

# Variadores e redutores de velocidade e manutenção de engrenagens

Um conjunto de engrenagens cônicas pertencente a uma máquina começou a apresentar ruídos estranhos. O operador da máquina ficou atento e preocupado e, sem saber direito o que fazer, desligou a máquina e chamou o mecânico de manutenção. Este ligou a máquina novamente por alguns minutos e desligando-a falou para o operador:

– O óleo apresenta corpos estranhos e há alguma engrenagem com saliência nos dentes! Vou verificar e ver o que pode ser feito.

Como o mecânico de manutenção conseguiu detectar problemas no óleo e nos dentes de uma engrenagem? Como ele vai resolver os problemas?

Nesta aula, estudaremos a manutenção de engrenagens, além da manutenção de dois outros conjuntos mecânicos importantes: os variadores de velocidade e os redutores de velocidade.

## Variador de velocidade

O variador de velocidade é um conjunto mecânico constituído por diversos elementos de máquinas. Sua função é permitir a variação da velocidade de trabalho de outros elementos, sem perdas de muito tempo na troca de rotações, desacelerações, paradas, troca de alavancas e novas acelerações.

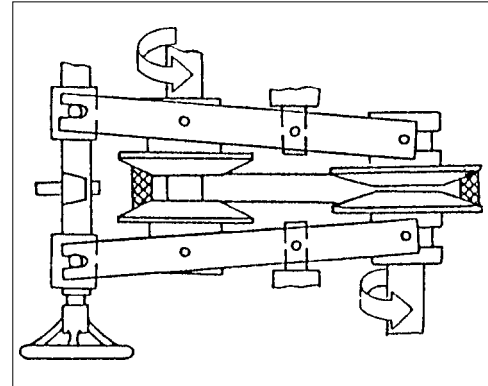
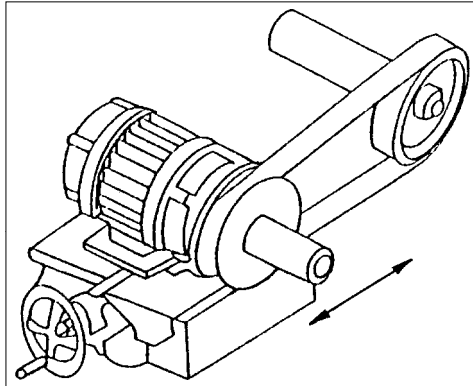
Funcionando suavemente, sem impactos, o variador de velocidade pode ser preparado para adaptar-se automaticamente às condições de trabalho exigidas.

Normalmente, a variação de velocidade é executada com a máquina em movimento com baixa carga.

