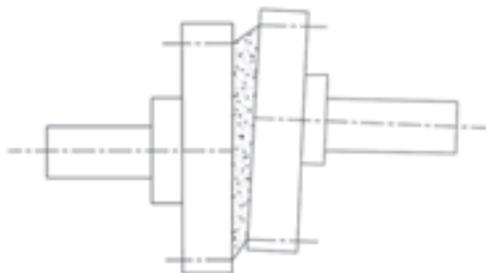
Tabela 5 – Rendimento de acionamentos

Tipo de Acoplamento	Faixa de Rendimento (%)
Direito	100
Embreagem Eletromagnética	87 - 98
Polia com Correia Plana	95 - 98
Polia com Correia em V	97 - 99
Engrenagem	96 - 99
Roda Dentada (Correia)	97 - 98
Cardã	25 - 100
Acoplamento Hidráulico	100

## Voltando ao desafio

Na maioria das vezes as bases de fixação de motores e máquinas sofrem desalinhamentos. Vimos que, para utilizarmos acoplamentos rígidos, necessitamos de bases perfeitamente alinhadas, e no desalinhamento angular não temos os componentes perfeitamente alinhados.

Ocorre desalinhamento tipo angular entre eixos que apresentam um ângulo entre sua montagem conforme mostrado na figura.



Podemos utilizar vários tipos de acoplamentos para compensar o desalinhamento angular.

Podemos indicar o acoplamento tipo grade que é um dos mais utilizados. É apropriado para transmissão com grandes torques e compensam todos os tipos de desalinhamentos, inclusive o desalinhamento angular.

Outra sugestão é usar o acoplamento tipo espiral. Compensam desalinhamentos axiais, angulares e desalinhamentos radiais. Esses acoplamentos apresentam características de torque limitado se comparados aos outros.

## Resumindo

Neste capítulo estudamos as aplicações dos acionamentos mecânicos que, combinados com os motores elétricos, são utilizados nas indústrias. Nosso interesse é melhorar sempre o rendimento nas transmissões, para não perdermos potência nos acionamentos. Perda de potência representa dinheiro jogado fora.

## Aprenda mais

Uma boa forma de aprender mais sobre o assunto é visitar feiras de equipamentos. Também é recomendada a leitura de catálogos de fabricantes de engrenagens, correias em V, tais como: Gates, Goodyear. Fabricantes de redutores também podem ser consultados: *Falk, Flender, Transmotéc*, por exemplo, possuem diversas informações referentes aos seus equipamentos.



## Capítulo 5

---

# MANUTENÇÃO DAS MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

### Iniciando nossa conversa

A manutenção tem a difícil tarefa de manter os equipamentos e instalações das fábricas em condições favoráveis de trabalho sempre gastando pouco. Para isso, ela é organizada envolvendo a parte mecânica dos equipamentos e a parte elétrica. Muitas vezes envolve riscos de acidentes por exigir de trabalho em alturas, em espaços confinados, execução de soldas em ambientes com risco de explosões.

Neste capítulo são descritas as formas de atuação da manutenção, corretiva, preventiva e preditiva.

### Objetivos

Os objetivos de estudo deste capítulo são:

- reconhecer o objetivo da manutenção na sua empresa;
- identificar os tipos de manutenção existentes e as características de cada forma;
- relacionar as formas de manutenção com a eficiência e os custos de manutenção;
- conhecer como a manutenção se organiza para atender às ocorrências;
- reconhecer a importância da lubrificação para os equipamentos mecânicos;
- entender algumas manutenções recomendadas nas máquinas.

## Um desafio para você

Sua empresa fará no final do ano uma parada programada para executar a manutenção dos equipamentos existentes em sua linha de produção. Seu trabalho será: em parceria com a manutenção fazer o relatório de manutenção das ações efetuadas na correia transportadora. Terá que descrever e acompanhar os testes efetuados na estrutura metálica e ver se aparecem trincas nas soldas. Verificar o estado em que se encontra a correia transportadora, apresentando rasgaduras, descolamento do revestimento. Vamos ajudá-lo nessa tarefa.

## Continuando nossa conversa

### Manutenção de correias transportadoras

Podemos definir a manutenção como um conjunto de atividades que têm como objetivo conservar em condições operacionais satisfatórias o patrimônio da empresa, prédios, máquinas, utilidades, etc.



#### Fique ligado!

As atividades de manutenção podem ser corretivas e preventivas.

A manutenção corretiva limita-se a atuar de forma emergencial, isto é, após a quebra ou colapso da máquina são alocados os recursos e a manutenção tem a difícil tarefa de localizar e sanar o defeito, e colocar novamente o equipamento em operação.

A manutenção preventiva trabalha de acordo com um programa previamente traçado em que são estabelecidas paradas periódicas para que sejam feitas inspeções e trocas de peças, de acordo com pré-dimensionamento de vida útil das referidas peças, baseadas em um trabalho de coleta de dados e engenharia de confiabilidade.

Uma outra forma de atuar preventivamente com controle do equipamento é por meio da manutenção preditiva. É efetuada com a máquina em funcionamento utilizando-se instrumentos que podem prever as falhas e determinar trocas de componentes. Normalmente se utilizam *analisadores de vibrações*.

**Figura 98 – Analisador de vibrações**



### **Fique ligado!**

As organizações industriais devem procurar sempre a adoção de métodos preventivos em vez da pouca eficiência do método corretivo.

## **Gestão e administração da manutenção**

Para introduzi-lo no tema, apresentamos a definição de três termos muito importantes para o nosso estudo: administração, gestão e sistema de gestão.

**Gestão:** ação de gerenciamento das atividades de um Programa de Manutenção.

**Administração:** ação de administrar o conjunto de princípios, normas e funções, com o objetivo de ordenar a eficiência para se obter resultados no Programa.

Sistema de gestão: conjunto de estratégias, táticas, ações e controles destinados a converter recursos em resultados.

## Programa de manutenção preventiva

Para desenvolver um programa de manutenção preventiva, é necessário implantar ações integradas com esse objetivo. A seguir é apresentada uma relação de ações voltadas para esse fim.

- Estabelecimento de um Departamento de Manutenção.
- Organização deste Departamento.
- Criação e implantação de fichas, relatórios arquivos com pastas de máquinas etc.
- Treinamento do pessoal envolvido: mecânicos, eletricitas de manutenção e operadores de máquinas.
- Inspeções periódicas dos equipamentos pelos operadores de máquinas e lubrificadores que foram previamente treinados no programa de manutenção preventiva.
- Coleta de dados, isto é, levantamento de informações em manuais, catálogos, consultas ao fabricante, aos usuários etc. Poderá ser organizado um programa preventivo para algumas máquinas.
- Emissão de relatórios que servirão para aumentar a confiabilidade no sistema montado.



### Fique ligado!

Apurar qual foi a causa da falha do equipamento e como tomar medidas para que, no futuro, não haja repetição de atividades de análise de danos e defeitos. Dessa forma, é possível estabelecer ações preventivas que assegurem uma longa vida às peças e componentes da correia.

## Custos de manutenção

O levantamento dos custos de manutenção permite:

- apropriar os gastos com materiais de reposição utilizados na empresa;
- apropriar os gastos de mão-de-obra empregada na empresa;
- servir de instrumento gerencial para tomada de decisões sobre substituições e reformas de máquinas e equipamentos.

Observe o gráfico a seguir.

Gráfico 1 – Custos de manutenção



Fonte: Abramam

## Engenharia de confiabilidade

É a probabilidade de o equipamento, sistema ou planta desempenhar sua função por um período de tempo estabelecido e sob condições definidas.



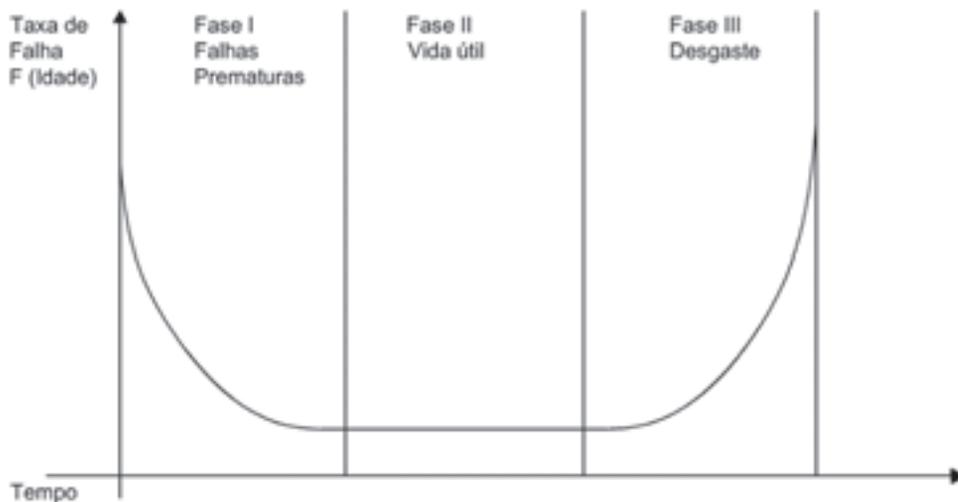
## Fique ligado!

Confiabilidade é uma expectativa de desempenho que, normalmente, é definida no projeto do equipamento.

As máquinas são constituídas por peças separadas que são montadas fazendo parte de um todo. Por exemplo: em um redutor de 3 eixos com engrenagens helicoidais, temos eixos, engrenagens e rolamentos. Quando ocorre uma pane, o redutor não se quebra todo. Pode ocorrer a quebra de um eixo, a quebra de um rolamento ou a quebra de um ou mais dentes do conjunto de rodas.

Analise o gráfico da Figura 99.

