

*CPM - Programa de Certificação de Pessoal de Manutenção*

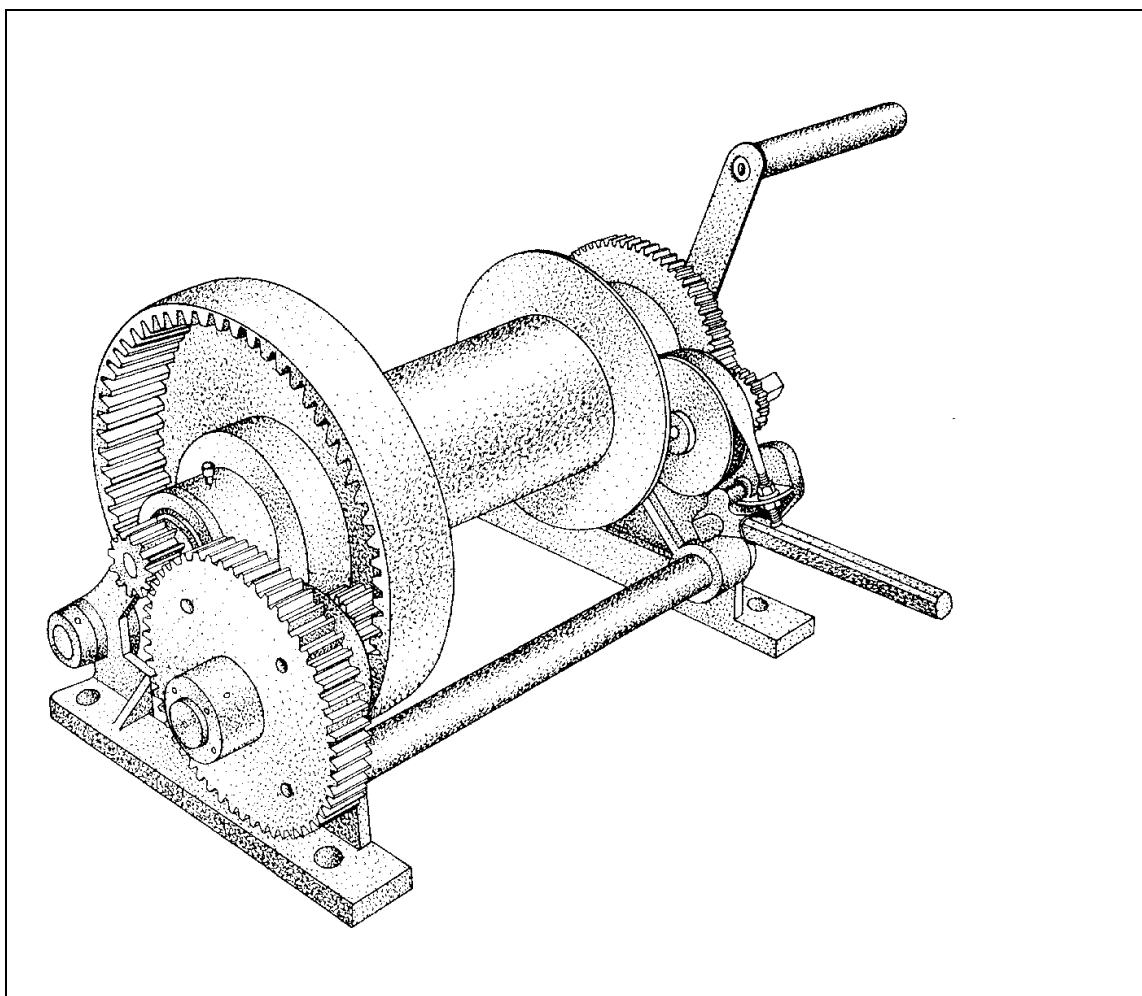
---

# *Mecânica*

---

## *Noções Básicas de Elementos de Máquinas*

---



## Noções Básicas de Elementos de Máquinas - Mecânica

© SENAI - ES, 1996

Trabalho realizado em parceria SENAI / CST (Companhia Siderúrgica de Tubarão)

Coordenação Geral	Francisco Lordes (SENAI) Marcos Drews Morgado Horta (CST)
Supervisão	Alberto Farias Gavini Filho (SENAI) Rosalvo Marcos Trazzi (CST)
Elaboração	Evandro Armini de Pauli (SENAI) Fernando Saulo Uliana (SENAI)
Aprovação	José Geraldo de Carvalho (CST) José Ramon Martinez Pontes (CST) Tarcilio Deorce da Rocha (CST) Wenceslau de Oliveira (CST)
Editoração	Ricardo José da Silva (SENAI)

SENAI - Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial  
DAE - Divisão de Assistência às Empresas  
Departamento Regional do Espírito Santo  
Av. Nossa Senhora da Penha, 2053 - Vitória - ES.  
CEP 29045-401 - Caixa Postal 683  
Telefone: (027) 325-0255  
Telefax: (027) 227-9017

CST - Companhia Siderúrgica de Tubarão  
AHD - Divisão de Desenvolvimento de Recursos Humanos  
AV. Brigadeiro Eduardo Gomes, s/n, Jardim Limoeiro - Serra - ES.  
CEP 29160-972  
Telefone: (027) 348-1322  
Telefax: (027) 348-1077

## Sumário

Parafusos, porcas, arruelas e rosca .....	03
• Parafusos .....	03
• Porcas .....	08
• Arruelas .....	10
• Rosca .....	12
Engrenagens, Correias, Polias e Correntes .....	23
• Transmissão por engrenagens .....	23
• Transmissão por polias e correias .....	33
• Transmissão por correntes .....	43
Mancais de Rolamento e Deslizamento .....	49
• Mancais de Rolamento .....	49
• Mancais de deslizamento .....	55
Acoplamentos .....	61
Elementos de Vedação .....	75
Travas, Chaveta, Anel elástico, Pinos e Freios .....	87
• Travas .....	87
• Chaveta .....	88
• Anel elástico .....	94
• Pinos .....	96
• Freios .....	101
Noções de Elementos de Máquinas - Avaliação.....	104

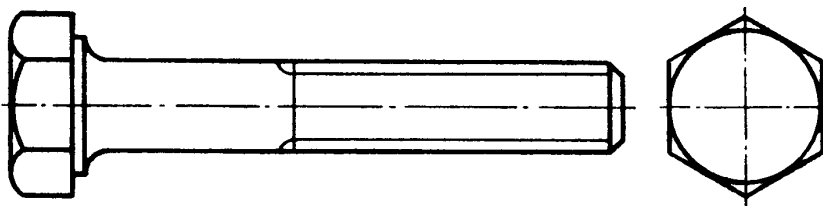
## Parafusos, porcas, arruelas e rosca

Parafusos, porcas e arruelas são peças metálicas de vital importância na união e fixação dos mais diversos elementos de máquina.

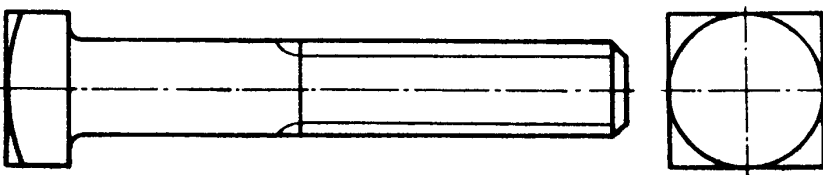
Por sua importância, a especificação completa de um parafuso e sua porca engloba os mesmos itens cobertos pelo projeto de um elemento de máquina, ou seja: material, tratamento térmico, dimensionamento, tolerâncias, afastamentos e acabamento.

### Parafusos

O parafuso é formado por um corpo cilíndrico roscado e por uma cabeça que pode ser hexagonal, sextavada, quadrada ou redonda.



cabeça hexagonal ou sextavada



cabeça quadrada

Em mecânica, ele é empregado para unir e manter juntas peças de máquinas, geralmente formando conjuntos com porcas e arruelas.

Em geral, os parafusos são fabricados em aço de baixo e médio teor de carbono, por meio de forjamento ou usinagem. Os parafusos forjados são opacos e os usinados, brilhantes. As roscas podem ser cortadas ou laminadas.

Aço de alta resistência à tração, aço-liga, aço inoxidável, latão e outros metais ou ligas não-ferrosas podem também ser usados na fabricação de parafusos. Em alguns casos, os parafusos são protegidos contra a corrosão por meio de galvanização ou cromagem.

### ***Dimensão dos parafusos***

As dimensões principais dos parafusos são:

- diâmetro externo ou maior da rosca;
- comprimento do corpo;
- comprimento da rosca;
- altura da cabeça;
- distância do hexágono entre planos e arestas.

O comprimento do parafuso refere-se ao comprimento do corpo.

### ***Carga dos parafusos***

A carga total que um parafuso suporta é a soma da tensão inicial, isto é, do aperto e da carga imposta pelas peças que estão sendo unidas. A carga inicial de aperto é controlada, estabelecendo-se o torque-limite de aperto. Nesses casos, empregam-se medidores de torque especiais (torquímetros).

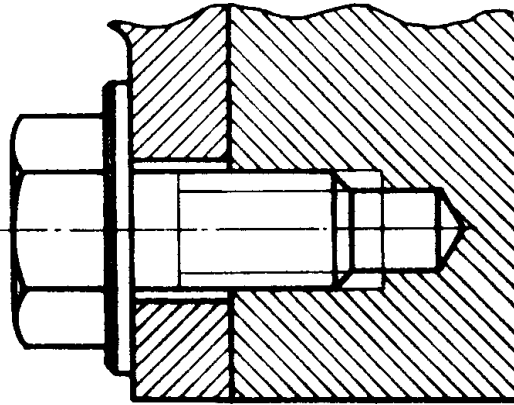
### ***Tipos de parafusos***

Os parafusos podem ser:

- sem porca
- com porca
- prisioneiro

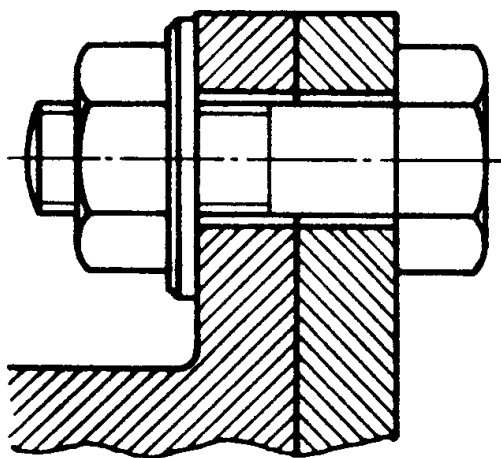
- Allen
- de fundação farpado ou dentado
- auto-atarraxante
- para pequenas montagens
- **Parafuso sem porca**

Nos casos onde não há espaço para acomodar uma porca, esta pode ser substituída por um furo com rosca em uma das peças. A união dá-se através da passagem do parafuso por um furo passante na primeira peça e rosqueamento no furo com rosca da segunda peça.



- **Parafuso com porca**

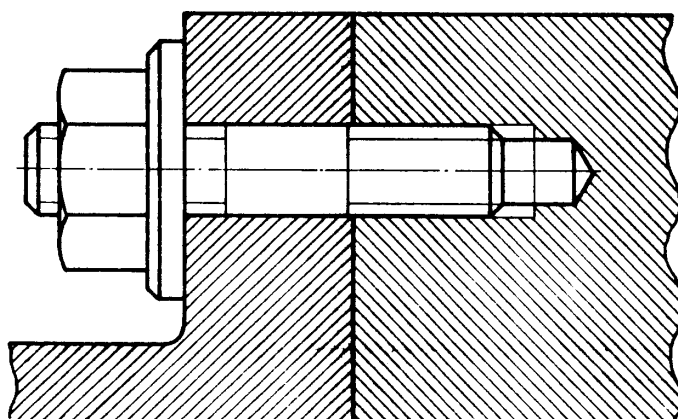
Às vezes, a união entre as peças é feita com o auxílio de porcas e arruelas. Nesse caso, o parafuso com porca é chamado passante.



- **Parafuso prisioneiro**

O parafuso prisioneiro é empregado quando se necessita montar e desmontar parafuso sem porca a intervalos frequentes. Consiste numa barra de seção circular com roscas nas duas extremidades. Essas roscas podem ter sentido oposto.

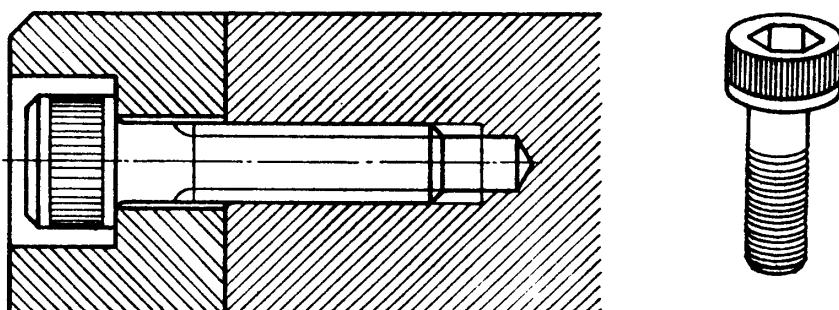
Para usar o parafuso prisioneiro, introduz-se uma das pontas no furo roscado da peça e, com auxílio de uma ferramenta especial, aperta-se essa peça. Em seguida aperta-se a segunda peça com uma porca e arruelas presas à extremidade livre do prisioneiro. Este permanece no lugar quando as peças são desmontadas.



aplicação do prisioneiro

- **Parafuso Allen**

O parafuso Allen é fabricado com aço de alta resistência à tração e submetido a um tratamento térmico após a conformação. Possui um furo hexagonal de aperto na cabeça, que é geralmente cilíndrica e recartilhada. Para o aperto, utiliza-se uma chave especial: a chave Allen.

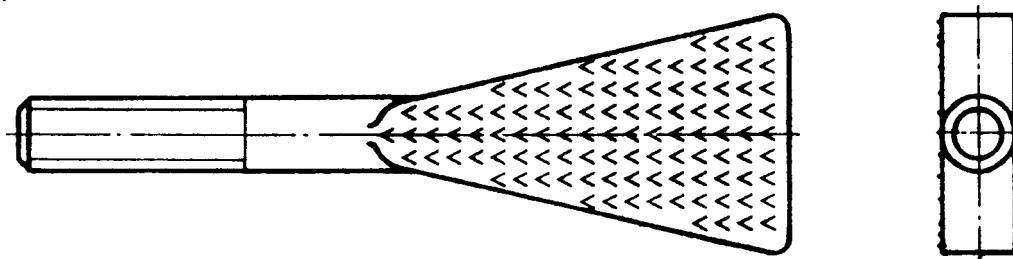


Os parafusos Allen são utilizados sem porcas e suas cabeças são encaixadas num rebaixo na peça fixada, para melhor

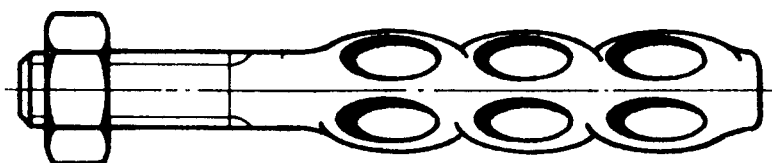
acabamento. E também por necessidade de redução de espaço entre peças com movimento relativo.