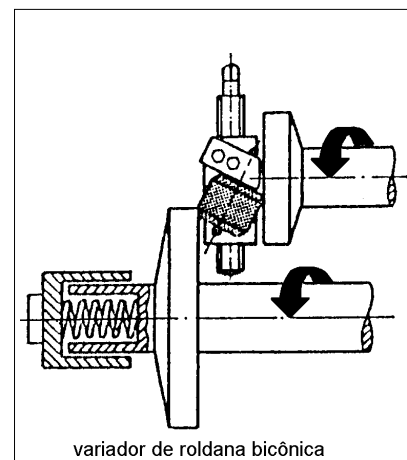
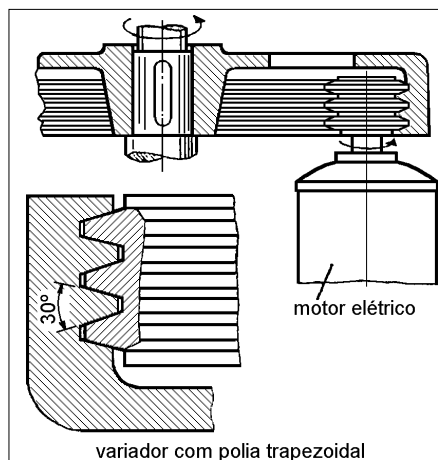
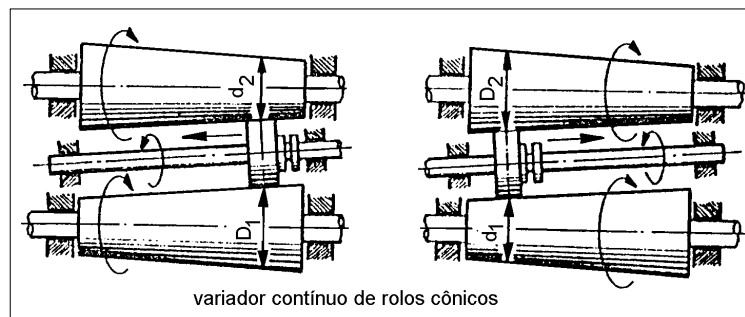
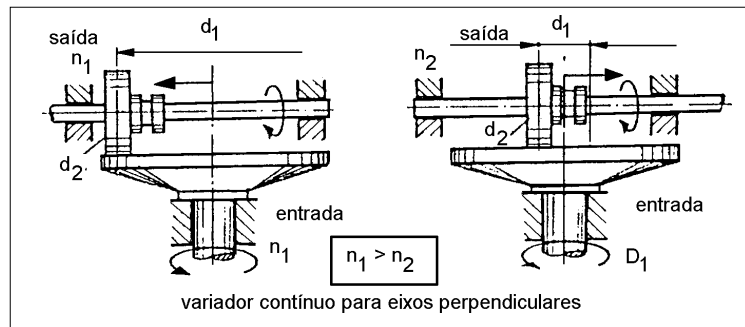
## Tipos de variadores de velocidade

Há dois tipos principais de variadores de velocidade: os de transmissão por correia e os de roda de fricção.

**Variador com transmissão por correia** – A mudança gradual da rotação na transmissão por correia obtém-se variando o diâmetro de contato da correia com as polias. As distâncias entre eixos podem permanecer variáveis ou fixas, conforme ilustrações.

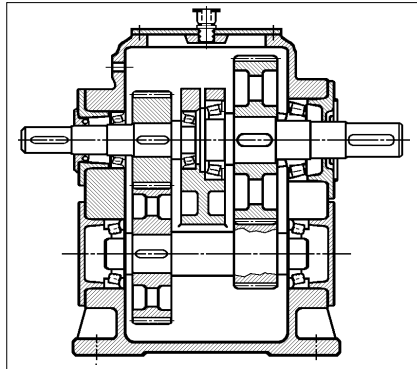


**Variador por roda de fricção** – Transmite o momento de giro por fricção entre duas árvores paralelas ou que se cruzam a distâncias relativamente curtas. Esse mecanismo pode ser construído de várias formas, mostradas a seguir:



## Redutor de velocidade

É conhecido por redutor o conjunto de coroa e parafuso com rosca sem-fim ou de engrenagens acondicionado em uma carcaça com sistema de lubrificação e destinado a reduzir a velocidade.



## Manutenção de variadores e redutores de velocidade

Além dos cuidados com rolamentos, eixos, árvores e outros elementos específicos, a manutenção dos variadores de velocidade exige os seguintes cuidados:

- Alinhamento e nivelamento adequados.
- Lubrificação correta.
- Inspeções periódicas, com especial atenção aos mancais.
- Verificação dos elementos sujeitos ao atrito.
- Verificação dos elementos de ligação em geral.

Quanto aos redutores de velocidade, especialmente os de engrenagens, os principais cuidados na manutenção são os seguintes:

- Na desmontagem, iniciar pelo eixo de alta rotação e terminar pelo de baixa rotação.
- Na substituição de eixo e pinhão, considerar ambos como uma unidade, isto é, se um ou outro estiver gasto, substituir ambos.
- Coroas e pinhões cônicos são lapidados aos pares e devem ser substituídos aos pares, nas mesmas condições. Os fabricantes marcam os conjuntos aos pares e, geralmente, indicam suas posições de colocação que devem ser respeitadas.
- Medir a folga entre os dentes para que esteja de acordo com as especificações.
- Proteger os lábios dos retentores dos cantos agudos dos rasgos de chaveta por meio de papel envolvido no eixo. Não dilatar os lábios dos retentores mais que 0,8 mm no diâmetro.