**Figura 99 – Taxa de falhas X tempo/gráfico da banheira**

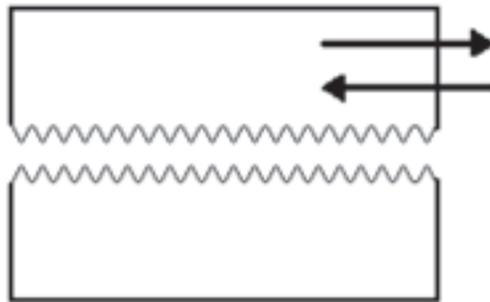


Sempre que se coloca em marcha um equipamento, o risco de quebra é bastante elevado no início de funcionamento. Se o equipamento não foi dimensionado adequadamente para as condições de trabalho, algum dos seus componentes sofrerá dano que ocasionará o colapso da máquina ou do equipamento. Se o equipamento não quebrar, ele irá entrar na fase de ajuste dos componentes, so-

frerá um período de amaciamento. Podemos notar no óleo lubrificante a presença de partículas metálicas que estão compondo os mancais, os retentores, rolamentos, etc.

A próxima figura representa o atrito sólido entre superfícies.

**Figura 100 – Desgaste inicial/amaciamento**



Estas irregularidades são provocadas por sulcos ou marcas deixadas pela ferramenta que atuou sobre a superfície da peça. É fundamental o acabamento superficial onde houver desgaste, atrito, resistência à fadiga, de peças que trabalham com cargas cíclicas.

No Brasil, os conceitos de rugosidade superficial são definidos pela norma ABNT NBR 6405-1985.

O acabamento superficial é medido pela rugosidade superficial, que é expressa em microns (mm ou m).



### **Fique ligado!**

Após o período de amaciamento, a máquina passa a funcionar na fase de vida útil, que será tanto maior quanto melhor forem suas condições de trabalho e manutenção.

Após um longo tempo de trabalho, algum componente entrará em colapso ocasionando a parada da mesma. Antes da parada, a máquina começa a dar sinais de problema. Esses sinais poderão ser:

- vazamentos de óleo;
- ruídos;
- vibrações;
- choques;
- diferenças dimensionais nas peças fabricadas;
- diminuição de capacidade de produção; e
- acidentes.



### Fique ligado!

Toda interrupção no processo de produção acarreta perdas. Perdas são atividades que geram custo e não adicionam valor ao produto. Exemplo de perdas:

- transporte de peças;
- quebras de máquinas;
- paradas por manutenção planejada;
- tempos de espera;
- superprodução.

As correias transportadoras funcionam em combinação com máquinas e equipamentos da empresa. Portanto, se houver um colapso em algum dos componentes da correia haverá uma interrupção no fornecimento das matérias-primas. É necessário estabelecer um plano de manutenção preventiva dos componentes, buscando antecipar a falha para que não haja paradas não programadas.

Em algumas empresas, por exemplo, o ambiente é bastante agressivo, contaminado com particulados em suspensão que causam desgaste abrasivo em eixos, engrenagens, redutores, componentes elétricos.

Outras empresas trabalham com a presença de calor, temperaturas elevadas por desmoldagem de peças fundidas, por transporte de peças forjadas, causando um desgaste acelerado nos equipamentos. Há situações bastante críticas que combinam calor com ambientes contaminados.

As correias transportadoras são constituídas por elementos de máquinas descritas nos capítulos anteriores. Quando a máquina quebra, ela não quebra toda, mas sim, um de seus componentes. Pode se dar o rompimento de correias em V, abertura de elos das correntes de acionamento, quebra de eixos, quebra de rolamentos, rasgamento da correia, abertura das emendas, trincamento ou quebra nas estruturas de sustentação. Esses defeitos interrompem a atividade da máquina ou equipamento provocando seu conserto.



### **Fique ligado!**

O estabelecimento de algumas inspeções, rotinas de verificações e consertos podem aumentar a vida útil da correia e dos seus componentes.

## **Estruturas (bases de máquinas)**

Geralmente metálicas, submetidas a esforços combinados de tração, flexão, compressão. Essas estruturas normalmente são soldadas em forma de treliças.



## Atenção!

### Cuidados com as estruturas

- Quando expostas ao tempo, podem sofrer processo de corrosão. Portanto, é importante a proteção superficial com pintura.
- Deve ser verificada a sua ancoragem nas bases, pois são estruturas sujeitas à vibração. Quebra de parafusos chumbadores, corrosão, afrouxamento de porcas, arruelas devem ser verificados.
- As soldas devem ser ensaiadas com uso de líquidos penetrantes, para detectar presença de trincas.
- O líquido penetrante é aplicado normalmente com lata de aerossol sobre a superfície a ser ensaiada e, então, age por um tempo de penetração.
- O ensaio está baseado no fenômeno da capilaridade, que é o poder de penetração de um líquido em áreas extremamente pequenas. Devido a sua baixa tensão superficial, é considerado um ensaio não destrutivo e apresenta boa eficiência.

Observe a Figura 101.

**Figura 101 – Vista de uma trinca**



Na maioria dos casos, as trincas de fadiga têm início na superfície do componente. Estas trincas podem ser nucleadas durante o serviço ou podem estar presentes no material usado na fabricação. As trincas começam em imperfeições ou discontinuidades do material, ou seja, em locais onde haja concentrações de tensões.

## Manutenção de elementos de máquinas

Apresentamos a seguir alguns elementos de máquinas e diversas dicas para sua manutenção.

### Correias em V

As correias em V são os conectores flexíveis de maior utilização na indústria.

A seguir são apresentadas algumas regras práticas para utilização das correias em V.

- As polias em V devem acompanhar as dimensões indicadas na tabela.
- As polias, tanto a condutora como a conduzida, devem estar perfeitamente alinhadas e os eixos paralelos.
- As correias devem ser montadas sem forçá-las (regular o esticador).
- Os canais das polias devem estar livres de rebarbas, porosidade e defeitos de usinagem.
- A transmissão deve estar protegida contra respingo de óleo lubrificante.
- Todas as correias do jogo devem ser trocadas simultaneamente e enquadrar-se na tolerância do jogo.

Os principais defeitos, que podem ocorrer nas correias em V, são:

- a correia se deteriora ou se torna pastosa;
- desgaste excessivo das laterais;
- ruptura nas laterais;
- deterioração da base da correia;
- distorção da correia;
- ruptura da correia;
- perda de potência na transmissão;
- deslizamento da correia na polia;
- quebra do eixo de acionamento ou da máquina conduzida;
- vibração excessiva na transmissão.

Alguns cuidados importantes para a manutenção de correias em V:

- Dois a três dias depois de efetuar a troca de correias elas apresentam o maior esticamento. Verificar a tensão e efetuar seu esticamento;
- Caso as correias toquem o fundo da canaleta da polia, usinar o fundo da mesma, caso isso não altere a rotação da máquina. Revestir as polias com materiais resistentes ao desgaste;
- Não existe conserto para correia em V estragada;
- Nunca trabalhe com as correias sem o protetor.

## **Transmissão por correntes**

Para obter uma longa vida e boa eficiência da transmissão por engrenagens, é necessário observar que:

- o número de dentes mínimo do pinhão nas transmissões comuns deve ser de 19 nos passos médios e de 17 nos passos pequenos;
- o número máximo de dentes de qualquer das rodas não deve exceder a 150;
- o ângulo de abraçamento da roda motriz não deve ser menor do que 120° (graus);
- as rodas dentadas devem ser alinhadas e seus eixos nivelados;
- o número de elos de correntes de rolos deve ser par.

## **Correntes de rolos**

Com relação as correntes de rolos, é necessário estabelecer um plano de manutenção preventiva nos conjuntos. Para tanto, deve-se:

- verificar o alinhamento das rodas dentadas;
- verificar o desgaste das rodas dentadas por análise dimensional ou com uso de chapelonas;
- nunca usar correntes novas com rodas dentadas velhas; trocar todo conjunto;
- não colocar elos novos de correntes em correntes gastas;
- trocar a posição da corrente nos dentes das rodas pois a corrente já fez cama;

- estabelecer períodos de paradas, remover correntes, remover sujeira com desengraxante, mergulhá-la em óleo e remover o excesso por escorrimento;
- lubrificar corrente com óleo; evitar graxa.

A seguir apresentamos um quadro com defeitos que podem ocorrer nas correntes.

#### Quadro 4 – Defeitos em operação

Defeito	Causa provável	Ação corretiva
Ruído	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desgaste excessivo da corrente;</li> <li>• Desgaste excessivo da engrenagem;</li> <li>• Desalinhamento do conjunto.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trocar corrente;</li> <li>• Trocar engrenagem;</li> <li>• Alinhar o conjunto.</li> </ul>
Superaquecimento	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velocidade excessiva;</li> <li>• Falta de lubrificação;</li> <li>• Excesso de lubrificação.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir velocidade;</li> <li>• Providenciar lubrificação;</li> <li>• Diminuir nível de lubrificante.</li> </ul>
Vibração corrente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Folga corrente;</li> <li>• Desgaste desigual corrente ou engrenagem;</li> <li>• Carga pulsante.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trocar a corrente;</li> <li>• Providenciar o deslocamento da corrente na roda;</li> <li>• Colocar dispositivo de amortecimento de carga.</li> </ul>
Pinos buchas e roletes quebrados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Corrosão;</li> <li>• Choque violentes;</li> <li>• Aplicação de cargas instantâneas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar ambiente, proteger contra oxidação;</li> <li>• Aumentar passo roda e corrente.</li> </ul>
Corrente fica dura	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Enripamento;</li> <li>• Lubrificação deficiente;</li> <li>• Depósito nas articulações.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remover a corrente lavar e lubrificar;</li> <li>• Corrigir lubrificação;</li> <li>• Proteger contra penetração de material estranho.</li> </ul>
Pinos caem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pinos mal montados;</li> <li>• Vibração;</li> <li>• Pinos batendo em obstruções.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remontar pinos;</li> <li>• Reduzir vibração;</li> <li>• Remover obstruções.</li> </ul>
Dentes rodas quebrados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Choques;</li> <li>• Velocidades excessivas;</li> <li>• Partidas com cargas grandes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eliminar choques;</li> <li>• Diminuir velocidade;</li> <li>• Arrancar ser carga</li> </ul>

## Danos nas engrenagens

Segundo as especificações da AGMA (*American Gear Manufactory*), dividimos as falhas de engrenagens em quatro grupos:

- quebra;
- desgaste;
- fadiga superficial; e
- escoamento plástico.