- **Parafuso de fundação farpado ou dentado**

Os parafusos de fundação farpados ou dentados são feitos de aço ou ferro e são utilizados para prender máquinas ou equipamentos ao concreto ou à alvenaria. Têm a cabeça trapezoidal delgada e áspera que, envolvida pelo concreto, assegura uma excelente fixação. Seu corpo é arredondado e com dentes, os quais têm a função de melhorar a aderência do parafuso ao concreto.



Farpado

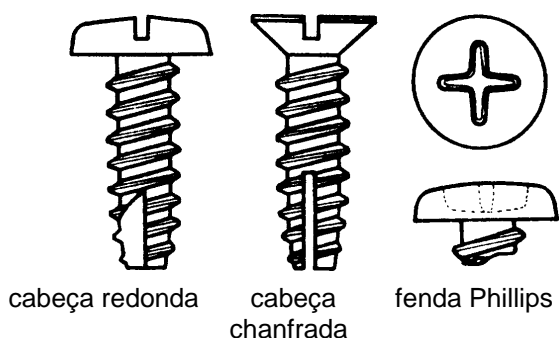


Dentado

- **Parafuso auto-atarraxante**

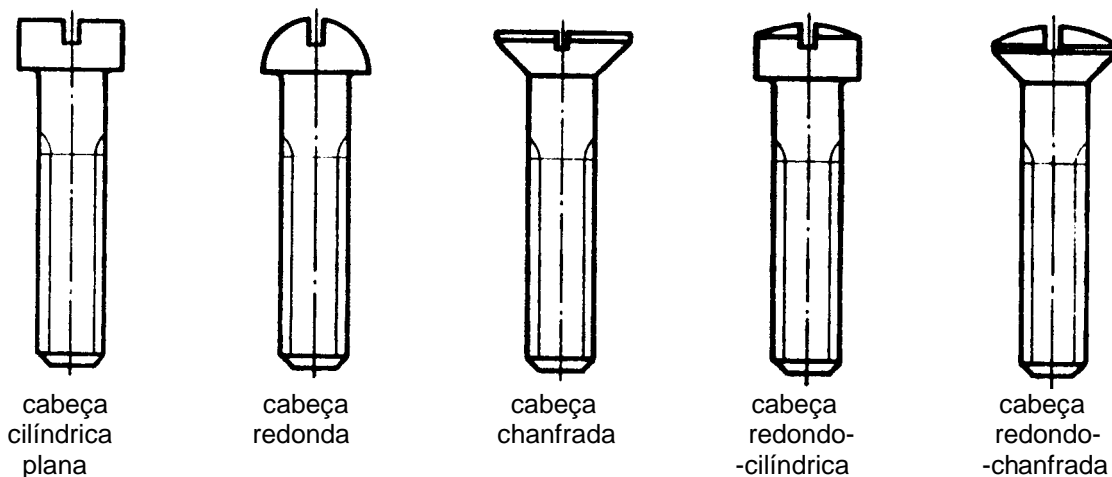
O parafuso auto-atarraxante tem rosca de passo largo em um corpo cônico e é fabricado em aço temperado. Pode ter ponta ou não e, às vezes, possui entalhes longitudinais com a função de cortar a rosca à maneira de uma tarraxa. As cabeças têm formato redondo, em latão ou chanfradas e apresentam fendas simples ou em cruz (tipo Phillips).

Esse tipo de parafuso elimina a necessidade de um furo roscado ou de uma porca, pois corta a rosca no material a que é preso. Sua utilização principal é na montagem de peças feitas de folhas de metal de pequena espessura, peças fundidas macias e plásticas.

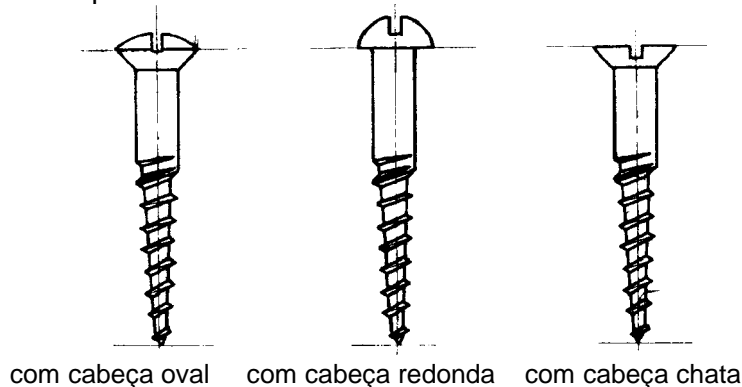


• **Parafuso para pequenas montagens**

Parafusos para pequenas montagens apresentam vários tipos de roscas e cabeças e são utilizados para metal, madeira e plásticos.



Dentre esses parafusos, os utilizados para madeira apresentam roscas especiais.



**Porcas**

Porcas são peças de forma prismática ou cilíndrica, providas de um furo roscado onde são atarraxadas ao parafuso. São

hexagonais, sextavadas, quadradas ou redondas e servem para dar aperto nas uniões de peças ou, em alguns casos, para auxiliar na regulagem.

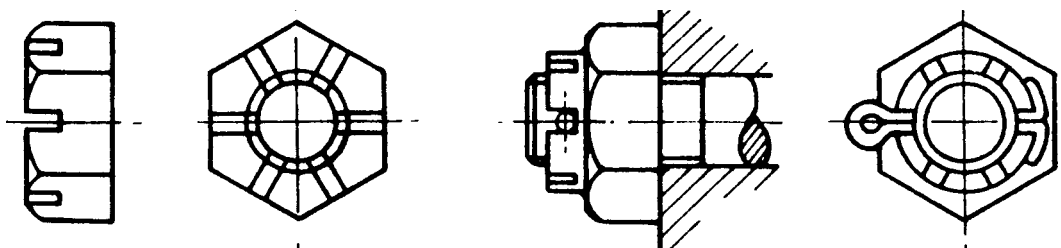
### ***Tipos de porcas***

São os seguintes os tipos de porcas:

- castelo
- cega (ou remate)
- borboleta
- contraporcas

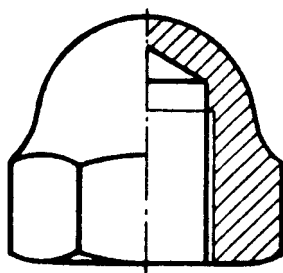
#### **- Porca castelo**

A porca castelo é uma porca hexagonal com seis entalhes radiais, coincidentes dois a dois, que se alinham com um furo no parafuso, de modo que uma cupilha possa ser passada para travar a porca.



#### **- Porca cega (ou remate)**

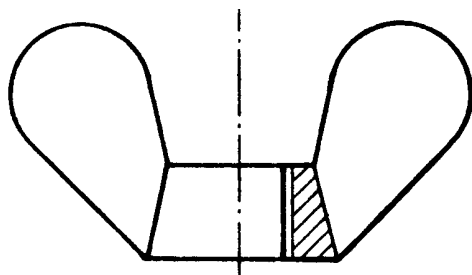
Nesse tipo de porca, uma das extremidades do furo rosqueado é encoberta, ocultando a ponta do parafuso.



A porca cega pode ser feita de aço ou latão, é geralmente cromada e possibilita um acabamento de boa aparência.

#### **- Porca borboleta**

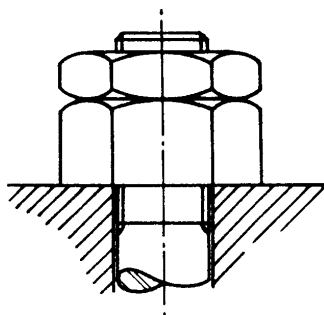
A porca borboleta tem saliências parecidas com asas para proporcionar o aperto manual. Geralmente fabricada em aço ou latão, esse tipo de porca é empregado quando a montagem e a desmontagem das peças são necessárias e frequentes.



### - Contraporcas

As porcas sujeitas a cargas de impacto e vibração apresentam tendência a afrouxar, o que pode causar danos às máquinas.

Um dos meios de travar uma porca é através do aperto de outra porca contra a primeira. Por medida de economia utiliza-se uma porca mais fina, e para sua travação são necessárias duas chaves de boca. Veja figura a seguir.



### Arruelas

São peças cilíndricas, de pouca espessura, com um furo no centro, pelo qual passa o corpo do parafuso.

As arruelas servem basicamente para:

- proteger a superfície das peças;
- evitar deformações nas superfícies de contato;
- evitar que a porca afrouxe;
- suprimir folgas axiais (isto é, no sentido do eixo) na montagem das peças;
- evitar desgaste da cabeça do parafuso ou da porca.

A maioria das arruelas é fabricada em aço, mas o latão também é empregado; neste caso, são utilizadas com porcas e parafusos de latão.

As arruelas de cobre, alumínio, fibra e couro são extensivamente usadas na vedação de fluidos.

### ***Tipos de arruelas***

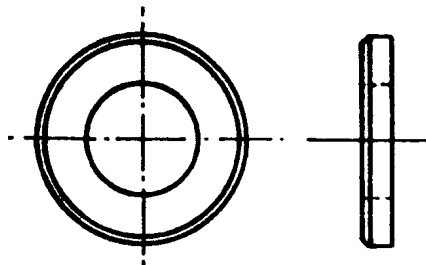
Os três tipos de arruela mais usados são:

- arruela lisa
- arruela de pressão
- arruela estrelada

#### ***- Arruela lisa***

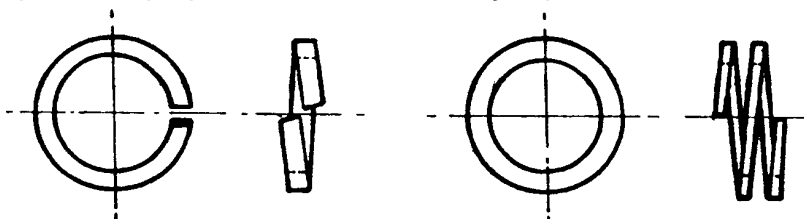
A arruela lisa (ou plana) geralmente é feita de aço e é usada sob uma porca para evitar danos à superfície e distribuir a força do aperto.

As arruelas de qualidade inferior, mais baratas, são furadas a partir de chapas brutas, mas as de melhor qualidade são usinadas e têm a borda chanfrada como acabamento.



#### ***- Arruela de pressão***

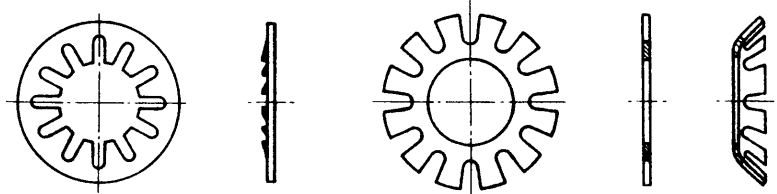
A arruela de pressão consiste em uma ou mais espiras de mola helicoidal, feita de aço de mola de seção retangular. Quando a porca é apertada, a arruela se comprime, gerando uma grande força de atrito entre a porca e a superfície. Essa força é auxiliada por pontas aguçadas na arruela que penetram nas superfícies, proporcionando uma travação positiva.



### - Arruela estrelada

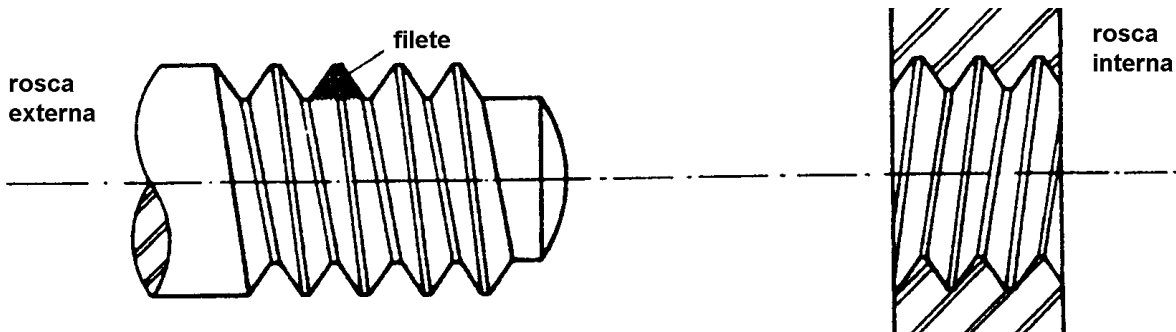
A arruela estrelada (ou arruela de pressão serrilhada) é de dentes de aço de molas e consiste em um disco anular provido de dentes ao longo do diâmetro interno ou diâmetro externo. Os dentes são torcidos e formam pontas aguçadas. Quando a porca é apertada, os dentes se aplainam penetrando nas superfícies da porca e da peça em contato.

A arruela estrelada com dentes externos é empregada em conjunto com parafusos de cabeça chanfrada.



### Roscas

Rosca é uma saliência de perfil constante, helicoidal, que se desenvolve de forma uniforme, externa ou internamente, ao redor de uma superfície cilíndrica ou cônica. Essa saliência é denominada filete.



### Passo e hélice de rosca

Quando há um cilindro que gira uniformemente e um ponto que se move também uniformemente no sentido longitudinal, em cada volta completa do cilindro, o avanço (distância percorrida pelo ponto) chama-se passo e o percurso descrito no cilindro por esse ponto denomina-se hélice.

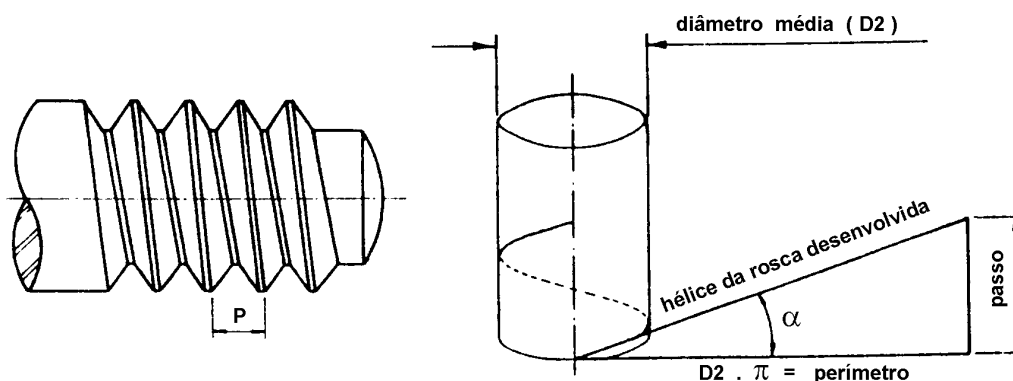
O desenvolvimento da hélice forma um triângulo, onde se têm:

$\alpha$  = ângulo da hélice

P (passo) = cateto oposto

hélice = hipotenusa

$D_2$  (diâmetro médio) = cateto adjacente



Podem-se aplicar, então, as relações trigonométricas em qualquer rosca, quando se deseja conhecer o passo, diâmetro médio ou ângulo da hélice:

$$\text{ângulo da hélice} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{P}{D_2 \cdot \pi}$$

$$P (\text{passo}) = \operatorname{tg} \alpha \cdot D_2 \cdot \pi$$

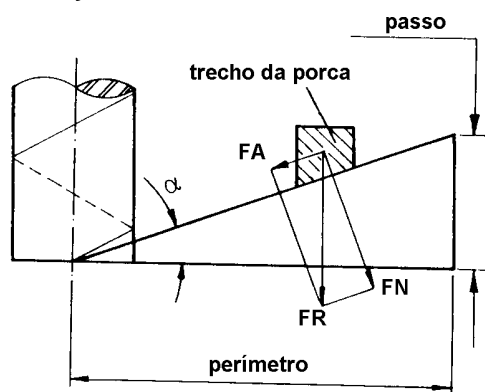
Quanto maior for o ângulo da hélice, menor será a força de atrito atuando entre a porca e o parafuso, e isto é comprovado através do paralelogramo de forças. Portanto, deve-se ter critério na aplicação do passo da rosca.