## Manutenção de engrenagens

Quando se fala em variadores e redutores de velocidade, não se pode esquecer de um elemento fundamental desses conjuntos: a engrenagem. Esse elemento de máquina exige uma atenção particular para o bom funcionamento dos sistemas.

Os conjuntos engrenados exigem os seguintes cuidados:

- Reversões de rotação e partidas bruscas sob carga devem ser evitadas.
- A lubrificação deve eliminar a possibilidade de trabalho a seco.
- A lubrificação deve atingir toda a superfície dos dentes.

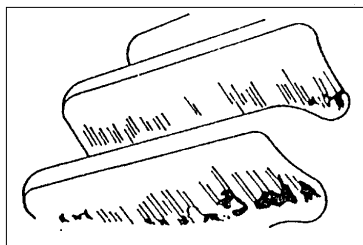
- A lubrificação deve ser mantida no nível. O excesso de óleo provoca o efeito de turbina que, por sua vez, produz superaquecimento.
- Usar óleo lubrificante correto.
- A pré-carga dos rolamentos ou a folga dos mancais devem ser mantidas dentro dos limites recomendados. Essa medida evitará o desalinhamento dos eixos. Eixos desalinhados provocam o aparecimento de carga no canto dos dentes e suas possíveis quebras.
- O desgaste dos eixos e dos entalhes dos dentes das engrenagens não deve exceder os limites de ajuste. Se esses limites forem excedidos, ocorrerão batidas devido ao atraso, recalçando os entalhes. Ocorrerá desalinhamento, além de efeitos nocivos sobre os flancos dos dentes da engrenagem.
- Depósitos sólidos, do fundo da caixa de engrenagens, devem ser removidos antes de entrar em circulação.

### Defeitos mais frequentes em engrenagens

Os defeitos mais frequentes em engrenagens estão descritos a seguir.

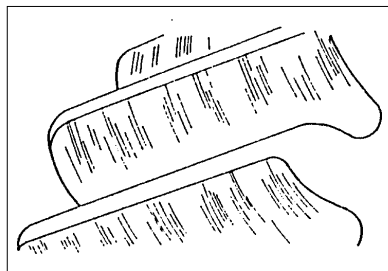
#### Desgaste por interferência

É provocado por um contato inadequado entre engrenagens, em que a carga total está concentrada sobre o flanco impulsor, e a ponta do dente da engrenagem impulsionada.



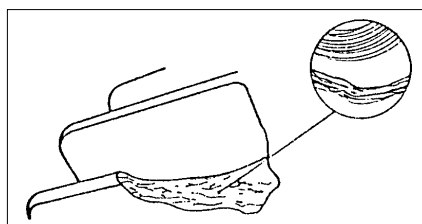
#### Desgaste abrasivo

É provocado pela presença de impurezas ou corpos estranhos que se interpõem entre as faces de contato. As impurezas ou corpos estranhos podem estar localizados no óleo usado nas engrenagens.



#### Quebra por fadiga

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

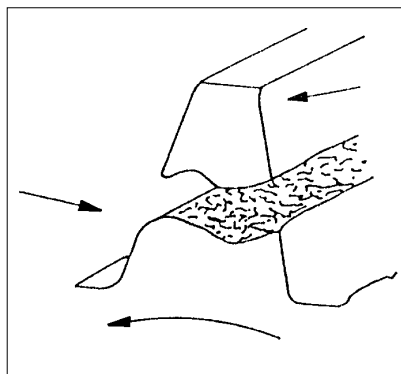


O desalinhamento na montagem ou em serviço pode favorecer o surgimento de trincas.

### Quebra por sobrecarga

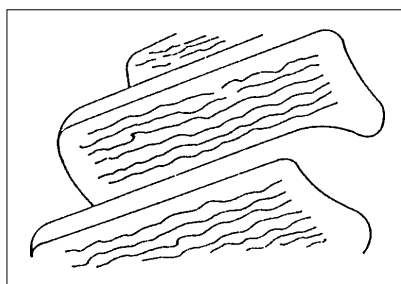
Resulta de sobrecarga estática, choques ou problemas de tratamentos térmicos. Geralmente, do lado da compressão do dente surge uma lombada cuja altura diminui de acordo com o tempo que o dente leva para se quebrar. É interessante salientar que a trinca em um dente sobrecarregado não mostra sinais de progresso.