Existem dois problemas fundamentais que podem causar danos a uma engrenagem: *fratura por fadiga*, causada pelas cargas alternadas, e *desgaste na superfície*.

### Quebra por fadiga do material

Engrenagens de dentes retos têm dentes paralelos ao eixo de rotação e são usadas para transmitir movimento de um eixo a outro. A transmissão de potência se dá por contato em toda a superfície do dente (transmissão por choque).

As engrenagens estão sujeitas a cargas cíclicas e sabe-se que um material sujeito a esforços cíclicos irá falhar. Estas falhas recebem o nome de *falhas de fadiga*.

A seguir mostramos algumas figuras que representam esses defeitos nas engrenagens.

**Figura 102 – Quebra dente da engrenagem**



As trincas começam em imperfeições ou descontinuidades do material, ou seja, em locais onde haja concentrações de tensões. Existem três estágios básicos para as trincas:

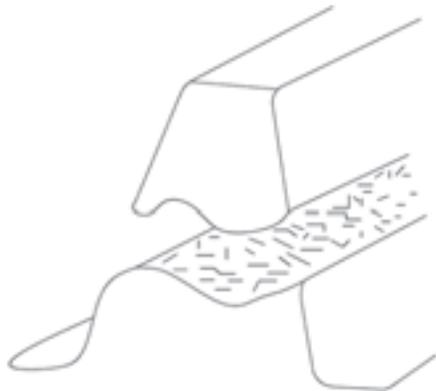
- nucleação;
- propagação estável da trinca; e
- fratura brusca devido à propagação instável da trinca.

Uma trinca começa geralmente, do lado da carga, num ponto de concentração de tensões próximo da base do dente, e termina com a quebra total, no sentido longitudinal ou diagonal, para cima.

### **Quebra por sobrecarga**

Essas quebras são causadas, geralmente, por reversões de rotação e partidas bruscas sob carga. Podem ser causadas, ainda, por entrada de corpos estranhos entre o engrenamento e por quedas de parafusos, arruelas e porcas que caem sobre o engrenamento.

**Figura 103 – Quebra de dente da engrenagem**

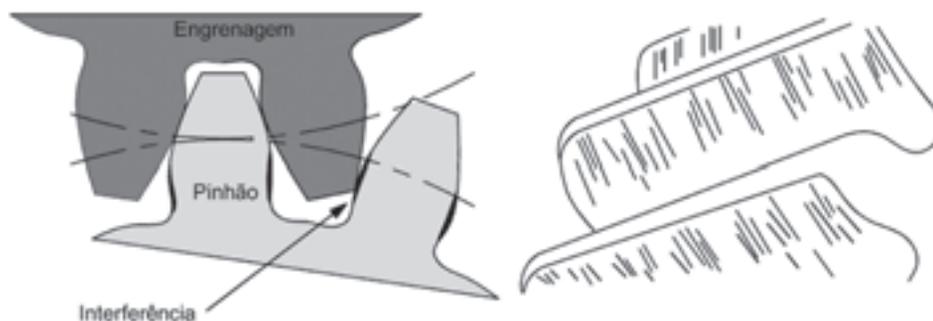


### **Desgaste abrasivo**

É provocado pela presença de impurezas ou corpos estranhos que se interpõem entre os dentes da engrenagem. As impurezas ou corpos estranhos podem estar localizados no fundo da caixa de engrenagens ou no óleo usado nas engrenagens. Esse óleo pode estar contaminado com areia ou carvão, o que provocará a abrasão nos dentes.

**Figura 104 – Desgaste nos dentes****Desgaste por interferência**

Ocorre por uma falha no engrenamento dos dentes e está relacionada ao número mínimo de dentes requeridos para a transmissão. Ocorre a interferência quando a cabeça do dente da engrenagem tende a penetrar no flanco do dente do pinhão. Muitas vezes os dentes são corrigidos (mudança na geometria do dente) para eliminar a interferência. O desgaste por interferência é provocado por um contato inadequado, em que a carga total está concentrada sobre o flanco impulsor, e a ponta do dente da engrenagem impulsionada.

**Figura 105 – Desgaste por interferência**

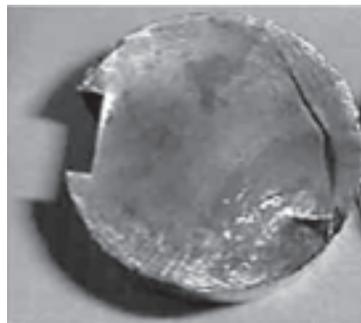
## Danos nos eixos

Nos eixos aparecem dois tipos de danos: *quebra e desgaste*.

A causa da quebra se dá por sobrecarga ou fadiga. A quebra por sobrecarga ocorre quando o eixo está sendo solicitado acima da sua capacidade de transmissão de potência, superando a resistência do material utilizado na fabricação. A fadiga é a perda de resistência sofrida pelo material do eixo, devido às solicitações no decorrer do tempo.

Veja, na ilustração a seguir, um exemplo de ruptura por fadiga.

**Figura 106 – Ruptura por fadiga**



O desgaste de um eixo é causado pelos seguintes fatores:

- engripamento do rolamento;
- óleo lubrificante contaminado;
- excesso de tensão na correia, no caso de eixos-árvore acionados por correias;
- perda de dureza por superaquecimento;
- falta de lubrificante.

Agora, vamos estudar um tópico muito importante para o bom funcionamento das máquinas e de seus elementos: a lubrificação.

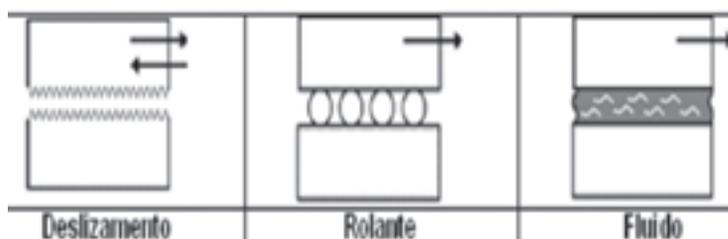
## Lubrificação

Qualquer tipo de movimento entre corpos sólidos, líquidos ou gases, dá origem ao atrito, que se opõe a este movimento. Assim sendo, o atrito é a resistência que se manifesta quando tentamos deslizar um corpo sobre outro.

Tipos de atrito

- deslizamento;
- rolante;
- fluido.

Figura 107 – Tipos de atrito



### Fique ligado!

O atrito produz calor, que entre outros inconvenientes, representa uma perda direta de energia. Portanto, é de grande importância reduzir o atrito, para evitar o aquecimento e a perda de energia, bem como diminuir o ruído e o desgaste das peças, eliminando riscos de ruptura das mesmas.

Entre os três tipos de atritos, o menor é o atrito fluido. A lubrificação deste consiste na interposição de uma substância fluida entre duas superfícies, evitando, assim, o contato do sólido com o sólido, produzindo o atrito fluido.

Os lubrificantes reduzem grandemente o atrito por deslizamentos, sendo sua principal função, evitar o desgaste.



## Fique ligado!

Lubrificante

É qualquer material que, interposto entre duas superfícies atritantes, reduza o atrito.

## Classificação da lubrificação

A lubrificação pode ser classificada de acordo com a película lubrificante em:

- total plena ou fluida;
- limite ou restrita; e
- mista.

**Lubrificação total, plana ou fluida:** é aquela em que uma película de lubrificante impede o contato metálico entre as superfícies.

**Lubrificação limite ou restrita:** é aquela em que uma película de lubrificante mais fina permite o contato metálico de vez em quando.

**Lubrificação mista:** quando ocorrem os dois casos anteriores. O contato metálico entre as superfícies ocorre principalmente na partida, na parada e na reversão dos movimentos, quando a película lubrificante torna-se insuficiente.

Para que haja formação da película, o lubrificante deve apresentar:

- adesividade, para aderir às superfícies e durante o movimento das mesmas, ser arrastado por elas; e
- coesividade, para que haja rompimento da película.

## Funções dos lubrificantes

No Quadro 5 conheça as funções dos lubrificantes.

**Quadro 5 – Classificação dos transportadores de acordo com sua característica**

Funções dos Lubrificantes	
Controle do atrito	Produzir atrito fluido, evitando o contato sólido que promove perda de energia.
Controle de desgaste	Evitar o contato entre as superfícies, que provocaria desgaste mútuo e a penetração de partículas sólidas entre as mesmas, que dariam origem à sua erosão.
Controle da temperatura	Refrigerar, como por exemplo, nos motores Volkswagen e nas operações de corte.
Controle da corrosão	Evitar que a ação de ácidos destrua os metais.
Servir como meio isolante	Evitar passagem de corrente elétrica.
Transmissor de força	Funcionar como meio hidráulico, transmitindo força com um mínimo de perda, lubrificar as partes móveis e evitar a corrosão.
Amortecedor de choques	Transferir energia mecânica para energia fluida e amortecer o choque de engrenagens devido às cargas elevadas.
Remover contaminantes	Promover a lavagem evitando partículas estranhas ao meio.
Servir como vedação	Impedir saída de lubrificantes e a entrada de partículas estranhas (função específica das graxas).

## Tipos de lubrificantes

Os lubrificantes podem ser classificados em:

- gasosos;
- líquidos; e
- sólidos.

**Lubrificantes gasosos** – é o caso de se utilizar o ar, gases comuns ou halogenados. São pouco empregados devido à grande pressão necessária para mantê-los entre as superfícies e a vedação exigida.

**Lubrificantes líquidos** – podem ser subdivididos em:

- óleos minerais puros;
- óleos graxos;
- óleos compostos;
- óleos sintéticos; e
- óleos aditivados.

**Lubrificantes pastosos** – podem ser subdivididos em:

- graxa de sabão metálico;
- graxa a base de argila;
- graxa sintética;
- graxas betuminosas; e
- graxa para processo.