Para um aperto adequado em parafusos de fixação, deve-se manter  $\alpha < 15^\circ$ .

FA = força de atrito

FN = força normal

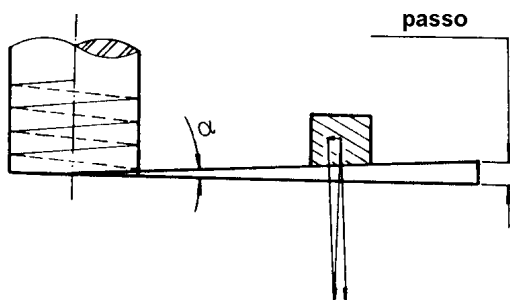
FR = força resultante



### **Rosca fina (rosca de pequeno passo)**

Frequentemente é usada na construção de automóveis e aeronaves, principalmente porque nesses veículos ocorrem choques e vibrações que tendem a afrouxar a porca.

É utilizada também quando há necessidade de uma ajustagem fina ou uma maior tensão inicial de aperto e, ainda, em chapas de pouca espessura e em tubos, por não diminuir sua secção.

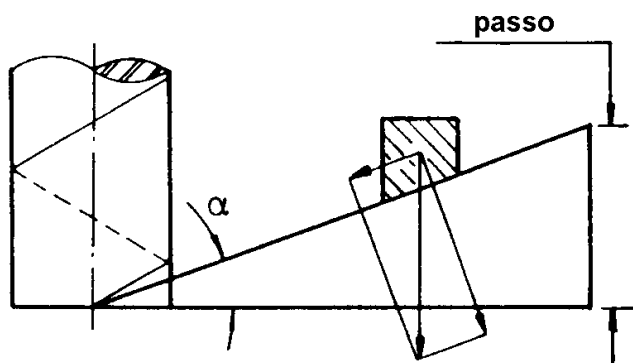


Parafusos com tais roscas são comumente feitos de aços-liga e tratados termicamente.

Observação: Devem-se evitar roscas finas em materiais quebradiços.

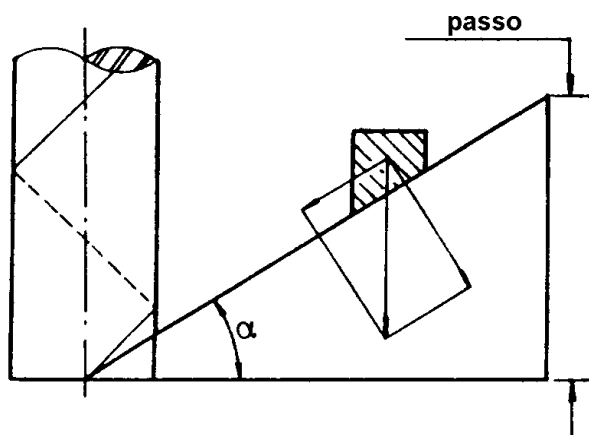
### ***Rosca média (normal)***

Utilizada normalmente em construções mecânicas e em parafusos de modo geral, proporciona também uma boa tensão inicial de aperto, mas deve-se precaver quando do seu emprego em montagens sujeitas a vibrações, usando, por exemplo, arruelas de pressão.



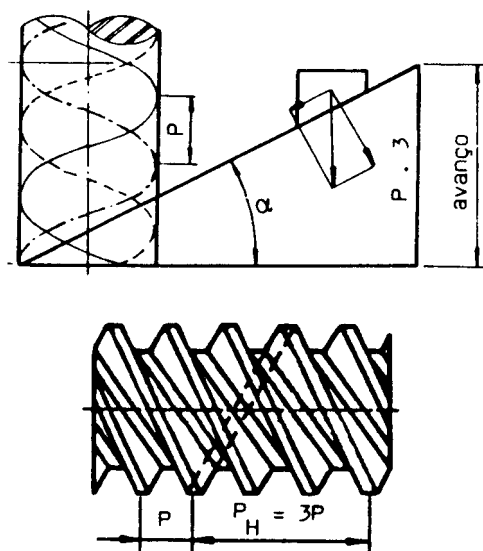
### ***Rosca de transporte ou movimento***

Possui passo longo e por isso transforma o movimento giratório num deslocamento longitudinal bem maior que as anteriormente citadas. É empregada normalmente em máquinas (tornos, prensas, morsa, etc.) ou quando as montagens e desmontagens são frequentes.



O material do furo roscado deve ser diferente do aço para evitar a solda a frio (emgripamento). Também é desaconselhável sua montagem onde as vibrações e os choques são frequentes.

Quando se deseja um grande deslocamento com filetes de pouca espessura, emprega-se a rosca múltipla, isto é, com dois filetes ou mais.



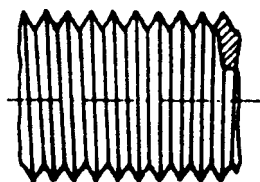
Em alguns casos, quando o ângulo da hélice for maior que  $45^\circ$  o movimento longitudinal pode ser transformado em movimento giratório, como por exemplo o **berbequim**.



### **Perfil da rosca (secção do filete)**

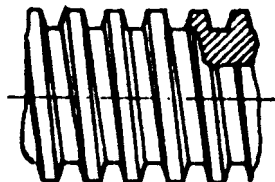
#### **Triangular**

É o mais comum. Utilizado em parafusos e porcas de fixação, uniões e tubos.



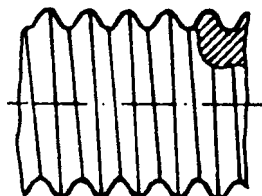
#### **Trapezoidal**

Empregado em órgãos de comando das máquinas operatrizes (para transmissão de movimento suave e uniforme), fusos e prensas de estampar (balancins mecânicos).



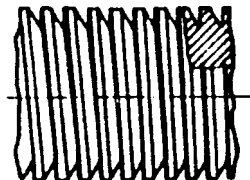
#### **Redondo**

Emprego em parafusos de grandes diâmetros e que devem suportar grandes esforços, geralmente em componentes ferroviários. É empregado também em lâmpadas e fusíveis pela facilidade na estampagem.



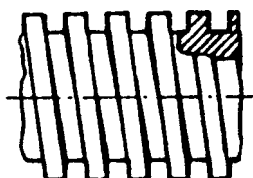
### ***Dente de serra***

Usado quando a força de solicitação é muito grande em um só sentido (morsas, macacos, pinças para tornos e fresadoras).



### ***Quadrado***

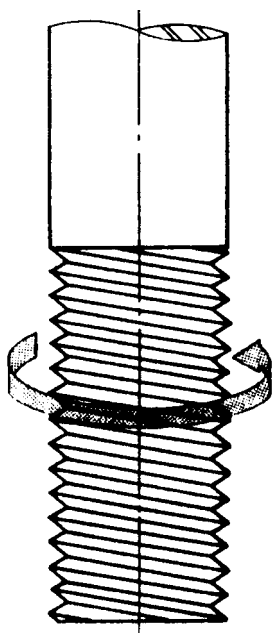
Quase em desuso, mas ainda utilizado em parafusos e peças sujeitas a choques e grandes esforços (morsas).



### **Sentido de direção do filete**

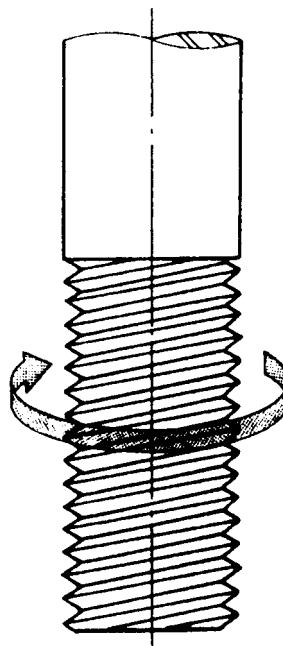
#### **À esquerda**

Quando, ao avançar, gira em sentido contrário ao dos ponteiros do relógio (sentido de aperto à esquerda).



#### **À direita**

Quando, ao avançar, gira no sentido dos ponteiros do relógio (sentido de aperto à direita).



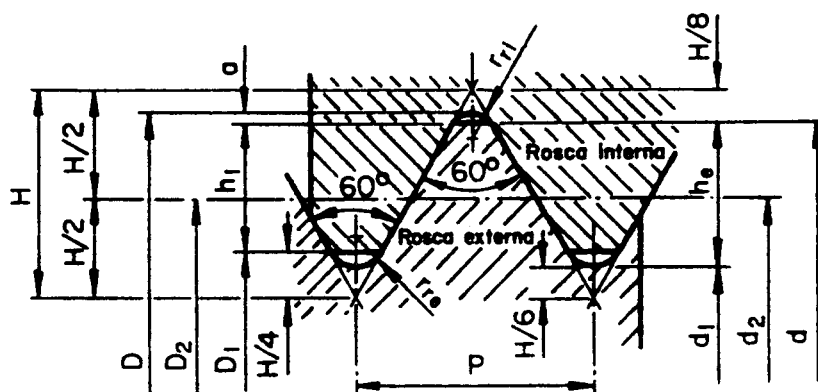
### **Simbologia dos principais elementos de uma rosca**

- D = diâmetro maior da rosca interna (nominal)
- d = diâmetro maior da rosca externa (nominal)
- D<sub>1</sub> = diâmetro menor da rosca interna
- d<sub>1</sub> = diâmetro menor da rosca externa
- D<sub>2</sub> = diâmetro efetivo da rosca interna
- d<sub>2</sub> = diâmetro efetivo da rosca externa
- P = passo
- A = avanço
- N = número de voltas por polegada
- n = número de filetes (fios por polegada)
- H = altura do triângulo fundamental
- he = altura do filete da rosca externa
- hi = altura do filete da rosca interna
- i = ângulo da hélice ( $\alpha$ )
- rre = arredondamento do fundo da rosca do parafuso
- rr1 = arredondamento do fundo da rosca da porca

## Principais sistemas de roscas

### Rosca métrica de perfil triangular ISO - ABNT - NB97

$$\begin{aligned} d &= \text{nominal} & h_1 &= 0,5413 \cdot P \\ d_1 &= d - 1,2268 \cdot P & r_{ri} &= 0,063 \cdot P \\ h_e &= 0,61343 \cdot P & d_2 \text{ e } D_2 &= d - 0,64953 \cdot P \\ r_{re} &= 0,14434 \cdot P & A &= 0,045 \cdot P \\ D &= d + 2a & H &= 0,86603 \cdot P \\ D_1 &= d - 1,0825 \cdot P & i &= \tan \alpha = \frac{P}{\pi \cdot d_1} \end{aligned}$$



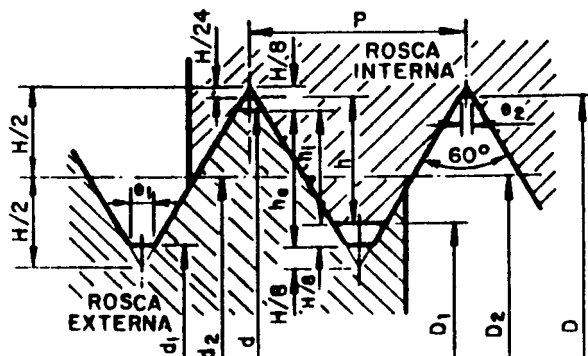
Designação

- M10 (normal)
- M20 x 1,5 (passo fino)

### Rosca americana normal NC ISO - ABNT - NB97

$P = 1'' \div \text{número de filetes por polegada}$

$$\begin{aligned} H &= 0,866p \\ h_e &= 0,6495p \\ h &= 0,6134p \\ h_1 &= 0,54125p \\ d_1 &= d - 2h_e \\ d_2 &= d - h_e \\ D &= d + 0,2222h_e \\ D_1 &= d - 1,7647 \\ e_1 &= p/8 \\ e_2 &= p/24 \end{aligned}$$



### Rosca americana fina - NC

$P = 1'' \div \text{número de filetes por polegada}$

$H = 0,866P$

$h_e = 0,6495P$

$h = 0,6134P$

$h_1 = 0,54125P$

$d_1 = d - 2h_e$

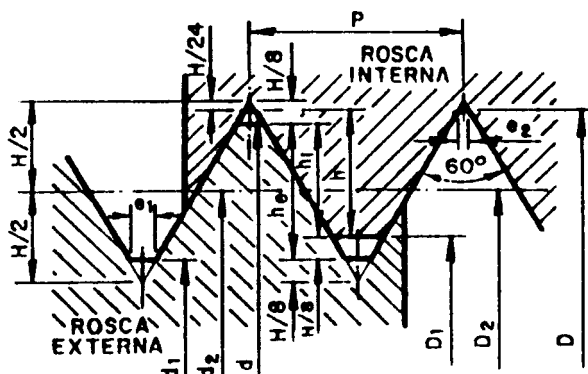
$d_2 = d - h_e$

$D = d + 0,2222h_e$

$D_2 = d - 1,7647$

$e_1 = p/8$

$e_2 = p/24$



### Rosca whitworth normal (inglesa)

$P = 1'' \div \text{número de filetes por polegada}$

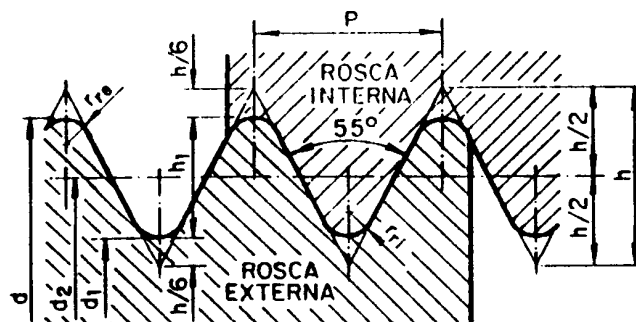
$H = 0,9605 \cdot P$

$h_1 = 0,6403 \cdot P$

$d_1 = d - 2 \cdot h_1$

$r_{re} = r_{ri} = 0,1373 \cdot P$

$d_2 = d_1 + h_1$



Designação

Normal: Indica-se somente pelo  $\varnothing$  maior  $\rightarrow 2''$

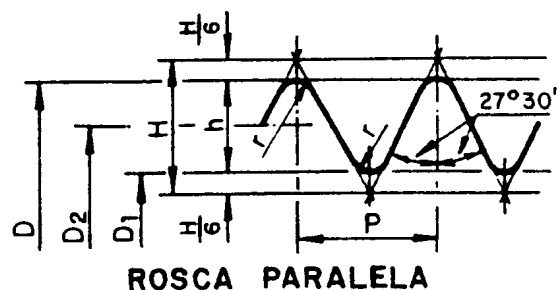
Fina: Diâmetro maior x passo  $\rightarrow w84 \times 1/16''$

**Rosca Whitworth gás (BSP) - ABNT - NB202 ISO - R7**  
(continua)

$$H = 0,960491 \cdot P$$

$$h = 0,640327 \cdot P$$

$$r = 0,137329 \cdot P$$

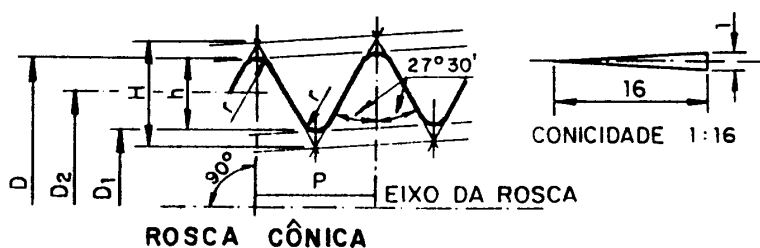


**Rosca Whitworth gás (BSP) - ABNT - NB202 ISO - R7**  
(conclusão)

$$H = 0,960237 \cdot P$$

$$h = 0,640327 \cdot P$$

$$r = 0,137278 \cdot P$$



Designação

T4"

**Rosca trapezoidal americana "Acme"**

$$\angle = 29^\circ$$

$$h = 0,5 \cdot P + 0,254$$

$$h_1 = h$$

$$c = 0,3707 \cdot P$$

$$f = 0,3707 \cdot P - 0,132$$

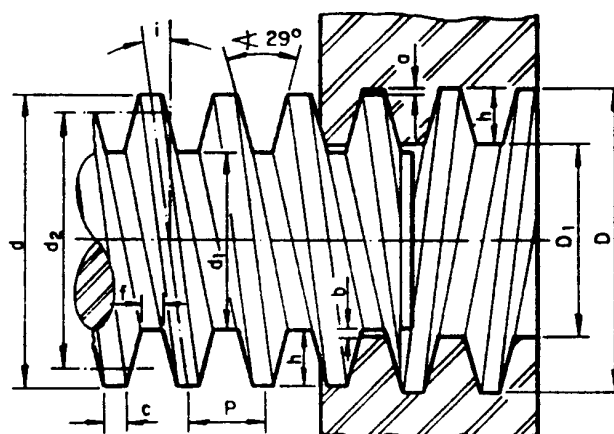
$$d_1 = d - 2h$$

$$d_2 = d - \frac{P}{2}$$

$$D = d + 0,508$$

$$D_1 = d - P$$

$$\operatorname{tg} i = \frac{P}{\pi \cdot D_2}$$



Exemplo: 1 1/8" x 5

---

Designação

- Diâmetro externo (em polegada) x número de fios por polegada.