A sobrecarga pode, também, ser causada pela penetração de um corpo estranho entre os dentes, ou pelo desalinhamento devido ao desgaste ou folga excessiva nos mancais.



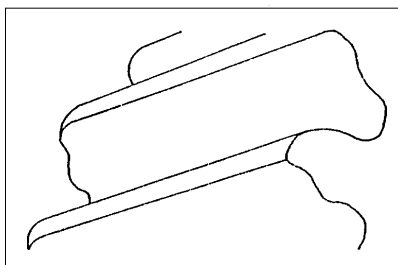
### Trincas superficiais

Ocorrem nas engrenagens cementadas e caracterizam-se por cisalhamento do material. São causadas pelo emperramento momentâneo e deslizamento conseqüente. Emperramento e deslizamento são provocados por vibrações, excesso de carga ou lubrificação deficiente. As trincas superficiais, se não sofrerem progressão, não causam maiores problemas.



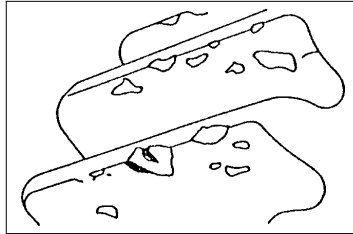
### Desgaste por sobrecarga

É caracterizado pela perda de material sem a presença de abrasivos no óleo. Ocorre geralmente em velocidades baixas e com cargas muito altas.



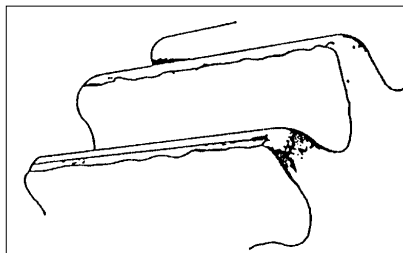
### Lascamento

Os dentes temperados soltam lascas, devido a falhas abaixo da superfície originadas durante o tratamento térmico. Essas lascas podem cobrir uma área considerável do dente, como se fosse uma só mancha.



### Laminação ou cilindramento

É caracterizada pela deformação do perfil do dente. Essa deformação pode se apresentar como arredondamentos ou saliências nas arestas dos dentes. Essas saliências são mais altas de um lado que do outro.



A laminação ou cilindramento também pode apresentar-se como depressão no flanco da engrenagem motora e uma lombada próxima da linha do diâmetro primitivo da engrenagem movida. É causada pelo impacto sofrido pela engrenagem, devido à ação de rolar e deslizar sob carga pesada.

## Sintomas mais comuns de defeitos em engrenagens

Baseado em alguns sintomas simples de serem observados, o operador da máquina ou equipamento poderá fazer ou solicitar uma manutenção preventiva, evitando, assim, a manutenção corretiva.

Os sintomas mais simples ou comuns de defeitos em engrenagens são os seguintes:

### Uivo

Normalmente aparece nas rotações muito altas e quando não existe folga suficiente entre as engrenagens ou quando elas estão desalinhadas, com excentricidade ou ovalização.

### Tinido

Pode ser provocado por alguma saliência nos dentes, por alguma batida ou pela passagem de um corpo duro e estranho entre os dentes.

### Matraqueamento

É causado pela folga excessiva entre os dentes (distância entre centros) ou, às vezes, pelo desalinhamento entre duas engrenagens.

### **Chiado**

Normalmente ocorre em caixa de engrenagens quando a expansão térmica dos eixos e componentes elimina a folga nos mancais ou nos encostos.

### **Limalha no óleo**

Se aparecer em pequena quantidade durante as primeiras 50 horas de serviço, trata-se, provavelmente, de amaciamento. Caso a limalha continue aparecendo após o amaciamento, significa a ocorrência de algum dano que pode ser provocado por uma engrenagem nova no meio das velhas ou, então, emprego de material inadequado na construção das engrenagens.