**Lubrificantes sólidos** – são de origem mineral como: talco, mica, bissulfeto de molibdênio, etc.

O bissulfeto de molibdênio e o grafite são ótimos para resistirem a elevadas temperaturas ou pressões. Geralmente são aplicados em suspensão, em um líquido que se evapora após a aplicação.

Os óleos de petróleo são universalmente reconhecidos como os mais eficazes, pois são de fácil suprimento, relativamente baratos, estáveis quimicamente e estão à disposição em sua vasta gama de viscosidades.

Seu ponto de ebulição é alto, permanecem fluidos a temperaturas abaixo de  $-40^{\circ}\text{C}$  e, além disso, praticamente inertes, não atacando os metais, protegendo-os ainda contra a ferrugem.

## Características dos óleos lubrificantes

É muito importante conhecer as características dos óleos lubrificantes para que possamos escolher o mais adequado para cada situação. Conheça estas características típicas a seguir.

**Densidade:** é a relação entre o peso do volume de um produto, medido a uma determinada temperatura, e o peso de igual volume de padrão (água), medido a uma outra temperatura.

**Ponto de fulgor:** é a temperatura em que o óleo, quando aquecido em aparelho adequado, desprende os primeiros vapores que se inflamam em contato com uma chama. Sob o ponto de vista da segurança, esta característica nos permite saber a temperatura máxima com que os produtos podem ser estocados e manuseados.

**Ponto de combustão:** é a temperatura na qual o óleo, aquecido no mesmo aparelho para a determinação do ponto de fulgor, continuará uma vez inflamado, a queimar por mais 5 segundos.

**Ponto de fluidez:** é a temperatura em que o óleo, submetido a um processo de resfriamento, deixa de escoar livremente. Esta característica tem grande importância no caso especial dos lubrificantes utilizados em compressores frigoríficos.

**Viscosidade:** é a medida da resistência ao escoamento, apresentada por um óleo. De todas as características físicas, é a viscosidade a que apresenta maior interesse em relação à propriedade lubrificante dos óleos.

**Número de neutralização:** determina a acidez ou alcalinidade de um produto.

## Métodos de lubrificação

Os problemas relativos à lubrificação de máquinas e equipamentos são inúmeros. Cada condição particular de movimento e de atrito entre as partes metálicas exige um determinado tipo de produto.

Os óleos mais usados no setor industrial não podem deixar de usar aditivos fundamentais para o seu desempenho e para a proteção da máquina. E de modo

quase universal, todos os lubrificantes industriais obedecem a regras fundamentais de composição. Assim, os óleos utilizados em sistemas hidráulicos são combinados com anticorrosivos, antiespumantes e antiferruginosos. Os óleos para caixas de engrenagens sempre devem ser combinados com aditivos antidesgastes, antiferrugem. Os óleos utilizados em engrenagens abertas devem ser asfálticos. E os lubrificantes para uso, onde o gotejamento é indesejável, devem ser os adesivos.

Continuando nosso estudo, vamos conhecer agora as graxas.

## Graxas

As graxas lubrificantes são consideradas como produtos sólidos ou semifluidos provenientes da dispersão de um agente empossador em um líquido lubrificante. A consistência das graxas pode, então, variar desde o estado sólido até o semi-sólido e se apresentar como uma mistura de produtos petrolíferos com sabões metálicos.

Quanto à textura, as graxas podem ser classificadas em:

- fibrosas; e
- amanteigadas.

A contextura da graxa é determinada pela sua aparência.

**Contexturas amanteigadas:** são macias e oferecem pouca resistência ao torque, por isso são indicadas para lubrificar rolamentos de alta velocidade e prestam-se para lubrificar pontos distantes por meio de tubulações, pois são altamente bombeáveis.

**Contexturas fibrosas:** resistem a serem desalojadas. Produzem fibras longas e têm grande emprego na lubrificação geral de chassis de carros, sujeitos às vibrações nas piores estradas.

Estes produtos fazem uma boa retenção, evitam vazamentos, não exigem aplicações freqüentes e eliminam contaminações. O desempenho de uma graxa depende do sabão que a compõe, do método de fabricação, dos aditivos e do líquido lubrificante utilizado.

A aplicação das graxas se faz pelo *ponto de gota*, uma medida de consistência e dureza relacionada com a viscosidade do produto.

A função do sabão é assegurar o armazenamento do lubrificante e a aderência à superfície lubrificada, oferecendo, simultaneamente, proteção contra poeiras, abrasivos e umidade.

São lubrificadas normalmente por graxa peças expostas ou junções onde a vedação contra escapamento do lubrificante e penetração de contaminantes é mais difícil. Nesse caso temos:

- juntas universais;
- bombas d'água;
- ponteiras de direção;
- jumelos;
- pinos de suspensão;
- engrenagens expostas;
- pontas de eixos;
- rolamentos com lubrificação permanente;
- alguns mancais.

No Quadro 6, veja os tipos de graxas.

### Quadro 6 – Tipos de graxas

Tipo de Graxa	Ponto de Gota	Aplicações
Graxa c/ sabões de cálcio	70°C	Resistente a água. Uso sob temperaturas e pressões baixas.
Graxa de sódio	120°C	Ótimo isolante para a oxidação.
Graxa de alumínio	70°C	Proteção externa de equipamentos.
Graxa de Lítio	180°C	Supera bem o calor. Boas características de bombeamento.



## Fique ligado!

A graxa à base de lítio é o único produto semi-sólido que atende à maioria dos requisitos de uma boa lubrificação.

## Aditivos

Para que o lubrificante se enquadre nas exigências de serviço, existem vários aditivos que podem ser benéficos para uma determinada aplicação e prejudiciais a outras.

Os aditivos são incorporados aos lubrificantes com uma variedade de propósitos e participam em grande parte na melhoria dos lubrificantes, os quais no estado natural não possuem certas características que lhes emprestam os aditivos.

A seleção de um aditivo não é um processo simples, uma vez que a ação física e química do mesmo é obscurecida pela natureza complexa do lubrificante.

Os aditivos mais usados atualmente são apresentados a seguir:

- **Detergentes** – muito usados em óleos para motores de combustão interna, com a finalidade de manter as superfícies internas limpas e dissolver os produtos insolúveis, para não se depositarem nas partes móveis do motor. Funcionam como uma ação de limpeza e são usados como sabões de elevado peso molecular, contendo metais como magnésio, bário e estanho.
- **Dispersantes** – muito usados em óleos para motores de combustão interna, com a finalidade de não deixar que a sujeira retirada pelo detergente se transforme em resíduos de grandes dimensões e fique depositada nas partes metálicas. Mantém em suspensão as pequenas partículas insolúveis do motor. Os aditivos mais utilizados são: sulfatos, alquenil succinimidas, ésteres e poliéteres.
- **Melhoradores de índice de viscosidade** – não deixam que o óleo se altere com o efeito da temperatura. O aditivo, na temperatura ambiente, não entra em ação. À medida que acontece a elevação da mesma, o melhorador de índice de viscosidade começará a reagir, funcionando como se fosse uma espiral se abrindo,

fazendo com que o óleo tenha um aumento de viscosidade. São utilizados os aditivos poliesobutenos, polimetacrilates, polímeros alquil-estireno e outros.

- **Antioxidantes** – retardam a oxidação do óleo. O óleo absorve o oxigênio da atmosfera e esse oxigênio tende a oxidá-lo, resultando em verniz, borra e produtos ácidos. São utilizados, como oxidantes, os aditivos ditiofosfato de zinco, aminas aromáticas, etc.
- **Anticorrosivos** – são aditivos que protegem as superfícies metálicas não-ferrosas. Quando as superfícies metálicas são ferrosas, utilizam-se os aditivos antiferruginosos. Ambos têm a finalidade de proteção, formando uma película nas superfícies metálicas. São utilizados os aditivos anticorrosivos ditiofosfato de zinco e fenóis retardados.
- **Abaixadores do ponto de fluidez** – abaixam o ponto de fluidez dos óleos lubrificantes, fazendo-os suportarem baixas temperaturas sem que se congelem. Atuam impedindo que os cristais de cera se formem e, assim, não deixam o óleo se cristalizar, permitindo a sua fluidez. São utilizados os aditivos polimetacrilados, poliacrilamidas, entre outros.
- **Extrema pressão** – reduzem o atrito e evitam o arranhamento e o gripamento dos elementos de máquinas. Atuam reagindo com a superfície do metal, formando uma substância semi-sólida em volta dos metais presentes. Para formar esta capa de proteção são necessárias extrema pressão e altas temperaturas. Os aditivos mais utilizados são: enxofre, cloro, fósforo, chumbo, óleo de banha sulfurado, entre outros.
- **Antiespumantes** – impedem a formação de espuma no óleo agitado. As bolhas de ar formadas durante a agitação nada mais são do que vazios de lubrificantes e causam, nesses pontos sem óleo, um contato com metal, aumentando o atrito e o desgaste dos elementos de máquinas.
- **Agentes de oleosidade** – conferem ao lubrificante a propriedade de reduzir o atrito, principalmente em baixas velocidades de deslizamento.

Este fenômeno ocorre quando um fluido dá menor coeficiente de atrito do que outro de mesma viscosidade. São utilizados os aditivos ácidos graxos.

## Classificação para óleos de motor

A Sociedade de Engenheiros Automotivos (SAE) adotou a classificação apresentada na Tabela 6 para óleos de motores, transmissões e diferenciais.

**Tabela 6 – Viscosidade SAE**

Nº SAE	SSU a -18°C	SSU a 38,9°C	SSU a 100°C
5W	máx. 6000	-	-
10W	máx. 12000	-	-
20W	máx. 48000	-	-
5	-	60-150	...40
10	-	150-250	40-45
20	-	250-400	45-58
30	-	400-600	58-70
40	-	600-850	70-85
50	-	850-1500	85-110
90	-	-	75-120
140	-	-	120-200
250	-	-	200...

## Escolha de viscosidade

A Associação Americana de Fabricantes de Engrenagens padronizou os diversos graus de viscosidade com um número AGMA. Esta classificação somente será válida para o setor industrial, aparecendo na chapa de indicação do lubrificante da máquina ou em seu catálogo. Isso é válido para engrenagens fechadas. Observe a Tabela 7.