### Rosca trapezoidal métrica

$P$  = variável

$d_1 = d - 2h_1$

$D = d + 2a$

$D_1 = d - 2(h_1 - a)$

$d_2 = d - 0,5 \cdot P$

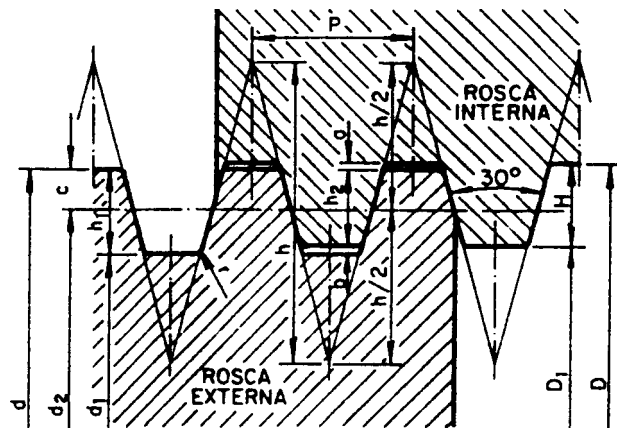
$h = 1,866 \cdot P$

$h_1 = 0,5 \cdot P + a$

$h_2 = 0,5 \cdot P + a - b$

$H = 0,5 \cdot P + 2a - b$

$\angle = 30^\circ$

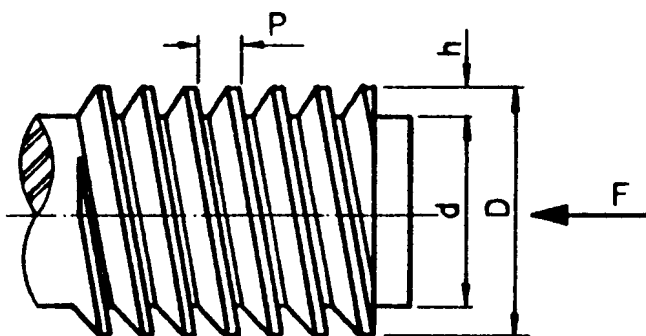


Ângulo da hélice ( $i$ ) =  $\text{tg } i = \frac{P}{\pi \cdot d_2}$

Exemplo:

Diâmetro maior x passo  $\rightarrow$  Tr 48 x 8

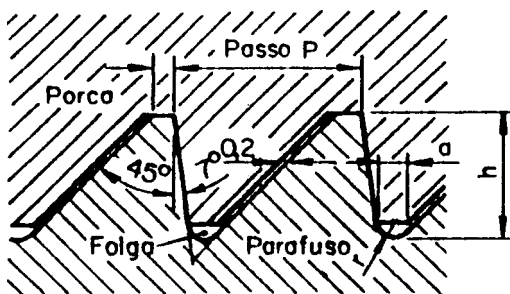
### Rosca dente de serra



Símbolo: S

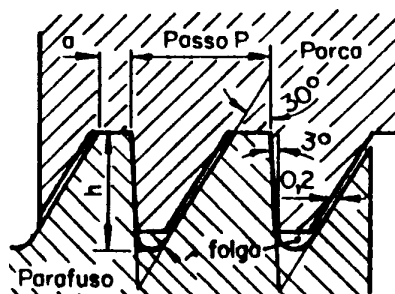
Designação:  $\varnothing$  maior x passo

Exemplo: 570 x 10



$h = 0,663P$

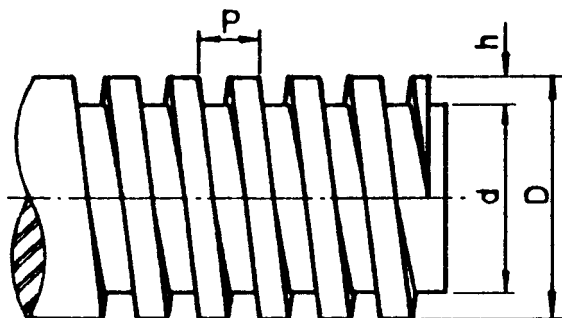
$a = 0,163P$



$h = 0,867P$

$a = 0,264P$

### Rosca quadrada



$$\text{folga} = 0,05h$$

$$h = 0,5P$$

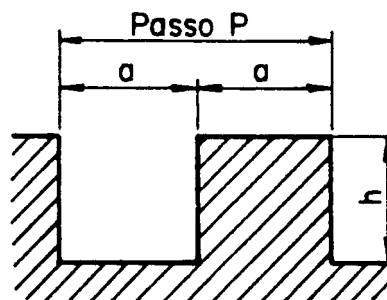
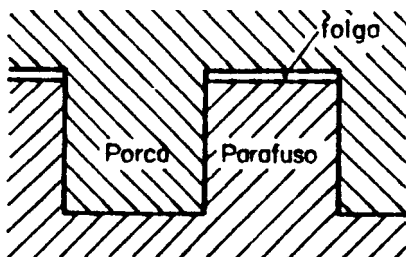
$$a = 0,5P$$

$$P(\text{métrico}) = 0,2D$$

Designação:

Quadrada  $\varnothing$  maior x passo

Exemplo: Quadrada 50 x 4



## **Engrenagens, Correias, Polias e Correntes**

### **Transmissão por engrenagens**

As engrenagens, também chamadas rodas dentadas, são elementos básicos na transmissão de potência entre árvores.

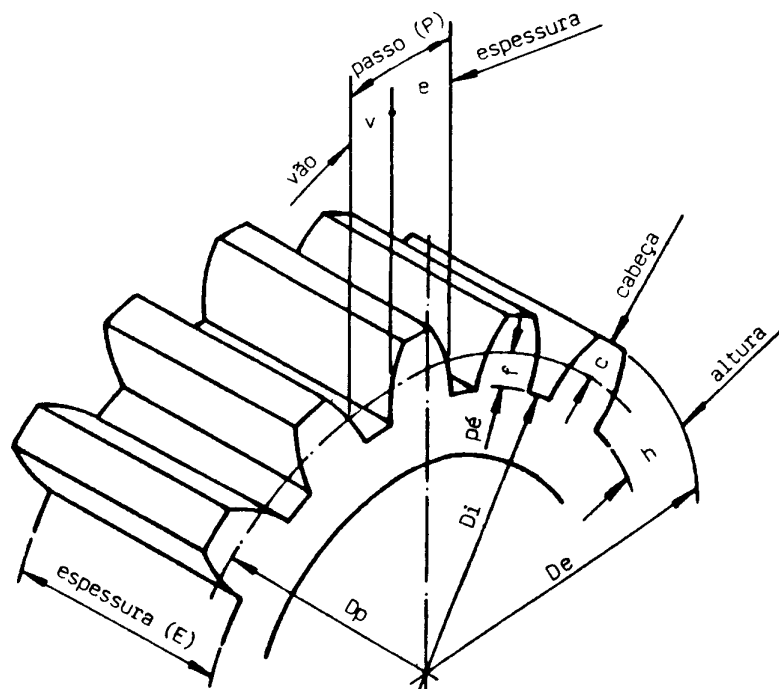
Elas permitem a redução ou aumento do momento torsor, com mínimas perdas de energia, e aumento ou redução de velocidades, sem perda nenhuma de energia, por não deslizarem.

A mudança de velocidade e torção é feita na razão dos diâmetros primitivos. Aumentando a rotação, o momento torsor diminui e vice-versa. Assim, num par de engrenagens, a maior delas terá sempre rotação menor e transmitirá momento torsor maior. A engrenagem menor tem sempre rotação mais alta e momento torsor menor.

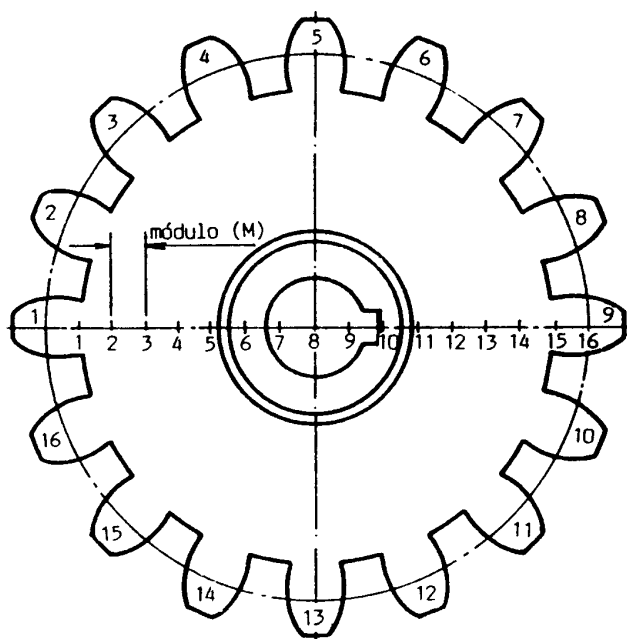
O movimento dos dentes entre si processa-se de tal modo que no diâmetro primitivo não há deslizamento, havendo apenas aproximação e afastamento.

Nas demais partes do flanco, existe ação de deslizamento e rolamento. Daí conclui-se que as velocidades periféricas (tangenciais) dos círculos primitivos de ambas as rodas são iguais (lei fundamental do dentado).

## Elementos básicos das engrenagens

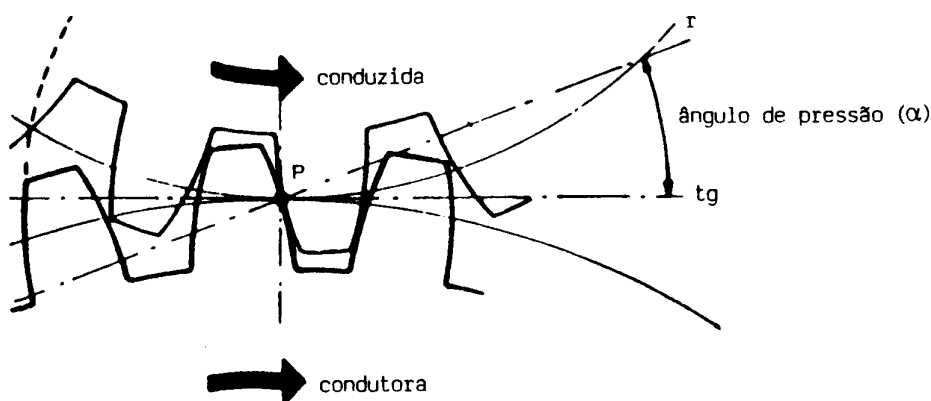


- **(De)** Diâmetro externo  
É o diâmetro máximo da engrenagem  $De = m (z + 2)$ .
- **(Di)** Diâmetro interno  
É o diâmetro menor da engrenagem.
- **(Dp)** Diâmetro primitivo  
É o diâmetro intermediário entre  $De$  e  $Di$ . Seu cálculo exato é  $Dp = De - 2m$ .
- **(C)** Cabeça do dente  
É a parte do dente que fica entre  $Dp$  e  $De$ .
- **(f)** Pé do dente  
É a parte do dente que fica entre  $Dp$  e  $Di$ .
- **(h)** Altura do dente  
É a altura total do dente  $\frac{De - Di}{2}$  ou  $h = 2,166 \cdot m$
- **(e)** Espessura de dente  
É a distância entre os dois pontos extremos de um dente, medida à altura do  $Dp$ .
- **(V)** Vão do dente  
É o espaço entre dois dentes consecutivos. Não é a mesma medida de  $e$ .
- **(P)** Passo  
Medida que corresponde a distância entre dois dentes consecutivos, medida à altura do  $Dp$ .



número de dentes (Z) = 16

$$\text{Módulo (M)} = \frac{D_p}{Z} \text{ ou } \frac{P}{\pi}$$



- **(M) Módulo**

Dividindo-se o  $D_p$  pelo número de dentes (z), ou o passo (P) por  $\pi$ , teremos um número que se chama módulo (M).

Esse número é que caracteriza a engrenagem e se constitui em sua unidade de medida.

O módulo é o número que serve de base para calcular a dimensão dos dentes.

- **(α) = Ângulo de pressão**

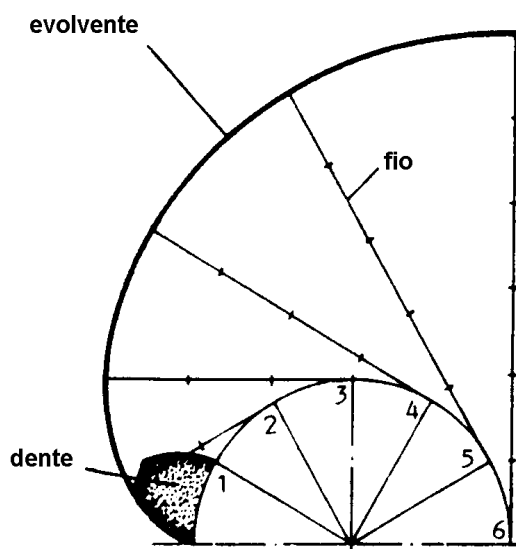
Os pontos de contato entre os dentes da engrenagem motora e movida estão ao longo do flanco do dente e, com o movimento das engrenagens, deslocam-se em uma linha reta, a qual forma, com a tangente comum às duas engrenagens, um ângulo. Esse ângulo é chamado ângulo de pressão (α), e no sistema modular é utilizado normalmente com 20 ou 15°.