### **Superaquecimento**

Pode ser causado por sobrecarga, excesso de velocidade, defeito de refrigeração ou de lubrificação. Se a circulação do óleo estiver excessiva, pode, ainda, ocorrer o fenômeno da freagem hidráulica com perda de potência do sistema. Os desalinhamentos e folga insuficiente entre os dentes também geram superaquecimento.

### **Vibração**

Pode ser causada por empenamento dos eixos ou por falta de balanceamento dinâmico nas engrenagens de alta rotação ou, ainda, por desgaste desigual nas engrenagens.

A vibração pode ser causada, também, pelos seguintes fatores: erro de fabricação; mau nivelamento da máquina no piso; fundação defeituosa; sobrecarga com torção dos eixos e perda de ajuste dos mancais.

## **Montagem e desmontagem de engrenagens em conjuntos mecânicos**

Os seguintes cuidados deverão ser observados para se obter um melhor aproveitamento e um melhor desempenho das engrenagens em conjuntos mecânicos:

- Antes de começar a retirar as engrenagens, verificar como estão fixadas no eixo e se estão montadas com interferência ou não.
- Não usar martelo para retirar as engrenagens do eixo para evitar danos aos dentes. Utilizar um saca-polias ou uma prensa hidráulica. Se não se dispuser de um saca-polias ou de uma prensa hidráulica, bater cuidadosamente com um tarugo de material metálico macio.
- Caso o conjunto mecânico não possua catálogo ou manual, verificar a posição ocupada pela engrenagem na montagem, fazendo marcações ou croqui. Isso evitará erros quando o conjunto tiver de ser montado novamente.
- As engrenagens devem sempre ser acondicionadas na vertical e não empilhadas umas sobre as outras. Essa medida evitará danos aos dentes.
- Na montagem deve ser observada a posição original de cada elemento.
- Evitar pancadas quando estiver montando, para não danificar os dentes das engrenagens.
- Fazer uma pré-lubrificação nas engrenagens durante a montagem. Essa medida evitará danos posteriores às engrenagens, que só receberão lubrificação total depois de um certo tempo de funcionamento.

- Fazer um acompanhamento nas primeiras 50 horas de trabalho para verificar o funcionamento e amaciamento das engrenagens novas.

## Exercícios

Assinale com X a alternativa correta.

### Exercício 1

O redutor de velocidade é um conjunto de:

- a) ( ) engrenagens cônicas;
- b) ( ) coroa e parafuso com rosca sem-fim;
- c) ( ) engrenagens de dentes retos;
- d) ( ) engrenagens cônicas e sem-fim;
- e) ( ) roscas sem-fim.

### Exercício 2

A desmontagem de um redutor de velocidade deve ser iniciada a partir do:

- a) ( ) eixo de alta rotação;
- b) ( ) eixo de baixa rotação;
- c) ( ) sistema de engrenagens;
- d) ( ) sistema de rolamentos;
- e) ( ) mancal de deslizamento.

### Exercício 3

Um sistema possui engrenagens e pinhões. Se um desses elementos estiver gasto recomenda-se substituir:

- a) ( ) apenas as engrenagens;
- b) ( ) apenas os pinhões;
- c) ( ) o elemento que estiver mais gasto;
- d) ( ) ambos os elementos;
- e) ( ) a máquina nas quais eles se encontram.

### Exercício 4

A sobrecarga de trabalho, o excesso de velocidade, a falta de refrigeração e de lubrificação em engrenagens sinalizam o seguinte sintoma de defeito:

- a) ( ) vibração;
- b) ( ) chiado;
- c) ( ) limalha no óleo;
- d) ( ) matraqueamento;
- e) ( ) superaquecimento.

### Exercício 5

Examine a figura que mostra dois dentes de uma engrenagem e assinale o tipo de defeito apresentado.

- a) ( ) desgaste abrasivo;
- b) ( ) quebra por fadiga;
- c) ( ) trincas superficiais;
- d) ( ) lascamento;
- e) ( ) cilindrimento.