Tabela 7 – Classificação AGMA

Número	Faixa de viscosidade em SSU, Seybolt segundo universal	
	38°C	99°C
1	180-240	
2	280-360	
3	490-700	
4	700-1000	
5		85-105
6		105-125
7		125-150
8		150-190
9		350-550
10		900-1200
11		1800-2500

O grau 8 pode ser composto com óleo graxo, passando para 8 A com faixa de 190-250. Quando o lubrificante possuir aditivo de extrema pressão, virá, após o número, as letras – EP. Ex.: 2EP.

### Lubrificação de mancais

Como descrevemos anteriormente, os mancais asseguram a sujeição do eixo, seu alinhamento e lubrificação. Vamos ver agora como se faz a lubrificação dos mancais.

### Lubrificação de mancais de rolamento

A lubrificação dos rolamentos pode ser feita com graxa ou óleo, dependendo da aplicação. Como regra geral, a caixa deve ser cheia apenas até um terço ou metade de seu espaço livre com uma graxa de boa qualidade. É necessário tomar cuidado com a contaminação da graxa que poderá causar dano à pista de rolamento.

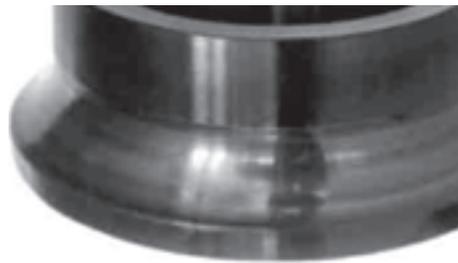
Os itens a serem verificados durante a operação de um mancal de rolamento incluem:

- ruído anormal;
- aumento excessivo de temperatura;
- vazamentos na caixa de mancal;
- descoloração do lubrificante.

Causas da elevação de temperatura:

- excesso de lubrificante;
- pequena folga interna do rolamento;
- montagem malfeita;
- atrito excessivo do anel de vedação;
- rotações muito altas;
- sistema de lubrificação inadequado.

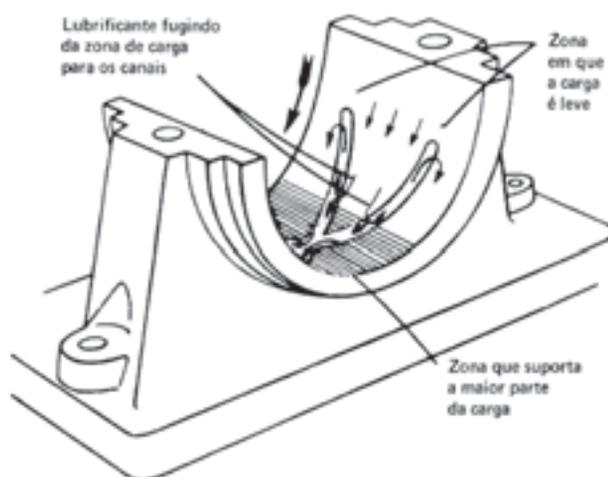
**Figura 108 – Rolamento deteriorado por lubrificação deficiente**



### **Lubrificação de mancais de deslizamento**

Os mancais de deslizamento podem ser lubrificados com óleo ou com graxa, de acordo com a rotação e a carga leve ou pesada do ambiente.

**Figura 109 – Mancais de deslizamento**



## **Lubrificação em engrenagens**

A melhor maneira de se lubrificar é colocar as engrenagens em caixas, de modo que elas fiquem parcialmente submergidas. A rotação da engrenagem leva o lubrificante para regiões que não estão submergidas, chamada *lubrificação por salpico*. O óleo deve ser limpo, livre de contaminações, sendo trocado periodicamente. Conjuntos de engrenagens abertas, isto é, que ficam em caixas, devem ser sempre lubrificadas usando graxa, recomendada somente para baixas velocidades e cargas.

## **Acessórios e equipamentos**

Os acessórios para lubrificação apareceram simultaneamente ao lubrificante e, ao longo do tempo, da mesma forma que as máquinas, equipamentos e o próprio lubrificante evoluíram e atendem a qualquer necessidade de lubrificação, seja manual ou automática.

Os acessórios ou equipamentos para lubrificação são classificados em duas famílias: *ponto a ponto* e *centralizado*.

### **Lubrificação ponto a ponto**

A lubrificação é realizada individualmente em cada ponto de aplicação, com o uso de pinos graxeiros, bombas de alavanca ou propulsoras e copos dosadores.

## Lubrificação centralizada

A lubrificação centralizada é um método seguro e eficiente que aplica o lubrificante simultaneamente a todos os pontos de atrito de máquinas ou equipamentos na quantidade, pressões e frequências corretas.



### Fique ligado!

A lubrificação centralizada reduz até 80% da quantidade dos lubrificantes e pelo menos 20% da energia consumida pelos equipamentos lubrificados.

Normalmente, só essas duas economias já justificariam o custo de uma instalação. Além disso, existem ainda outros benefícios que este sistema de lubrificação promove:

- amortiza o investimento em curto prazo;
- aumenta a produção e reduz os custos de produção;
- prolonga a vida útil da máquina;
- promove o funcionamento mais suave das máquinas;
- proporciona lubrificação perfeita;
- menor número de paralisações, programadas ou não;
- menor exposição humana aos riscos de acidentes;
- melhor acesso do lubrificante aos pontos por lubrificar em movimento.

## Manutenção em correias

A seguir apresentamos quadros que relacionam os defeitos mais comuns que ocorrem nas correias transportadoras e como resolvê-los.

### Quadro 7 – Causas de defeitos e correções

Causas	Correções
Roletes que antecedem o desvio não estão perpendiculares à linha de centro da correia.	Avançar no sentido do trabalho as pontas dos roletes, para os quais a correia está fugindo.
Estrutura empenada	Esticar arame ao longo da estrutura, comprovar o desvio e corrigi-lo.
Rolos travados	Substituí-los, melhorar a manutenção, procedendo a lubrificação e inspeções periódicas.
Acúmulo de material nos rolos	Colocar limpadores e evitar queda do material no retorno.
Tambores ou roletes deslinhados	Alinhar os tambores ou roletes.
Estrutura fora de nível	Corrigir a estrutura, nivelando-a.

Fonte: Manual das Correias Mercúrio

### Quadro 8 – Causa de defeitos e correções

Causas	Correções
Tensão excessiva	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Aumentar a velocidade, mantendo a mesma tonelagem.</li> <li>b) Reduzir a tonelagem, mantendo a velocidade.</li> <li>c) Reduzir atrito das partes móveis e melhorar a manutenção.</li> <li>d) Reduzir a tensão, revestir o tambor de acionamento e aplicar esticador automático.</li> </ul>
Posição inicial do contrapeso inadequada	A posição inicial do contrapeso deve ser suficiente para o alongamento natural da correia.
Contrapeso muito pesado	Reavaliar a tensão necessária para o esticamento da correia.

Fonte: Manual das Correias Mercúrio

### Riscos de incêndio

Na manutenção podem ocorrer muitos acidentes, há riscos de incêndios, trabalhos em alturas, trabalhos de manutenção de equipamentos em espaços confinados e em ambientes explosivos. Uma das formas de apagar o fogo no seu início é com o uso de extintores de incêndios. É preciso, pois, conhecer suas características, como deve ser aplicado e para que tipo de incêndio. Por exemplo, em incêndios elétricos jamais utilizar extintores com água.

## Fogo

Você sabe como se origina o fogo? Quais são os seus componentes? Os componentes do fogo são:

- o calor – elemento que serve para dar início a um incêndio, mantém e aumenta a sua propagação;
- o oxigênio – necessário para a combustão e está presente no ar que nos envolve;
- o combustível – elemento que serve de propagação do fogo, pode ser sólido, líquido ou gasoso.

### Reação em cadeia

A reação em cadeia torna a queima auto-sustentável. O calor irradiado das chamas atinge o combustível e este é decomposto em partículas menores, que se combinam com o oxigênio e queimam, irradiando outra vez calor para o combustível, formando um ciclo constante.

Figura 110 – Tetraedro do fogo



## Classes de incêndio

A seguir apresentamos um quadro com os tipos de incêndios.

### Quadro 9 – Classes de incêndio

Classes de incêndio	
Classe A	Fogo em combustíveis comuns que deixam resíduos. O resfriamento é o melhor método de extinção. Exemplo: fogo em papel, madeira, tecidos, etc.
Classe B	Fogo em líquidos inflamáveis. O abafamento é o melhor método de extinção. Exemplo: Fogo em gasolina, óleo e querosene, etc.
Classe C	Fogo em equipamentos elétricos energizados. O agente extintor ideal é o pó químico e o gás carbônico. Exemplo: fogo em motores transformadores, geradores, etc.
Classe D	Fogo em metais combustíveis. O agente extintor ideal é o pó químico especial. Exemplo: fogo em zinco, alumínio, magnésio, etc.

## Tipos de extintores de incêndio

Vamos agora estudar alguns tipos de extintores.

### Extintor de pó químico seco

O agente extintor pode ser o bicarbonato de sódio ou de potássio que recebem um tratamento para torná-los absorventes de umidade. O agente propulsor pode ser o gás carbônico ou nitrogênio. O agente extintor forma uma nuvem de pó sobre a chama que visa à exclusão do oxigênio; posteriormente são acrescentados à nuvem, gás carbônico e o vapor d'água, devido à queima do pó.

Os extintores de pó químico seco podem ser usados nas classes de incêndios, B, C, e D, mas não devem ser usados em centrais telefônicas ou computadores porque deixam resíduos. Como não tem boa atuação nos incêndios da classe A e é preciso completar a extinção jogando água.

**Figura 111 – Extintor de pó químico**



**Extintor de gás carbônico (CO<sub>2</sub>)**

O gás carbônico é material não-condutor de energia elétrica. Ele atua sobre o fogo onde a eletricidade está presente. Ao ser acionado o extintor, o gás é liberado formando uma nuvem que abafa o fogo. É empregado para extinguir pequenos focos de fogo em líquidos inflamáveis (Classe B) e em pequenos equipamentos energizados (Classe C).