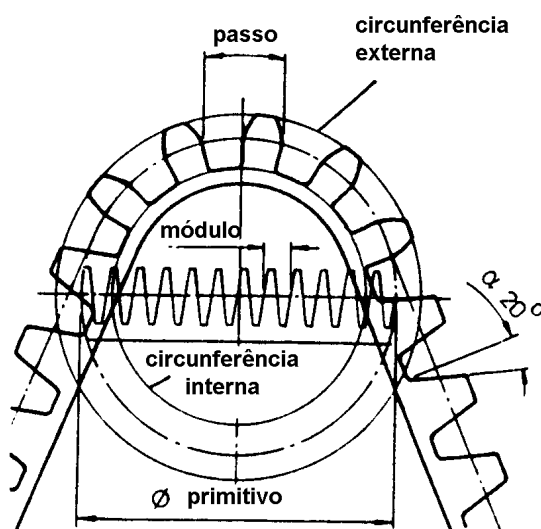
### **Perfil do flanco do dente**

O perfil do flanco do dente é caracterizado por parte de uma curva cicloidal chamada evolvente. A figura apresenta o processo de desenvolvimento dessa curva.

O traçado prático da evolvente pode ser executado ao redor de um círculo, marcando-se a trajetória descrita por um ponto material definido no próprio fio.

Quanto menor for o diâmetro primitivo ( $D_p$ ), mais acentuada será a evolvente. Quanto maior for o diâmetro primitivo, menos acentuada será a evolvente, até que, em uma engrenagem de  $D_p$  infinito (cremalheira) a evolvente será uma reta. Neste caso, o perfil do dente será trapezoidal, tendo como inclinação apenas o ângulo de pressão ( $\alpha$ ).

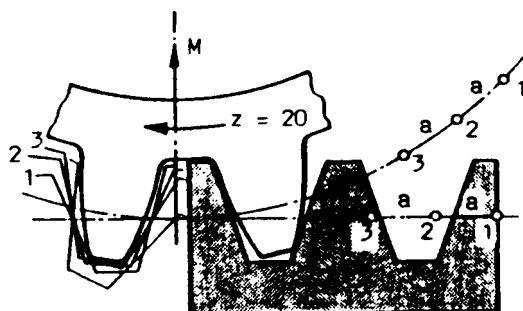




### Geração de evolvente

Imagine a cremalheira citada no item anterior como sendo uma ferramenta de corte que trabalha em plana vertical, e que a cada golpe se desloca juntamente com a engrenagem a ser usinada (sempre mantendo a mesma distância do diâmetro primitivo).

É por meio desse processo contínuo que é gerada, passo a passo, a evolvente.



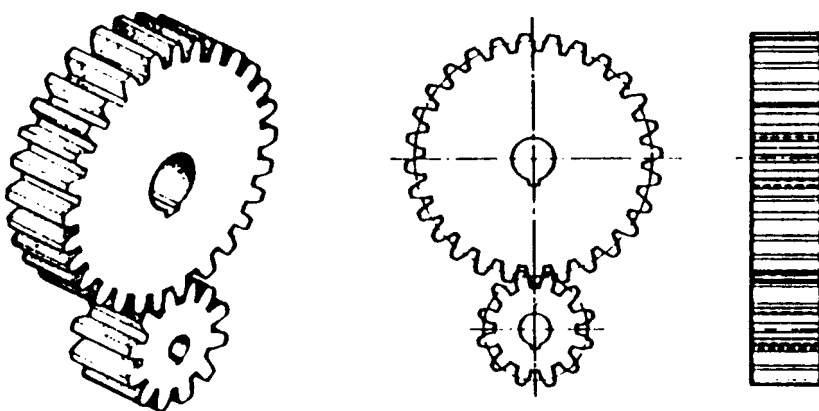
O ângulo de inclinação do perfil (ângulo de pressão  $\alpha$ ) sempre é indicado nas ferramentas e deve ser o mesmo para o par de engrenagens que trabalham juntas.

## ***Tipos de engrenagens***

### ***Engrenagem cilíndrica de dentes retos***

Os dentes são dispostos paralelamente entre si e em relação ao eixo. É o tipo mais comum de engrenagem e o de mais baixo custo.

É usada em transmissão que requer mudança de posição das engrenagens em serviço, pois é fácil de engatar. É mais empregada na transmissão de baixa rotação do que na de alta rotação, por causa do ruído que produz.

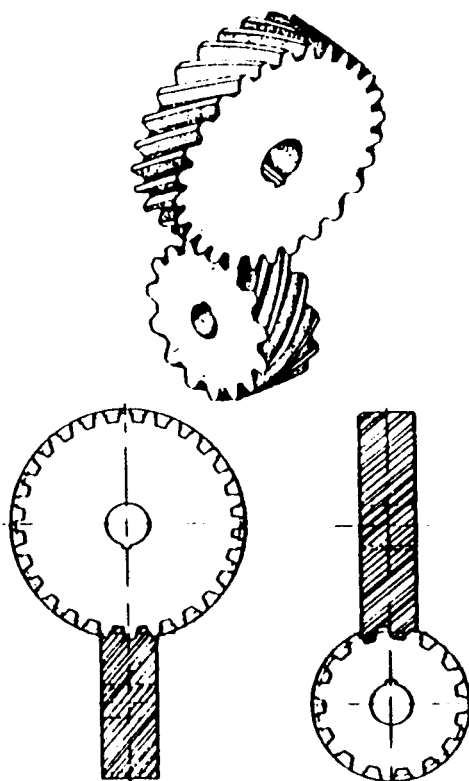


### ***Engrenagem cilíndrica de dentes helicoidais***

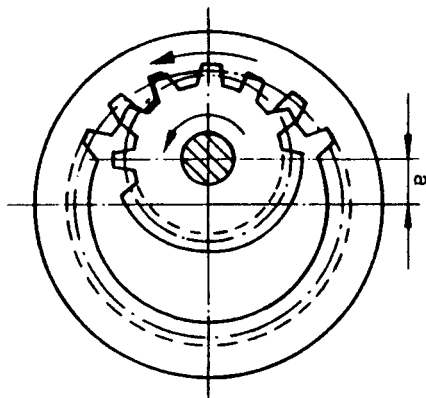
Os dentes são dispostos transversalmente em forma de hélice em relação ao eixo.

É usada em transmissão fixa de rotações elevadas por ser silenciosa devido a seus dentes estarem em componente axial de força que deve ser compensada pelo mancal ou rolamento.

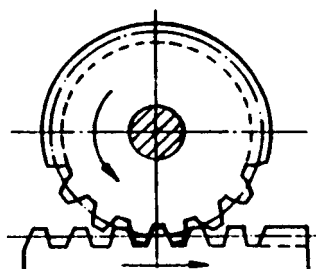
Serve para transmissão de eixos paralelos entre si e também para eixos que formam um ângulo qualquer entre si (normalmente 60 ou 90°).

***Engrenagem cilíndrica com dentes internos***

É usada em transmissões planetárias e comandos finais de máquinas pesadas, permitindo uma economia de espaço e distribuição uniforme da força. As duas rodas do mesmo conjunto giram no mesmo sentido.

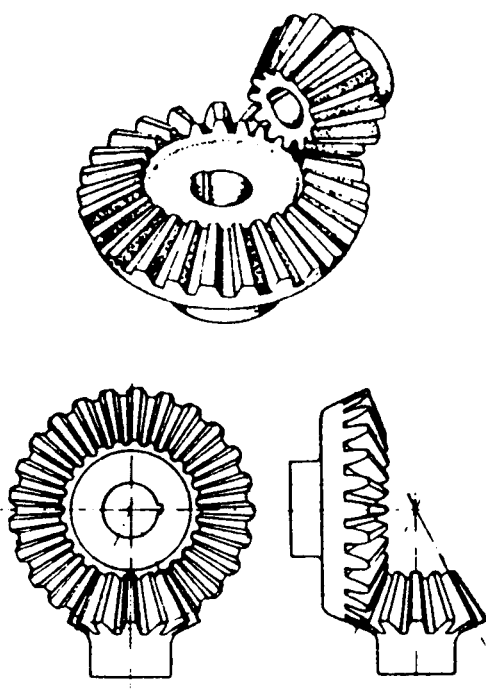
***Engrenagem cilíndrica com cremalheira***

A cremalheira pode ser considerada como uma coroa dentada com diâmetro primitivo infinitamente grande. É usada para transformar movimento giratório em longitudinal.



### ***Engrenagem cônica com dentes retos***

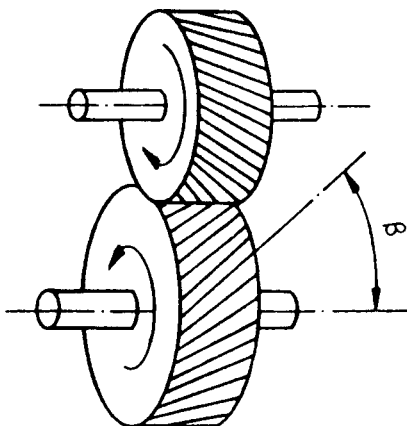
É empregada quando as árvores se cruzam; o ângulo de interseção é geralmente  $90^\circ$ , podendo ser menor ou maior. Os dentes das rodas cônicas têm um formato também cônico, o que dificulta sua fabricação, diminui a precisão e requer uma montagem precisa para o funcionamento adequado.



A engrenagem cônica é usada para mudar a rotação e direção da força, em baixas velocidades.

### ***Engrenagem cilíndrica com dentes oblíquos***

Seus dentes formam um ângulo de 8 a 20° com o eixo da árvore. Os dentes possuem o perfil da envolvente e podem estar inclinados à direita ou à esquerda.



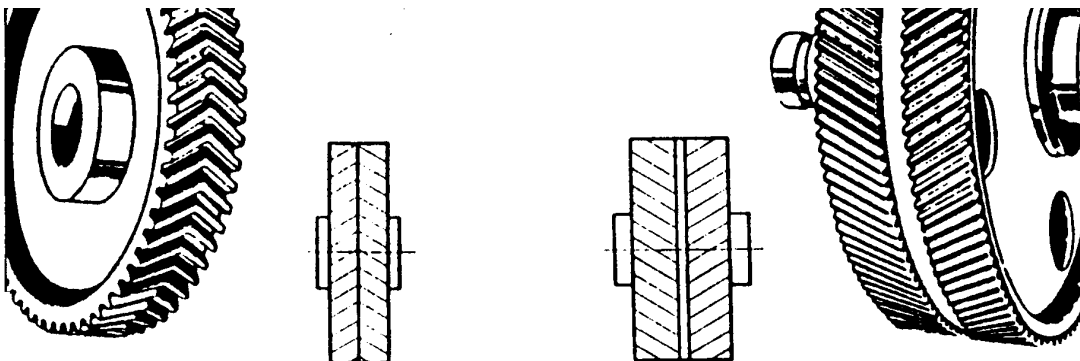
Os dentes vão se carregando e descarregando gradativamente.

Sempre engrenam vários dentes simultaneamente, o que dá um funcionamento suave e silencioso. Pode ser bastante solicitada e pode operar com velocidades periféricas até 160m/s.

Os dentes oblíquos produzem uma força axial que deve ser compensada pelos mancais.

### ***Engrenagem cilíndrica com dentes em V***

Conhecida também como engrenagem espinha de peixe. Possui dentado helicoidal duplo com uma hélice à direita e outra à esquerda. Isso permite a compensação da força axial na própria engrenagem, eliminando a necessidade de compensar esta força nos mancais.

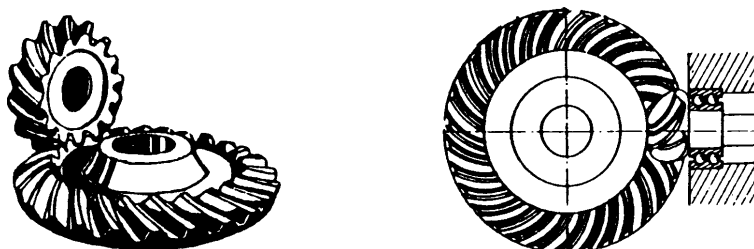


Para que cada parte receba metade da carga, a engrenagem em espinha de peixe deve ser montada com precisão e uma das

árvores deve ser montada de modo que flutue no sentido axial. Usam-se grandes inclinações de hélice, geralmente de 30 a 45°. Pode ser fabricada em peça única ou em duas metades unidas por parafusos ou solda. Neste último caso só é admissível o sentido de giro no qual as forças axiais são dirigidas uma contra a outra.

### ***Engrenagem cônica com dentes em espiral***

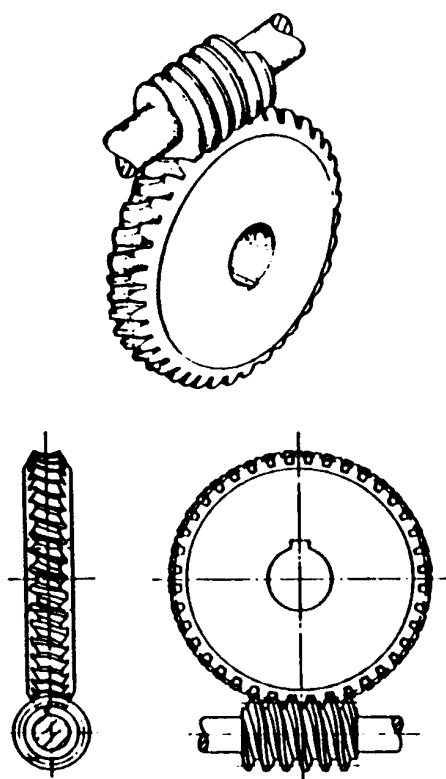
Empregada quando o par de rodas cônicas deve transmitir grandes potências e girar suavemente, pois com este formato de dentes consegue-se o engrenamento simultâneo de dois dentes.



O pinhão pode estar deslocado até 1/8 do diâmetro primitivo da coroa. Isso acontece particularmente nos automóveis para ganhar espaço entre a carcaça e o solo.

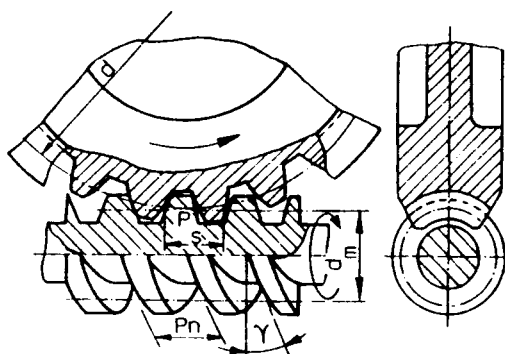
### ***Parafuso sem-fim e engrenagem côncava (coroa)***

O parafuso sem-fim é uma engrenagem helicoidal com pequeno número (até 6) de dentes (filetes).



O sem-fim e a coroa servem para transmissão entre dois eixos perpendiculares entre si. São usados quando se precisa obter grande redução de velocidade e consequente aumento de momento torsor.

Quando o ângulo de inclinação ( $\gamma$ ) dos filetes for menor que  $5^\circ$ , o engrenamento é chamado de auto-retenção. Isto significa que o parafuso não pode ser acionado pela coroa.



Nos engrenamentos sem-fim, como nas engrenagens helicoidais, aparecem forças axiais que devem ser absorvidas pelos mancais.

Entre o sem-fim e a coroa produz-se um grande atrito de deslizamento. A fim de manter o desgaste e a geração de calor dentro dos limites, adequam-se os materiais do sem-fim (aço) e da coroa (ferro fundido ou bronze), devendo o conjunto funcionar em banho de óleo.