**Figura 112 – Extintor de CO<sub>2</sub>**



### **Extintor de água pressurizada: pressão permanente**

Não é provido de cilindro de gás propelente. A água permanece sob pressão dentro do aparelho. Para funcionar, necessita apenas da abertura do registro de passagem do líquido extintor.

Combate princípios de incêndios de Classe A e extingue o fogo por resfriamento.



### **Atenção!**

O extintor de água pressurizada de pressão permanente não deve ser usado em aparelhos elétricos energizados.

**Figura 113 – Extintor de água pressurizada**



### **Extintor de água pressurizada: pressão injetada**

Na parte externa do aparelho está fixado um pequeno cilindro contendo o gás propelente, cuja a válvula deve ser aberta no ato da utilização do extintor, a fim de pressurizar o ambiente interno do cilindro, permitindo o seu funcionamento.

O elemento extintor é a água, que atua pelo resfriamento da área do material em combustão. O agente propulsor (propelente) é o gás carbônico (CO<sub>2</sub>).

**Figura 114 – Extintor de água pressurizada: pressão injetada**



### **Transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais**

Para o transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais é necessário seguir a legislação. No caso, a Norma Regulamentadora nº 11 – NR 11, da Portaria 3214/78, do Ministério do Trabalho e Emprego, informa os procedimentos a serem seguidos.

Conheça, a seguir, uma seleção de itens da NR 11.

**11.1.3.** Os equipamentos utilizados na movimentação de materiais, tais como ascensores, elevadores de carga, guindastes, monta-carga, pontes-rolantes, talhas, empilhadeiras, guinchos, esteiras-rolantes, transportadores de diferentes tipos, serão calculados e construídos de maneira que ofereçam as necessárias garantias de resistência e segurança e conservados em perfeitas condições de trabalho. (111.003-9 / 12)

**11.1.5.** Nos equipamentos de transporte, com força motriz própria, o operador deverá receber treinamento específico, dado pela empresa, que o habilitará nessa função. (111.008-0 / 11)

**11.1.8.** Todos os transportadores industriais serão permanentemente inspecionados e as peças defeituosas, ou que apresentem deficiências, deverão ser imediatamente substituídas. (111.012-8 / I1)

**11.1.9.** Nos locais fechados ou pouco ventilados, a emissão de gases tóxicos, por máquinas transportadoras, deverá ser controlada para evitar concentrações, no ambiente de trabalho, acima dos limites permissíveis. (111.013-6 / I2)

**11.1.10.** Em locais fechados e sem ventilação, é proibida a utilização de máquinas transportadoras, movidas a motores de combustão interna, salvo se providas de dispositivos neutralizadores adequados. (111.014-4 / I3)

## Trabalho em alturas

As estruturas de transporte por correias sem fim podem apresentar riscos aos operadores, pois muitos sistemas de descarga ou de carregamento encontram-se em locais elevados.



### Atenção!

Trabalhos em altura só devem ser executados utilizando-se cintos de segurança, tipo paraquedista, que tenham três pontos de fixação, na altura da cintura, um frontal e dois laterais. Estes pontos destinam-se à fixação de talabartes preferivelmente reguláveis, para que se possa eliminar todas as folgas indesejáveis.

Trabalhos em alturas são considerados aqueles em que o operário está acima de 2m de altura. Em alguns sistemas de descarregamento da esteira transportadora é manual. O operador fica posicionado sobre a esteira selecionando peças sobre a mesma. Isso envolve dois riscos: um do operador ficar tonto pelo movimento da esteira e cair sobre a mesma e o outro é a exposição sobre produtos aquecidos, contaminados, etc.



## Atenção!

Os transportadores contínuos elevados devem ser dotados de dispositivos de proteção, onde houver risco de queda ou lançamento de materiais de forma não controlada.

## Segurança industrial

A seguir apresentamos alguns artigos referindo-se à segurança.

### Capítulo 5 CLT

#### Seção XI – Das máquinas e equipamentos

Art.184 As máquinas e os equipamentos deverão ser dotados de dispositivos de partida e parada e de outros que se fizerem necessários para a prevenção de acidentes do trabalho, especialmente quanto ao risco de acionamento acidental.

Parágrafo único. É proibida a fabricação, a importação, a venda, a locação e o uso de máquinas e equipamentos que não atendam ao disposto deste artigo.

Art.185 Os reparos, limpeza e ajustes somente poderão ser executados com as máquinas paradas, salvo se o movimento for indispensável à realização do ajuste.

Art.186 O Ministério do Trabalho estabelecerá normas adicionais sobre proteção e medidas de segurança na operação de máquinas e equipamentos, especialmente quanto à proteção das partes móveis, distância entre estas, vias de acesso às máquinas e equipamentos de grandes dimensões, emprego de ferramentas, sua adequação e medidas de proteção exigidas, quando motorizadas ou elétricas.

## **Seção X – Da movimentação, armazenagem e manuseio de materiais**

Art.182 O Ministério do Trabalho estabelecerá normas sobre:

- I. as precauções de segurança na movimentação de materiais nos locais de trabalho, os equipamentos a serem obrigatoriamente utilizados e as condições especiais a que estão sujeitas a operação e a manutenção desses equipamentos, inclusive exigências de pessoal habilitado;
- II. as exigências similares relativas ao manuseio e à armazenagem de materiais, inclusive quanto às condições de segurança e higiene relativas aos recipientes e locais de armazenagem e os equipamentos de proteção individual;
- III. a obrigatoriedade de indicação de carga máxima permitida nos equipamentos de transporte, dos avisos de proibição de fumar e de advertência quanto à natureza perigosa ou nociva à saúde das substâncias em movimentação ou em depósito, bem como das recomendações de primeiros socorros e de atendimento médico e símbolo de perigo, segundo padronização internacional, nos rótulos dos materiais ou substâncias armazenados ou transportados;
- IV. Parágrafo Único. As disposições relativas ao transporte de materiais aplicam-se, também, no que couber, ao transporte de pessoas nos locais de trabalho.

Art.183 As pessoas que trabalharem na movimentação de materiais deverão estar familiarizados com os métodos racionais de levantamento de cargas.

## **Seção XIII – Das atividades insalubres ou perigosas**

Art.189 Serão consideradas atividades ou operações insalubres aquelas que, por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos.

Art.190 O Ministério do Trabalho aprovará o quadro das atividades e operações insalubres e adotará normas sobre os critérios de caracterização da insalubridade, os limites de tolerância aos agentes agressivos, meios de proteção e o tempo máximo de exposição do empregado a esses agentes.

Parágrafo único. As normas referidas neste artigo incluirão medidas de proteção do organismo do trabalhador nas operações que produzem aerodispersóides tóxicos, irritantes, alergênicos ou incômodos.

Art.191 A eliminação ou a neutralização da insalubridade ocorrerá:

- I. com a adoção de medidas que conservem o ambiente de trabalho dentro dos limites de tolerância;
- II. com a utilização de equipamentos de proteção individual ao trabalhador, que diminuam a intensidade do agente agressivo a limites de tolerância.

Parágrafo único. Caberá às Delegacias Regionais do Trabalho, comprovada a insalubridade, notificar as empresas, estipulando prazos para sua eliminação ou neutralização, na forma deste artigo.

Art.192 O exercício de trabalho em condições insalubres, acima dos limites de tolerância estabelecidos pelo Ministério do Trabalho, assegura a percepção de adicional respectivamente de 40% (quarenta por cento), 20% (vinte por cento) e 10% (dez por cento) do salário mínimo da região, segundo se classifiquem nos graus máximo, médio e mínimo.

Art.193 São consideradas atividades ou operações perigosas, na forma da regulamentação aprovada pelo Ministério do Trabalho, aquelas que, por sua natureza ou métodos de trabalho, impliquem o contato permanente com inflamáveis ou explosivos em condições de risco acentuado.

§1º O trabalho em condições de periculosidade assegura ao empregado um adicional de 30% (trinta por cento) sobre o salário sem os acréscimos resultantes de gratificações, prêmios ou participações nos lucros da empresa.

§2º O empregado poderá optar pelo adicional de insalubridade que porventura lhe seja devido.

Art.194 O direito do empregado ao adicional de insalubridade ou de periculosidade cessará com a eliminação do risco à sua saúde ou integridade física, nos termos desta Seção e das normas expedidas pelo Ministério do Trabalho.

Art.195 A caracterização e a classificação da insalubridade e da periculosidade, segundo as normas do Ministério do Trabalho, far-se-ão através de perícia a cargo de Médico do Trabalho ou Engenheiro do Trabalho, registrados no Ministério do Trabalho.

§1º É facultado às empresas e aos sindicatos das categorias profissionais interessadas requererem ao Ministério do Trabalho a realização de perícia em estabelecimento ou setor deste, com o objetivo de caracterizar e classificar ou delimitar as atividades insalubres ou perigosas.

§2º Argüida em juízo insalubridade ou periculosidade, seja por empregado, seja por Sindicato em favor de grupo de associados, o juiz designará perito habilitado na forma deste artigo, e, onde não houver, requisitará perícia ao órgão competente do Ministério do Trabalho.

§3º O disposto nos parágrafos anteriores não prejudica a ação fiscalizadora do Ministério do Trabalho, nem a realização ex-offício da perícia.

Art.196 Os efeitos pecuniários decorrentes do trabalho em condições de insalubridade ou periculosidade serão devidos a contar da data da inclusão da respectiva atividade nos quadros aprovados pelo Ministério do Trabalho, respeitadas as normas do artigo 11 .

Art.197 Os materiais e substâncias empregados, manipulados ou transportados nos locais de trabalho, quando perigosos ou nocivos à saúde, devem conter, no rótulo, sua composição, recomendações de socorro imediato e o símbolo de perigo correspondente, segundo a padronização internacional .