### **Relação de transmissão (i)**

Para engrenagens em geral:

$$i = \frac{D_{p2}}{D_{p1}} = \frac{Z_2}{Z_1}$$

Onde:

$D_{p1}$  = diâmetro primitivo da roda motora

$D_{p2}$  = diâmetro primitivo da roda movida

$Z_1$  = número de dentes da roda motora

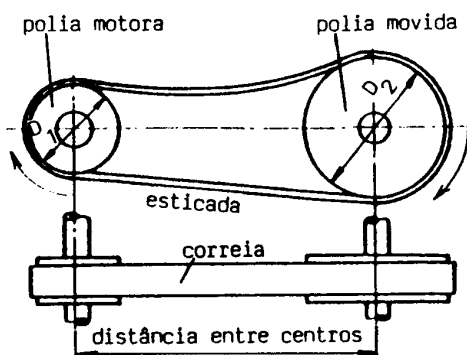
$Z_2$  = número de dentes da roda movida

## Transmissão por polias e correias

Para transmitir potência de uma árvore à outra, alguns dos elementos mais antigos e mais usados são as correias e as polias.

As transmissões por correias e polias apresentam as seguintes vantagens:

- possuem baixo custo inicial, alto coeficiente de atrito, elevada resistência ao desgaste e funcionamento silencioso;
- são flexíveis, elásticas e adequadas para grandes distâncias entre centros.



### Relação de transmissão (i)

É a relação entre o número de voltas das polias (n) numa unidade de tempo e os seus diâmetros. A velocidade periférica (V) é a mesma para as duas rodas.

$$V_1 = V_2 \therefore \pi D_1 n_1 = \pi D_2 n_2$$

Onde:

$D_1$  =  $\varnothing$  da polia menor

$D_2$  =  $\varnothing$  da polia maior

$n_1$  = número de voltas por minuto (rpm) da polia menor

$n_2$  = rpm da polia maior

Logo:

$$V_1 = V_2$$

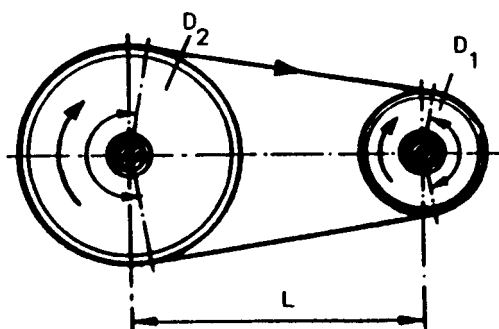
$$\pi D_1 n_1 = \pi D_2 n_2$$

$$D_1 n_1 = D_2 n_2$$

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} = i$$

### Transmissão por correia plana

Essa maneira de transmissão de potência se dá por meio do atrito que pode ser simples, quando existe somente uma polia motora e uma polia movida (como na figura abaixo), ou múltiplo, quando existem polias intermediárias com diâmetros diferentes.



A correia plana, quando em serviço, desliza e portanto não transmite integralmente a potência.

A velocidade periférica da polia movida é, na prática, sempre menor que a da polia motora. O deslizamento depende da carga, da velocidade periférica, do tamanho da superfície de atrito e do material da correia e das polias.

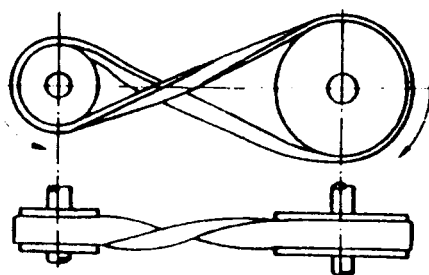
O tamanho da superfície de atrito é determinado pela largura da correia e pelo ângulo de abraçamento ou contato ( $\alpha$ ) (figura acima) que deve ser o maior possível e calcula-se pela seguinte fórmula:

$$\alpha \text{ para a polia menor} \\ \alpha \approx 180^\circ - \frac{60 \cdot (D_2 - D_1)}{L}$$

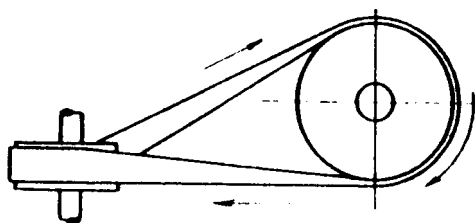
Para obter um bom ângulo de abraçamento é necessário que:

- a relação de transmissão  $i$  não ultrapasse 6:1;
- a distância entre eixos não seja menor que  $1,2 (D_1 + D_2)$ .

No acionamento simples, a polia motora e a movida giram no mesmo sentido. No acionamento cruzado as polias giram em sentidos contrários e permitem ângulo de abraçamento maiores, porém o desgaste da correia é maior.



A correia plana permite ainda a transmissão entre árvores não paralelas.

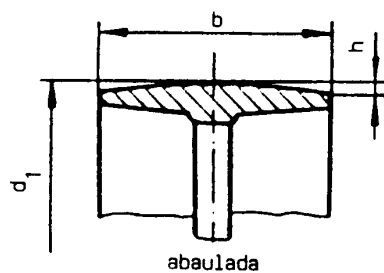
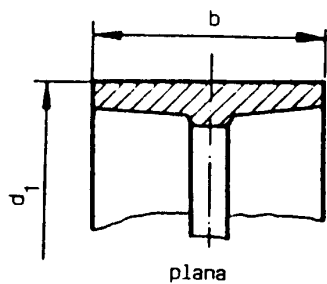


### ***Formato da polia plana***

Segundo norma DIN 111, a superfície de contato da polia plana pode ser plana ou abaulada. A polia com superfície plana conserva melhor as correias e a polia com superfície abaulada guia melhor as correias.

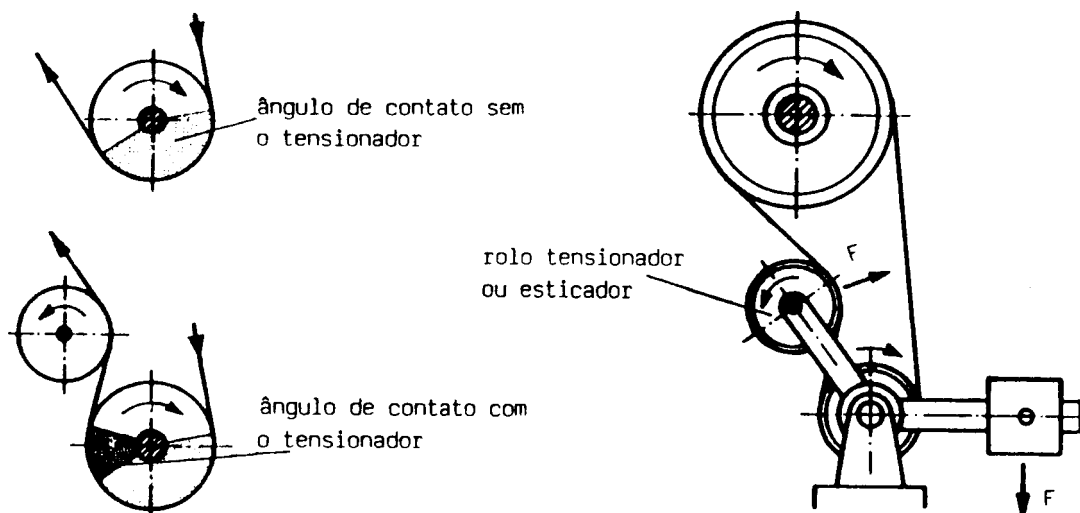
O acabamento superficial deve ficar entre quatro e dez milésimos de milímetro (4–10 $\mu$ m).

Quando a velocidade da correia supera 25m/s é necessário equilibrar estática e dinamicamente as polias (balanceamento).

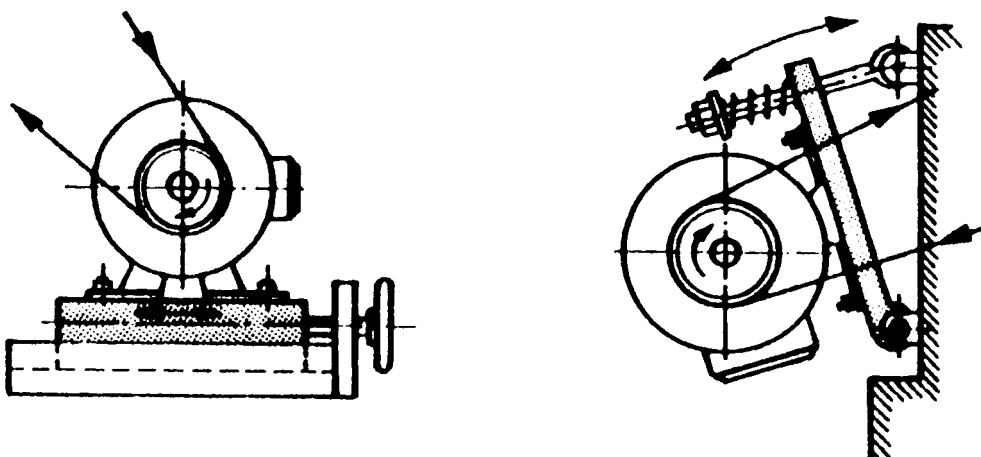


### **Tensionador ou esticador**

Quando a relação de transmissão supera 6:1, é necessário aumentar o ângulo de abraçamento da polia menor. Para isso, usa-se o rolo tensionador ou esticador, acionado por mola ou por peso.



A tensão da correia pode ser controlada também pelo deslocamento do motor sobre guias ou por sistema basculante.



### ***Materiais para correia plana***

- Couro de boi

Recebe emendas, suporta bem os esforços e é bastante elásticas.

- Material fibroso e sintéticos

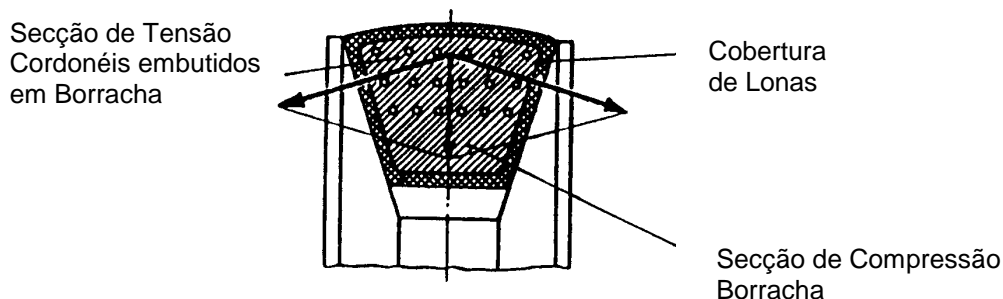
Não recebe emendas (correia sem-fim), própria para forças sem oscilações, para polia de pequeno diâmetro. Tem por material base o algodão, o pêlo de camelo, o viscose, o perlon e o nylon.

- Material combinado, couro e sintéticos

Essa correia possui a face interna feita de couro curtido ao cromo e a externa de material sintético (perlon). Essa combinação produz uma correia com excelente flexibilidade, capaz de transmitir grandes potências.

### ***Transmissão por correia em V***

A correia em V é inteiriça (sem-fim) fabricada com secção transversal em forma de trapézio. É feita de borracha revestida por lona e é formada no seu interior por cordonéis vulcanizados para absorver as forças.



O emprego da correia em V é preferível ao da correia plana e possui as seguintes características:

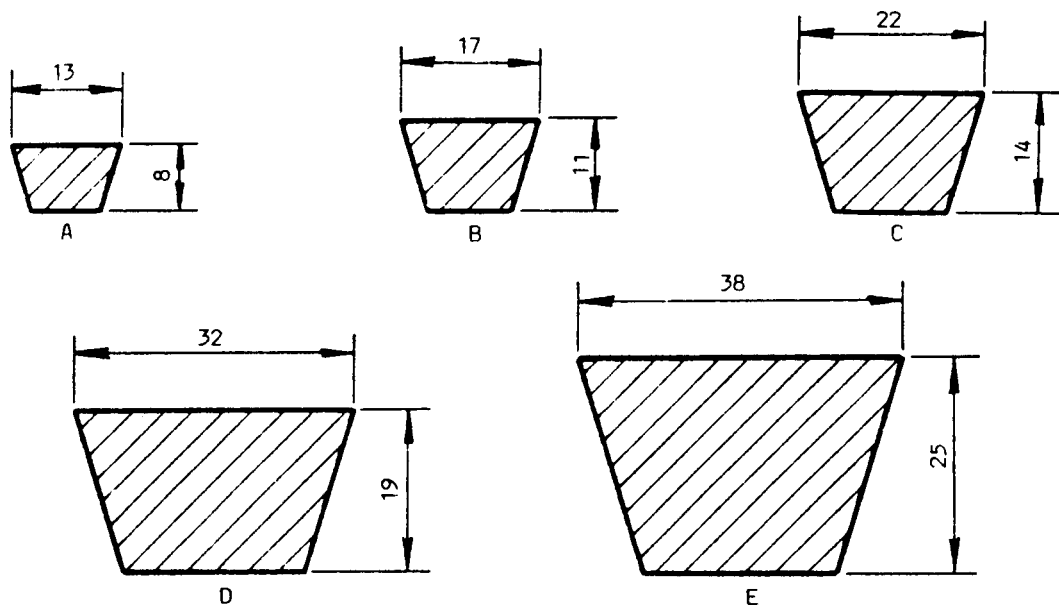
- Praticamente não tem deslizamento.
- Relação de transmissão até 10:1.
- Permite uma boa proximidade entre eixos. O limite é dado por  $p = D + 3/2h$  ( $D$  = diâmetro da polia maior e  $h$  = altura da correia).
- A pressão nos flancos, em consequência do efeito de cunha, triplica em relação à correia plana.
- Partida com menor tensão prévia que a correia plana.
- Menor carga sobre os mancais que a correia plana.
- Elimina os ruídos e os choques, típicos da correia emendada com grampos.

- Emprego de até doze correias numa mesma polia.

### **Perfil e designação das correias em V**

A designação é feita por uma letra que representa o formato e por um número que é o perímetro médio da correia em polegadas.

Os perfis são normalizados e denominam-se formato A, B, C, D e E, suas dimensões são mostradas na figura a seguir.



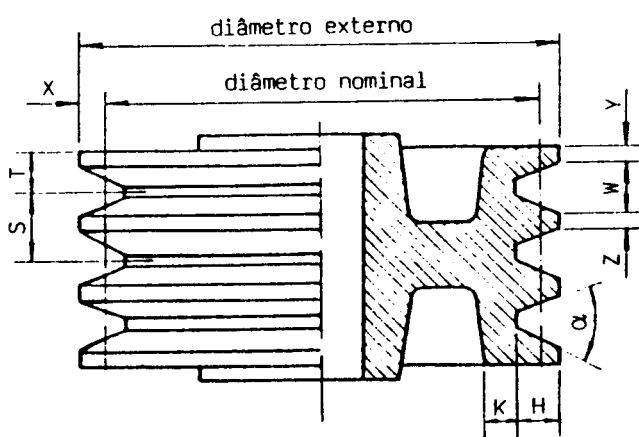
Para especificação de correias, pode-se encontrar, por aproximação, o número que vai ao lado da letra, medindo o comprimento externo da correia, diminuindo um dos valores abaixo e transformando o resultado em polegadas.

Perfil	A	B	C	D	E
Medidas em mm	25	32	42	60	72

### Perfil dos canais das polias

As polias em V têm suas dimensões normalizadas e são feitas com ângulos diferentes conforme o tamanho.