Parágrafo único. Os estabelecimentos que mantenham as atividades previstas neste artigo afixarão, nos setores de trabalho atingidos, avisos ou cartazes, com advertência quanto aos materiais e substâncias perigosos ou nocivos à saúde.

## **Voltando ao desafio**

No relatório de manutenção anotamos os trabalhos que foram desenvolvidos pela manutenção. Podemos sugerir um tipo de relatório para você preencher e fazer as anotações dos trabalhos efetuados pela equipe de manutenção. Você poderá usar o modelo de relatório de manutenção apresentado a seguir e preenchê-lo. Você poderá descrever que, para verificar as soldas da estrutura metálica, foi utilizado líquido penetrante e que o tempo decorrido para testar a estrutura levou dois dias.

Pode, também, anotar que foi manutenção preventiva.

Relatório de Manutenção							
Data	Descrição da atividade	Nº Mec	H início	H término	Total tempo	Preventiva	Corretiva

## Resumindo

Neste capítulo descrevemos as atividades gerenciais e técnicas da manutenção. Explicamos como são classificadas as abordagens feitas pela manutenção em corretiva, preventiva e preditiva. Fizemos as diferenciações entre as formas na perspectiva dos custos e do nível de eficiência. Descrevemos dentro da boa técnica atividades técnicas da manutenção em correias, engrenagens, transmissão por rolos, etc.

## Aprenda mais

Para saber mais sobre os assuntos tratados neste capítulo, você pode:

- visitar o setor de manutenção de uma empresa;
- acompanhar por um ou dois dias as atividades executadas nos equipamentos e instalações;
- verificar o estado geral dos equipamentos da empresa;

Os operadores conhecem muito a respeito dos equipamentos que operam. Converse com eles.



## Capítulo 6

---

# MEDIDAS PARA A MELHORIA DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E VIDA ÚTIL DAS CORREIAS TRANSPORTADORAS

### Iniciando nossa conversa

Neste último capítulo apresentamos algumas medidas a serem observadas para a melhoria do desempenho energético e da vida útil das correias transportadoras.



#### Fique ligado!

- Elabore um programa de manutenção preventiva, preditiva e de lubrificação;
- Examine periodicamente o estado dos rolamentos dos roletes: lubrificação, substituição dos rolamentos estampados por produtos de melhor qualidade, uso de retentores, proteção com labirintos e colocação de guarda-pó. Observe semanalmente se existem roletes trancados;
- Averigue se a correia/esteira inicia a operação sem carga, pois freqüentemente desliga-se o sistema com a correia carregada e ao reiniciá-lo esta parte com carga adicional desnecessária;
- Analise o rendimento do redutor utilizado, por exemplo, se possuir um redutor de coroa e sem-fim com um rendimento de 90% pode-se trocá-lo por um equipamento de eixos paralelos com redução dupla com rendimento superior de 94%.
- Verifique se pode ser melhorado o sistema de limpeza da correia transportadora. Existem transportadores com vários dispositivos de limpeza ao longo do seu comprimento;
- Em situações que a carga caia verticalmente sobre a correia, pode-se colocar uma chapa de desvio, aproveitando-se a força da gravidade para se obter algum componente de velocidade na direção do movimento;
- Altere o método de descarregamento;



## Fique ligado!

- Evite a utilização de desviadores, estudando a substituição por *trippers* (ver capítulo 2 deste guia, no item “Mecanismos de descarga”);
- Procure ocupar toda secção da correia transportadora;
- Falhas, como rasgos e emendas, devem ser observadas e consertadas para que as correias fiquem alinhadas;
- Verifique semanalmente o alinhamento dos tambores das correias, sendo que o indicativo do perfeito alinhamento é o produto estar correndo no centro da correia em toda a sua extensão;
- Nos elevadores verifique: os parafusos da estrutura, se as canecas não estão raspando na estrutura, soltas, trincadas ou com desgaste e observar o alinhamento das correias;
- Nas roscas transportadoras examine a folga entre o helicóide e a calha e a lubrificação dos mancais.

Verifique ainda no Quadro 4 do Capítulo 5 deste guia os defeitos mais usuais nas transmissões por correntes com indicações da causa provável e as medidas operativas, para que o operador adapte esses métodos de acordo com o seu equipamento, melhorando assim a eficiência do sistema.

Na Tabela 8 estão relacionados alguns problemas, suas causas e soluções que podem servir de base para os técnicos industriais avaliarem o comportamento do sistema.

**Tabela 8 – Problemas e soluções em correias transportadoras**

Possíveis Problemas	-Código das Possíveis Causas e Soluções					
	5	4	1	2	3	44
A. A correia corre para um lado em um só ponto da estrutura.	5	4	1	2	3	44
B. Determinada seção da correia transportadora desvia-se lateralmente em toda a extensão do sistema transportador	6	7	-	-	-	-
C. A correia transportadora desvia-se lateralmente em toda a extensão do sistema transportador	39	8	5	1	2	3
D. A correia transportadora desvia na polia do pé	39	10	1	-	-	-
E. A correia Transportadora desvia na polia de cabeceira	33	10	1	3	-	-
F. A Correia transportadora derrapa.	34	33	31	10	4	-
G. A Correia transportadora derrapa na partida	34	31	33	-	-	-
H . Esticamento excessivo da correia.	41	42	43	12	32	35
I. Arrancamento, estrias ou cortes na cobertura superior.	13	14	15	16	-	-
J . Desgaste excessivo da cobertura superior da correia transportadora	19	20	10	8	36	-
K . Desgaste excessivo da cobertura inferior da correia transportadora.	4	9	10	17	11	27
L. . Estrias ou quebras longitudinais na cobertura inferior	4	10	9	33	-	-
M . Cobertura endurecidas ou quebradiças.	23	37	-	-	-	-
N . A cobertura incha, formando estrias em certos pontos da correia.	21	-	-	-	-	-
O . A Correia quebra nos grampos ou logo após a eles são puxados para fora.	24	22	12	23	-	-
P . Separação da demanda vulcanizada.	38	30	12	17	25	-
Q. Gasto excessivo ou quebra das bordas da correia.	8	10	40	7	-	-
R . Quebras transversais na borda da correia.	18	25	26	-	-	-
S . Pequenas quebras da carcaça paralela à borda da correia e rachaduras em forma de estrela na carcaça.	16	17	-	-	-	-
T . Separação de lonas.	29	30	23	-	-	-
*U. Fadiga da carcaça na junção dos roletes.	25	26	27	28	29	36
V . Bolhas na cobertura ou bolhas de areia.	45	21	-	-	-	-

Fonte: Copabo Distribuidor de Correias e Mangueiras Industriais Goodyear

\*A junção dos rolos é o espaço entre as superfícies dos roletes centrais e laterais (figura 1) em contato com a correia. Esse espaço pode ser um ponto de avaria potencial para a correia, quando a mesma é forçada dentro do mesmo sofrendo, assim, distorções indevidas. Também existe a possibilidade de graxa ou óleo nos mancais dos rolos contribuir para a falha de junção da correia (figura 2). Trata-se aqui de falha de junção dos roletes quando a correia penetra no espaço entre os rolos dos roletes de carga.



**Tabela 9 – Código Problemas que possam ocorrer em correias transportadora**

<b>Código</b>	<b>Causas</b>	<b>Soluções</b>
1	Roletes ou polias de esquadro com a linha de centro da correia:	Reajustar os roletes na área afetada.
2	Estrutura do transportador distorcida:	Alinhar a área distorcida.
3	Roletes não centralizados com a correia:	Reajustar os roletes.
4	Roletes emperrados:	Soltar os roletes e melhorar a manutenção e a lubrificação.
5	Material grudado nos roletes:	Remover esse material e melhorar a manutenção por meio de instalação de raspadores ou outros dispositivos de limpeza.
6	Correia não emendada no esquadro:	Remover ou abrir a emenda e emendar dentro do esquadro.
7	Correia torta ou curvada:	Quando a correia é nova, esta condição deve desaparecer durante a fase inicial de serviços; raramente a correia tem de ser endireitada pela fábrica de origem ou substituída; em todos os casos, devem ser verificadas as condições de manuseio e de estocagem, desde que essas possam provocar esta condição.
8	Carregamento falho ou fora de centro:	Ajustar o shut para colocar a carga no centro da correia; descarregar o material no sentido da correia e, também a velocidade deve ser igual ou próxima à velocidade da correia.
9	Derrapagem na polia motora:	Aumentar a tensão da correia por meio do esticador de parafusos ou por meio do aumento de peso do contrapeso; revestir a polia motora com borrachas e aumentar o arco de contato da correia com a polia.
10	Material derrama fora da Correia e há acúmulo desse material em pontos indesejáveis:	Melhorar as condições de carregamento e de transferência, instalar dispositivos de limpeza e melhorar a manutenção.
11	Parafusos fora da superfície do revestimento da polia:	Apertar os parafusos; substituir o revestimento ou usar revestimento vulcanizado sobre a polia.
12	Tensão da correia alta demais:	Aumentar a velocidade com a mesma tonelagem; reduzir tonelagem com a mesma velocidade; reduzir fricção dos roletes defeituosos; reduzir a tensão por meio do aumento do arco de contato ou por meio de revestimento da polia motora; reduzir o peso do contrapeso para o valor mínimo.