Dimensões normalizadas para polias em V



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°								

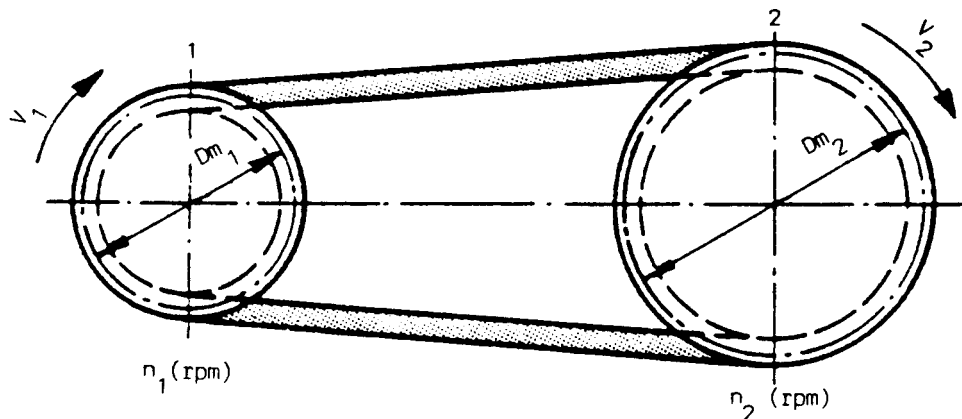
O perfil dos canais das polias em V deve ter as medidas corretas para que haja um alojamento adequado da correia no canal.

A correia não deve ultrapassar a linha do diâmetro externo da polia e nem tocar no fundo do canal, o que anularia o efeito de cunha.



### **Relação de transmissão (i) para correias e polias em V**

Uma vez que a velocidade ( $V$ ) da correia é constante, a relação de transmissão está em função dos diâmetros das polias.



Para as correias em V, deve-se tomar o diâmetro nominal médio da polia ( $D_m$ ) para os cálculos.

O diâmetro nominal calcula-se pela fórmula:

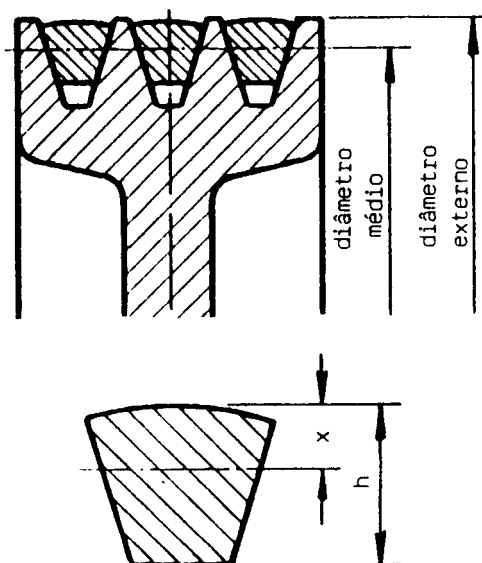
$$D_m = D_e - 2x$$

Onde:

$D_e$  = diâmetro da polia

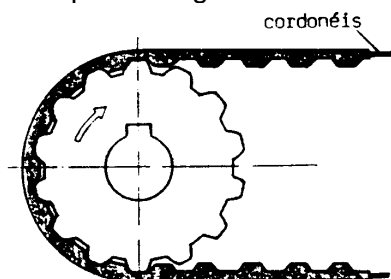
$x$  = altura efetiva da correia

$h$  = altura da correia



### Transmissão por correia dentada

A correia dentada em união com a roda dentada correspondente permitem uma transmissão de força sem deslizamento. As correias de qualidade têm no seu interior vários cordonéis helicoidais de aço ou de fibra de vidro que suportam a carga e impedem o alongamento. A força se transmite através dos flancos dos dentes e pode chegar a  $400\text{N/cm}^2$ .



O perfil dos dentes pode ser trapezoidal ou semicircular, geralmente, são feitos com módulos 6 ou 10.

As polias são fabricadas de metal sinterizado, metal leve ou ferro fundido em areia especial para precisão nas medidas em bom acabamento superficial.

Para a especificação das polias e correias dentadas, deve-se mencionar o comprimento da correia ou o número de sulcos da polia, o passo dos dentes e a largura.

A relação de transmissão (i) é dada por:

$$i = \frac{\text{número de sulcos da polia maior}}{\text{número de sulcos da polia menor}}$$

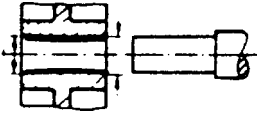
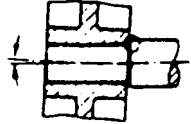
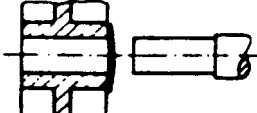
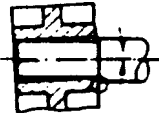
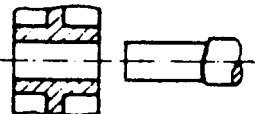
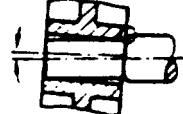
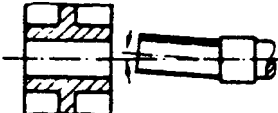

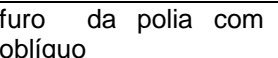
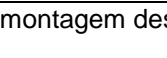
### ***Procedimentos em manutenção com correias e polias***

A correia é importante para a máquina. Quando mal aplicada ou frouxa, provoca a perda de velocidade e de eficiência da máquina; quando esticada demais, há quebra dos eixos ou desgaste rápido dos mancais.

As polias devem ter uma construção rigorosa quanto à concentricidade dos diâmetros externos e do furo, quanto à perpendicularidade entre as faces de apoio e os eixos dos flancos, e quanto ao balanceamento, para que não provoquem danos nos mancais e eixos.

Os defeitos construtivos das polias também influem negativamente na posição de montagem do conjunto de transmissão.

Influência dos defeitos das polias na posição de montagem do conjunto de transmissão

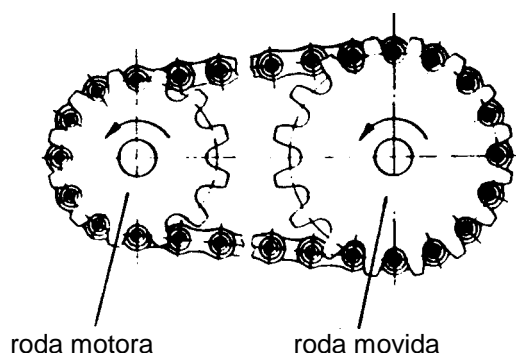
Tipo de defeito da polia	Repercussão do defeito sobre a posição de montagem	Defeito de funcionamento da transmissão por correia
furo com excesso de diâmetro à entrada 	montagem desalinhada 	oscilação da polia no seu movimento de rotação
superfície de contato abaulada (cubo) 	montagem desalinhada 	
superfície de contato abaulada (eixo) 	montagem desalinhada 	
superfície de ajuste do eixo com o eixo oblíquo 	montagem desalinhada 	
furo da polia com o eixo oblíquo 	montagem desalinhada 	

superfície de ajuste do eixo excêntrica 	montagem excêntrica 	falta de movimento circular
furo excêntrico da polia 	montagem excêntrica 	

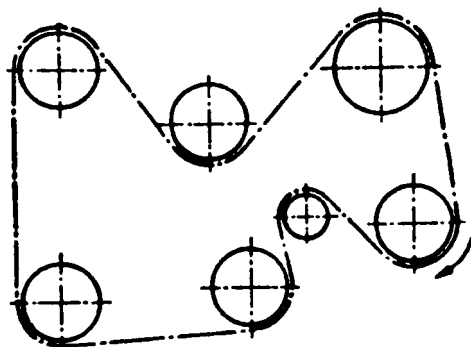
## Transmissão por correntes

Um ou vários eixos podem ser acionados através de corrente. A transmissão de potência é feita através do engrenamento entre os dentes da engrenagem e os elos da corrente; não ocorre o deslizamento.

É necessário para o funcionamento desse conjunto de transmissão que as engrenagens estejam em um mesmo plano e os eixos paralelos entre si.



A transmissão por corrente normalmente é utilizada quando não se podem usar correias por causa da umidade, vapores, óleos, etc. É, ainda, de muita utilidade para transmissões entre eixos próximos, substituindo trens de engrenagens intermediárias.

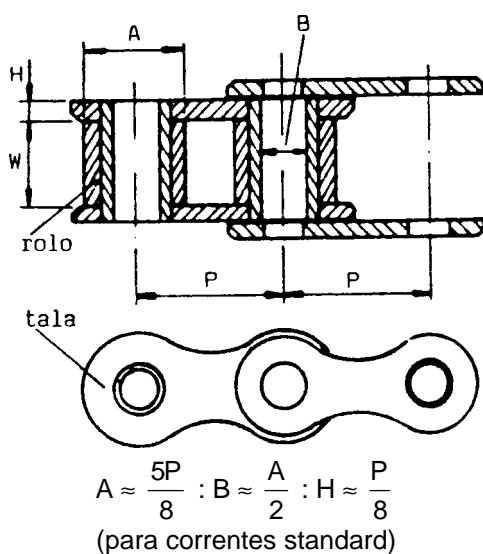


## ***Tipos de correntes***

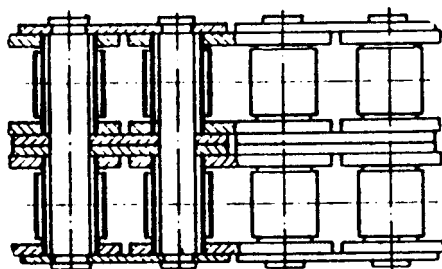
### ***Corrente de rolos***

É composta por elementos internos e externos, onde as talas são permanentemente ligadas através de pinos e buchas; sobre as buchas são, ainda, colocados rolos.

Esta corrente é aplicada em transmissões, em movimentação e sustentação de contrapeso e, com abas de adaptação, em transportadores; é fabricada em tipo standard, médio e pesado.

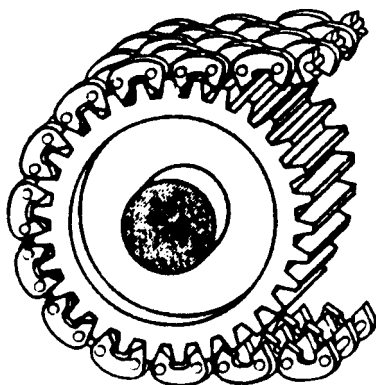


Várias correntes podem ser ligadas em paralelo, formando corrente múltipla; podem ser montadas até 8 correntes em paralelo.



### **Corrente de dentes**

Nesse tipo de corrente há, sobre cada pino articulado, várias talas dispostas uma ao lado da outra, onde cada segunda tala pertence ao próximo elo da corrente.

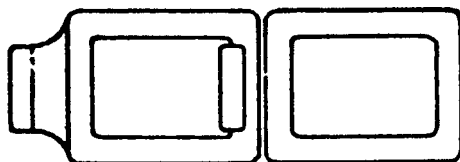


Dessa maneira, podem ser construídas correntes bem largas e muito resistentes. Além disso, mesmo com o desgaste, o passo fica, de elo a elo vizinho, igual, pois entre eles não há diferença.

Esta corrente permite transmitir rotações superiores às permitidas nas correntes de rolos. É conhecida como corrente silenciosa ("silent chain").

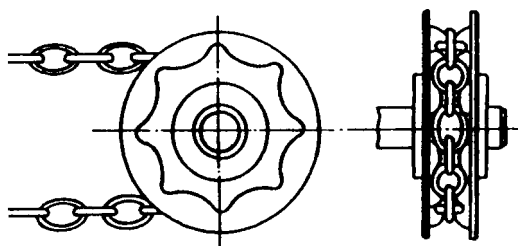
### **Corrente de elos livres**

Esta é uma corrente especial usada para transportadores e, em alguns casos, pode ser usada em transmissões. Sua característica principal é a facilidade de retirar-se qualquer elo, sendo apenas necessário suspendê-lo. É conhecida por "link chain".



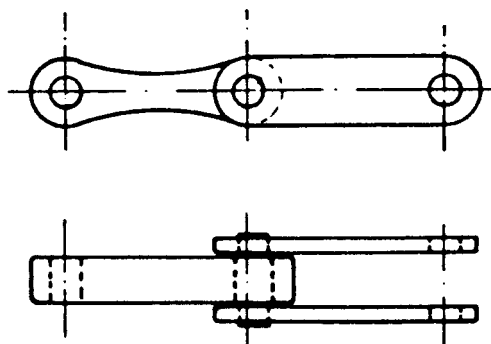
### **Corrente comum**

Conhecida também por cadeia de elos, possui os elos formados de vergalhões redondos soldados, podendo ter um vergalhão transversal para esforço. É usada em talhas manuais, transportadores e em uma infinidade de aplicações.



### **Corrente de blocos**

É uma corrente parecida com a corrente de rolos, mas, cada par de rolos, com seus elos, forma um sólido (bloco). É usada nos transportadores e os blocos formam base de apoio para os dispositivos usados para transporte.

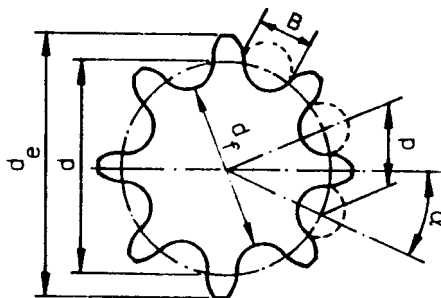


### **Fabricação das correntes**

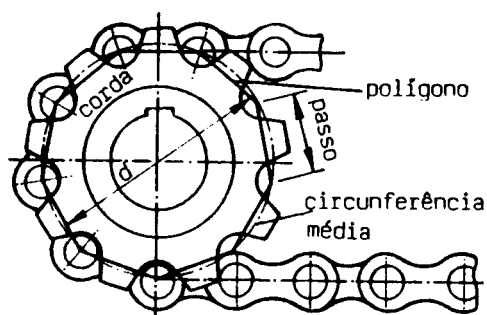
As talas são estampadas de fitas de aço; os rolos e as buchas são repuxados de chapas de aço ou enrolados de fitas de aço; os pinos são cortados de arames de aço. As peças prontas são, separadamente, beneficiadas ou temperadas para aproximadamente 60 rockwell.

### **Engrenagens para correntes**

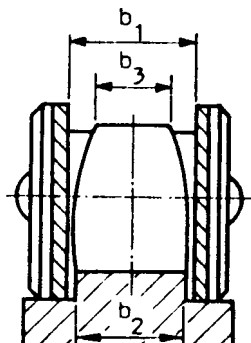
As engrenagens para correntes têm como medidas principais o número de dentes ( $Z$ ), o passo ( $p$ ) e o diâmetro ( $d$ ).



O passo é igual à corda medida sobre o diâmetro primitivo desde o centro de um vão ao centro do vão consecutivo, porque a corrente se aplica sobre a roda em forma poligonal.



O perfil dos dentes corresponde ao diâmetro dos rolos da corrente e para que haja facilidade no engrenamento, as laterais dos dentes são afiladas e 10% mais estreitas que a corrente.



Algumas rodas possuem o perfil modificado para compensar o alargamento produzido pelo desgaste. Os dentes são formados de tal modo que os rolos colocados entre eles tenham folga no flanco da frente e no flanco de trás.