Código	Causas	Soluções
13	Protetor lateral imprópriamente ou é de material errado:	Ajustar o suporte metálico do protetor lateral para o mínimo de 1", entre o metal e a correia, com o espaço aumentado gradativamente no sentido do movimento da correia; usar protetor lateral de borracha e não correias usadas ou outro tipo de material.
14	Correia prejudicada demais com o impacto da carga:	Instalar roletes amortecedores
15	Material ficando preso dentro ou debaixo do shut:	Melhorar as condições de carregamento; aumentar a largura do shut; eliminar pontos onde o material fica estacionário.
16	Impacto do material na correia:	Reduzir o impacto por meio de shut de melhor desenho; instalar roletes amortecedores.
17	Material preso entre a correia e a polia:	Instalar raspadores no lado de retorno na frente da polia do pé.
18	As bordas das correias ficam raspando na estrutura:	Mesmas correções como nos casos 1, 2 e 3; instalar chaves limitadoras; providenciar maior espaço livre.
19	Roletes de retorno mal-alinhados, presos ou sujos:	Remover a sujeira acumulada; instalar dispositivos de limpeza; usar roletes de retorno autolimpadores; melhorar a manutenção e a lubrificação.
20	Qualidade de cobertura baixa demais:	Substituir com correia de cobertura de maior espessura ou de qualidade superior.
21	Graxa ou óleo de lubrificação espirrando dos roletes:	Melhorar manutenção, reduzir quantidades de graxa ou óleo utilizado; verificar as vedações dos roletes.
22	Emendas mecânicas apertadas ou soltas demais, ou de tipo errado:	Usar grampos e técnica de aplicação adequada; fazer programa de inspeção periódico.
23	Correia falhando devido a calor ou a produtos químicos:	Usar correias com cobertura adequada para essas condições.
24	Emendas mecânicas com placas grandes demais para o tamanho das polias:	Substituir com emendas mecânicas de placas menores; aumentar o diâmetro das polias.
25	Transição imprópria entre a parte da correia acamada e a polia do terminal:	Ajustar transição de acordo com o manual de instalação.
26	Curva convexa severa no sentido vertical:	Reduzir espaçamento dos roletes nesta curva; aumentar o raio de curvatura; consultar o manual técnico.
27	Inclinação excessiva para a frente dos roletes:	Reduzir a inclinação, para que a mesma não seja superior a 2° (dois graus) da vertical da estrutura.
28	Espaço excessivo entre os rolos dos roletes de carga:	Substituir os roletes de carga; substituir por correias mais pesadas.
29	Correia flexível demais:	Substituir por correia de suporte de carga apropriado.
30	Polias pequenas demais:	Substituir por polias maiores.

Código	Causas	Soluções
31	Contrapeso leve demais:	Adicionar peso ao contrapeso esticar mais através do esticador de parafuso, para chegar ao valor de tensão determinado pelo cálculo.
32	Contrapeso pesado demais:	Aliviar o contrapeso para obter a tensão adequada.
33	Revestimento gasto da Polia:	Substituir o revestimento por outro novo.
34	Tração insuficiente entre correia e polia:	Revestir a polia; aumentar o arco de contato, instalar dispositivos de limpeza.
35	Instalação com correia fraca:	Recalcular a tensão da correia e selecionar correia com maior resistência, adequada ao tipo de serviço.
36	Flecha (SAG) excessiva entre roletes de carga, ocasionando o movimento da carga:	Aumentar a tensão na correia quando desnecessariamente baixa; reduzir espaçamento dos roletes; aumentar contrapeso.
37	Estocagem e manuseio impróprios:	Consultar a Goodyear a respeito destas condições.
38	Correia emenda imprópria:	Reemendar conforme método recomendado pela Goodyear.
39	Correia fora de centro na polia do pé e na área de carregamento:	Instalar roletes auto-alinhantes no lado de retorno, em frente à polia do pé.
40	Correia raspando na estrutura:	Instalar roletes auto-alinhantes no lado da carga e do retorno.
41	Instalação imprópria da correia, causando aparente esticamento excessivo:	Puxar a correia através do contrapeso com uma tensão igual, no mínimo, à correia vazia; utilizar emendas mecânicas para ensaiar a correia.
42	Posição inicial do contrapeso, causando um aparente esticamento excessivo da correia:	Verificar o manual Goodyear para determinar a posição inicial recomendada para a instalação da correia.
43	Curso insuficiente do contrapeso:	Consultar o manual Goodyear para determinar o curso mínimo recomendado.
44	Estrutura fora do nível:	Nivelar onde necessário.
45	Cortes ou furos permitindo que o material fino penetre entre a cobertura e a carcaça:	Fazer reparos na cobertura com material a ser vulcanizado ou a frio.

Fonte: Copabo Distribuidor de Correias e Mangueiras Industriais Goodyear

Exemplo de como consultar a tabela de problemas e soluções:

### 1ª Passo:

Na **Tabela 8 – Problemas e soluções em correias transportadoras** verifique na coluna **Possíveis Problemas** a descrição do problema detectado em seu equipamento.

- Por exemplo: Na coluna Possíveis Problemas na letra A temos - **A correia corre para um lado em um só ponto da estrutura.**

### 2º Passo

Na **Tabela 8 – Problemas e soluções em correias transportadoras.** Veja a coluna **Código das Possíveis Causas e Soluções** os códigos dos problemas que podem ter ocorrido.

- Por exemplo, **código 2.**

### 3º Passo

Ir à Tabela 9 – **Código Problemas que possam ocorrer em correias transportadora** e pelo código identificar o problema e a solução indicada.

- Por exemplo, para o código 2 teremos:

Causa: **Estrutura do transportador distorcida.**

Solução indicada: **Alinhar a área distorcida.**

A seguir está ilustrado o exemplo:

**Tabela 8 – Problemas e soluções em correias transportadoras**

Possíveis Problemas	Código das Possíveis Causas e Soluções					
	5	4	1	2	3	44
A . A correia corre para um lado em um só ponto da estrutura.	5	4	1	2	3	44
B . Determinada seção da correia transportadora desvia-se lateralmente em todas a extensão do sistema transportador	6	7	-	-	-	-
C . A correia transportadora desviá-se lateralmente em toda a extensão do sistema transportador	39	8	5	1	2	3
D . A correia transportadora desvia na polia do pé	39	10	1	-	-	-
E . A correia Transportadora desvia na polia de cabeceira	33	10	1	3	-	-

**Tabela 9 – Código Problemas que possam ocorrer em correias transportadora**

<b>Código</b>	<b>Causas</b>	<b>Soluções</b>
<b>1</b>	Roletes ou polias de esquadro com a linha de centro da correia:	Reajustar os roletes na área afetada.
<b>2</b>	<b>Estrutura do transportador distorcida:</b>	<b>Alinhar a área distorcida.</b>
<b>3</b>	Roletes não centralizados com a correia:	Reajustar os roletes.
<b>4</b>	Roletes emperrados:	Soltar os roletes e melhorar a manutenção e a lubrificação.

Fonte: Copabo Distribuidor de Correias e Mangueiras Industriais Goodyear

## Referências

---

ALFORD Y BANGS. **Manual de la producion**. Mexico: Union Tipografica Editorial Hispano Americana, 1967. 1871 p.

CASILLAS, A. L. **Máquinas**. 19. ed. São Paulo. Editora Mestre Jou, 1961. 634 p.

COTRIM, Ademaro. **Instalações elétricas**. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 678 p.

MERCÚRIO CORREIAS. **Manual de correias transportadoras**. [S.l.: s.n], 2005. 35 p.

DRAPINSK, J. **Manual de manutenção mecânica básica**. São Paulo: Editora McGraw – Hill do Brasil Ltda, 1975. 1 v. 239 p.

FÁBRICA DE AÇO PAULISTA S.A. **Manual de transportadores contínuos**. 2. ed. São Paulo, 1978.

FAIRES, Virgil Moring. **Elementos orgânicos de máquinas**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico S. A, 1973. 651 p.

FILHO, Marco Stipkovic. **Engrenagens**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Guanabara Dois S.A., 1983. 163 p.

MARQUES, M.; HADDAD, J.; MARTINS, A. R. S. (Coord.). **Conservação de energia**. Itajubá: Editora da EFEI, 2001. 1 v. 467 p.

NAVARRO, O. **Máquinas de transporte**. Itajubá: Editora da EFEI, 1998. 1 v. 150 p.

NORTON, Roberto L. **Projeto de máquinas: uma abordagem integrada**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004. 934 p.

PROVENZA F. **Prontuário do projetista de máquinas**. 4. ed. São Paulo: Escola pro-tec, 1970. 322 p.

SHINGLEY, Joseph E. **Projeto de engenharia mecânica**. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005. 960 p.

PROCEL INDÚSTRIA. **Dicas para eficiência energética na indústria**: sistemas motrizes. Disponível em: <<http://www.eletronbras.com/ELB/main.asp?TeamID=%7BB937C998-DA6B-4132-9E4D-966E4D780A5E%7D>>. Acesso em: 24 mar. 2008.

COPABO DISTRIBUIDOR DE CORREIAS E MANGUEIRAS INDUSTRIAIS GOODYEAR. **Soluções de problemas que possam ocorrer em correias transportadora**. Disponível em: <<http://www.copabo.com.br/index.php/287>>. Acesso em: 24 mar. 2008.

AGROMARAU. Transportadores nas unidades de beneficiamento de grãos Disponível em: <[http://www.agromarau.com.br/elo\\_04.pdf](http://www.agromarau.com.br/elo_04.pdf)>. Acesso em: 24 mar. 2008.

### **Normas técnicas**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5410**: instalações elétricas de baixa tensão: procedimentos. São Paulo, 1997.

\_\_\_\_\_. **NBR15.391**: método de ensaio para a emenda por colagem a frio de correias transportadoras. São Paulo, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR 14.787**: atmosfera de risco São Paulo, 2006.

\_\_\_\_\_. **NBR 14.787**: espaços confinados. São Paulo, 2006.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Instalações e serviços em eletricidade - NR10**. São Paulo, 2006.

\_\_\_\_\_. **NR 11 - transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de materiais**. São Paulo, 2006.

Catálogos de Transporte pneumático Dynamic Air

Catálogos de Transportador helicoidal Rothaube

Catálogos de Correias da Copabo

Catálogos de Correias VAP

Catálogos de Correias da Phoenix

Catálogos de emendas para correias Alligator

Catálogos da Metalúrgica Oliven

Catálogos de Rolamentos SKF

Catálogo de redutores SEW

Catálogo de acoplamentos Acoplatec

Catálogo de motores WEG

Catálogo de Inversores de Freqüência WEG

Catálogo de Soft-starter WEG

Catálogo das Máquinas Condor

Catálogos da Móbil Oil do Brasil Fundamentos da Lubrificação

Catálogo de Raspadores Martin Engineering





Ministério de  
Minas e Energia