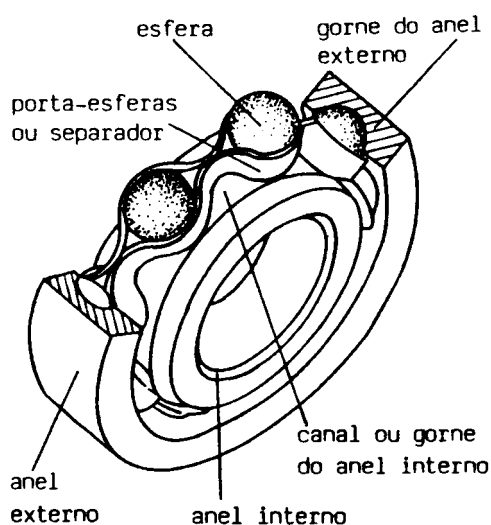


## Mancais de Rolamento e Deslizamento

### Mancais de Rolamento

Quando se buscou diminuir sensivelmente os problemas de atrito de resistência à alta velocidade, encontrados nos mancais de deslizamento, chegou-se aos mancais de rolamento ou simplesmente rolamentos.

Os rolamentos são simplesmente rolamentos de máquinas constituídos por dois anéis de aço (geralmente SAE 52 100) separados por uma ou mais fileiras de esferas ou rolos.



Essas esferas ou rolos são mantidos equidistantes por meio do separador ou gaiola a fim de distribuir os esforços e manter concêntricos os anéis.

O anel externo (capa) é fixado na peça ou no mancal e o anel interno é fixado diretamente ao eixo.

A seguir veja as vantagens e desvantagens que os rolamentos possuem em relação aos mancais de deslizamento.

**Vantagens**

- Menor atrito e aquecimento
- Coeficiente de atrito de partida (estático) não superior ao de operação (dinâmico)
- Pouca variação do coeficiente de atrito com carga e velocidade
- Baixa exigência de lubrificação
- Intercambialidade internacional
- Mantém a forma de eixo
- Pequeno aumento da folga durante a vida útil

**Desvantagens**

- Maior sensibilidade aos choques
- Maiores custos de fabricação
- Tolerância pequena para carcaça e alojamento do eixo
- Não suporta cargas tão elevadas como os mancais de deslizamento
- Ocupa maior espaço radial

**Classificação dos rolamentos**

Quanto ao tipo de carga que suportam, os rolamentos podem ser:

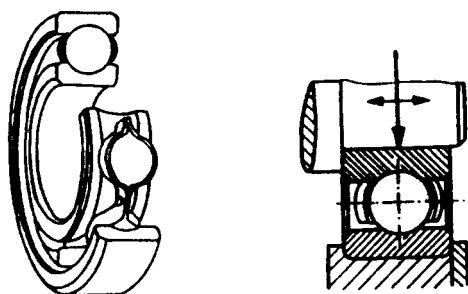
- Radiais - suportam cargas radiais e leves cargas axiais.
- Axiais - não podem ser submetidos a cargas radiais.
- Mistos - suportam tanto carga axial quanto radial.

**Tipos de rolamentos**

**Rolamento fixo de uma carreira de esferas**

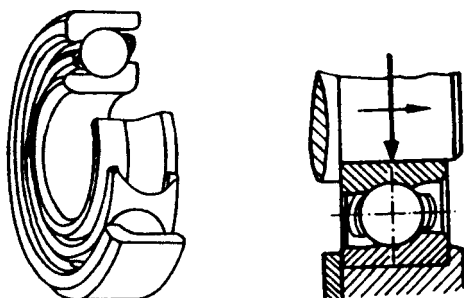
É o mais comum dos rolamentos. Suporta cargas radiais e pequenas cargas axiais e é apropriado para rotações mais elevadas.

Sua capacidade de ajustagem angular é limitada, por conseguinte, é necessário um perfeito alinhamento entre o eixo e os furos da caixa.

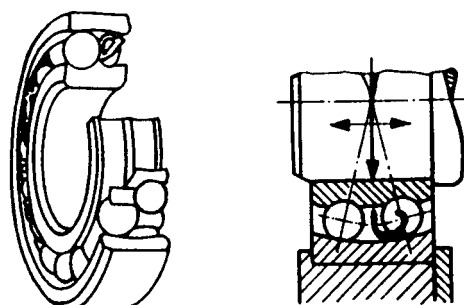


***Rolamento de contato angular de uma carreira de esferas***

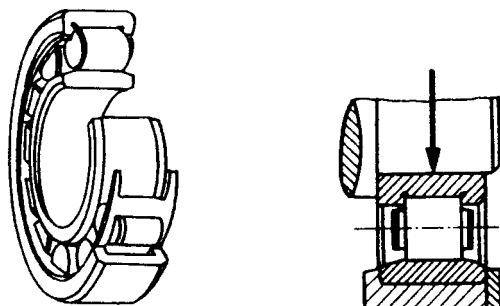
Admite cargas axiais somente em um sentido, portanto, deve sempre ser montado contraposto a um outro rolamento que possa receber a carga axial no sentido contrário.

***Rolamento autocompensador de esferas***

É um rolamento de duas carreiras de esferas com pista esférica no anel externo, o que lhe confere a propriedade de ajustagem angular, ou seja, compensar possíveis desalinhamentos ou flexões do eixo.

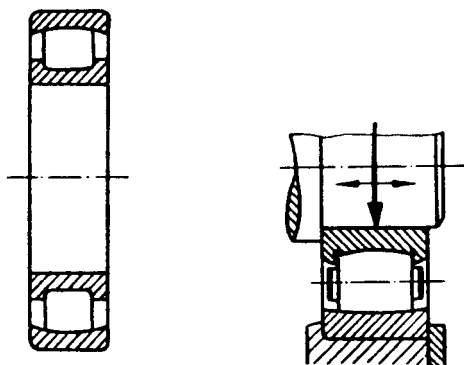
***Rolamento de rolo cilíndrico***

É apropriado para cargas radiais elevadas e seus componentes são separáveis, o que facilita a montagem e desmontagem.



### ***Rolamento autocompensador de uma carreira de rolos***

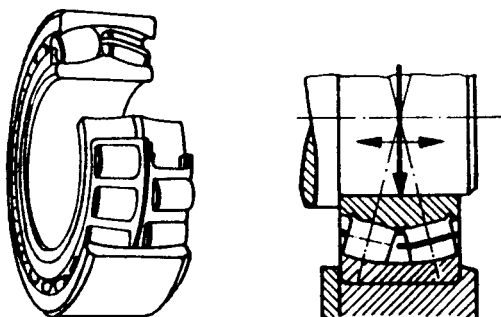
Seu emprego é particularmente indicado para construções em que se exige uma grande capacidade de suportar carga radial e a compensação de falhas de alinhamento.



### ***Rolamento autocompensador com duas carreiras de rolos***

É um rolamento para os mais pesados serviços. Os rolos são de grande diâmetro e comprimento.

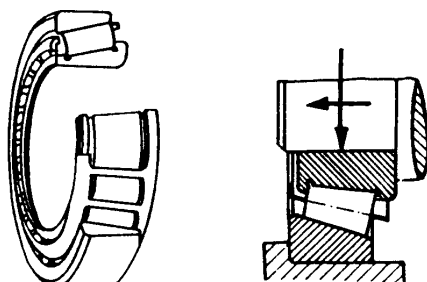
Devido ao alto grau de oscilação entre rolos e pistas, existe uma distribuição uniforme de carga.



### ***Rolamento de rolos cônicos***

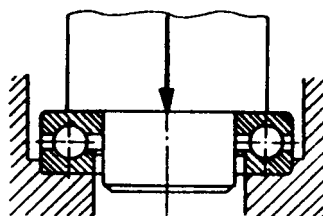
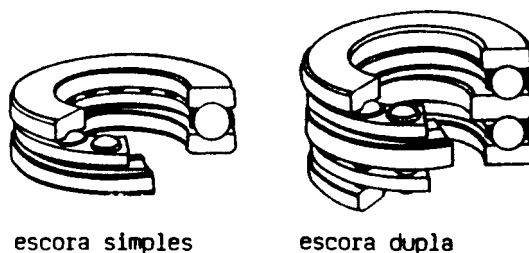
Além de cargas radiais, os rolamentos de rolos cônicos também suportam cargas axiais em um sentido.

Os anéis são separáveis. O anel interno e o externo podem ser montados separadamente. Como só admitem cargas axiais em um sentido, de modo geral torna-se necessário montar os anéis aos pares, um contra o outro.



### ***Rolamento axial de esfera***

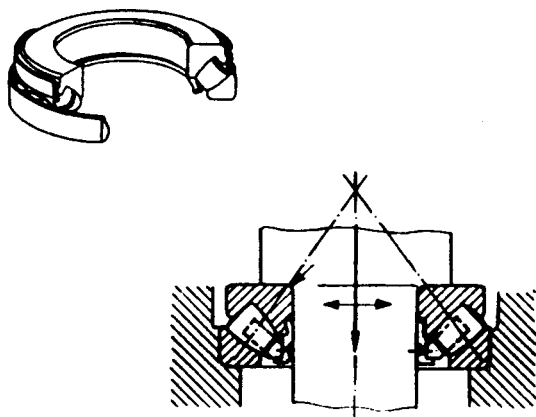
Ambos os tipos de rolamento axial de esfera (escora simples e escora dupla) admitem elevadas cargas axiais, porém, não podem ser submetidos a cargas radiais. Para que as esferas sejam guiadas firmemente em suas pistas, é necessária a atuação permanente de uma determinada carga axial mínima.



### ***Rolamento axial autocompensador de rolos***

Possui grande capacidade de carga axial e, devido à disposição inclinada dos rolos, também pode suportar consideráveis cargas radiais.

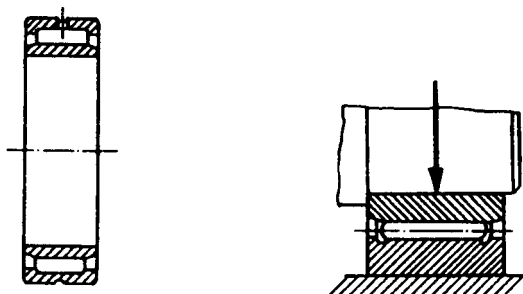
A pista esférica do anel da caixa confere ao rolamento a propriedade de alinhamento angular, compensando possíveis desalinhamentos ou flexões do eixo.



### ***Rolamento de agulhas***

Possui uma secção transversal muito fina, em comparação com os rolamento de rolos comuns.

É utilizado especialmente quando o espaço radial é limitado.



### ***Designação dos rolamentos***

Cada rolamento métrico padronizado tem uma designação básica específica que indica o tipo de rolamento e a correlação entre suas dimensões principais.

Essas designações básicas compreendem 3, 4 ou 5 algarismos, ou uma combinação de letras e algarismos, que indicam o tipo de rolamento, as séries de dimensões e o diâmetro do furo, nesta ordem.

Os símbolos para os tipos de rolamento e as séries de dimensões, junto com os possíveis sufixos indicando uma alteração na construção interna, designam uma série de rolamentos.

A tabela mostra esquematicamente como o sistema de designação é constituído.

Os algarismos entre parênteses, indicam que embora eles possam ser incluídos na designação básica, são omitidos por razões práticas.

Como no caso do rolamento de duas carreiras de esferas de contato angular onde o zero é omitido.

Convém salientar que, para a aquisição de um rolamento, é necessário conhecer apenas as seguintes dimensões: o diâmetro externo, o diâmetro interno e a largura ou altura.

Com esses dados, consulta-se o catálogo do fabricante para obter a designação e informações como capacidade de carga, peso, etc.

## Tabela

Tipos de rolamento											
(0)	1	2	3	4	5	6	7	N	QU		
Séries mais comuns para cada tipo de rolamento											
(0)32	1(1)0	239	292	329	4(2)2	511	522	618	7(0)2	NU10	(0)2
(0)33	1(0)2	230	293	320	4(2)3	512	542	619	7(0)3	N(0)2	(0)3
	(1)22	240	294	330		532	523	16(0)0		NUP(0)2	
	1(0)3	231		331		513	524	6(0)0		NJ(0)2	
	(1)23	241		302		533	544	630		NU(0)2	
	112	222		322		514		16(0)1		NUP22	
		232		332		534		(60)2		NJ22	
		213		303				6(0)2		N(0)3	
		223		313				622		NUP(0)3	
				323				(60)3		NJ(0)3	
								6(0)3		NU(0)3	
								623		NUP23	
								6(0)4		NJ23	
										NU23	
										NUP(0)4	
										NJ(0)4	
										NU(0)4	

## Mancais de deslizamento

São conjuntos destinados a suportar as solicitações de peso e rotação de eixos e árvores.

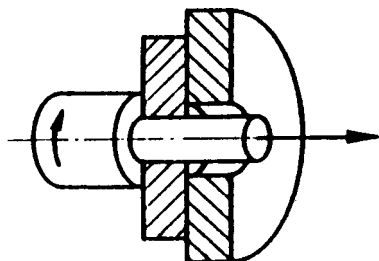
Os mancais estão submetidos ao atrito de deslizamento que é o principal fator a considerar para sua utilização.

## Classificação dos mancais

Pelo sentido das forças que suportam, os mancais classificam-se em: axiais, radiais, mistos.

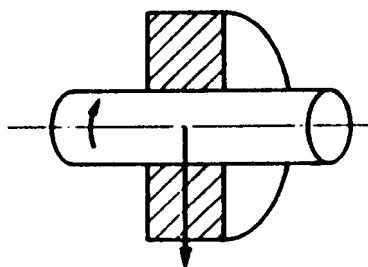
### ***Axiais***

Impedem o deslocamento na direção do eixo, isto é, absorvem esforços longitudinais.



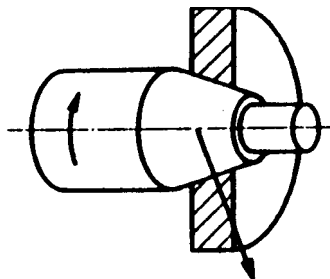
### ***Radiais***

Impedem o deslocamento na direção do raio, isto é, absorvem esforços transversais.



### ***Mistos***

Tem, simultaneamente, os efeitos dos mancais axiais e radiais.

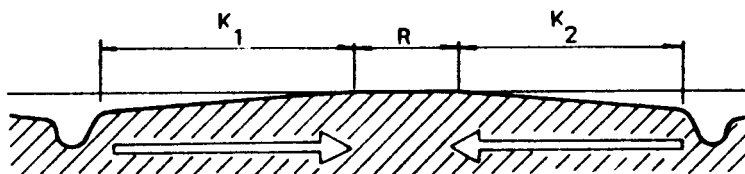
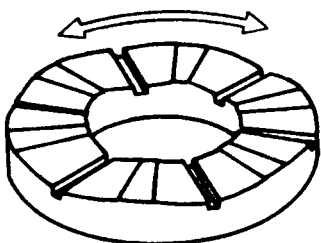
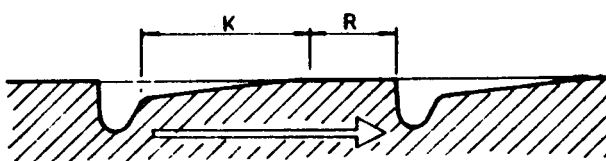
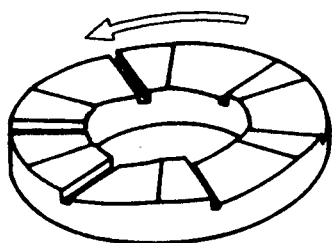


### ***Formas construtivas dos mancais***

Os mancais, em sua maioria, são constituídos por uma carcaça e uma bucha. A bucha pode ser dispensada em casos de pequena solicitação.

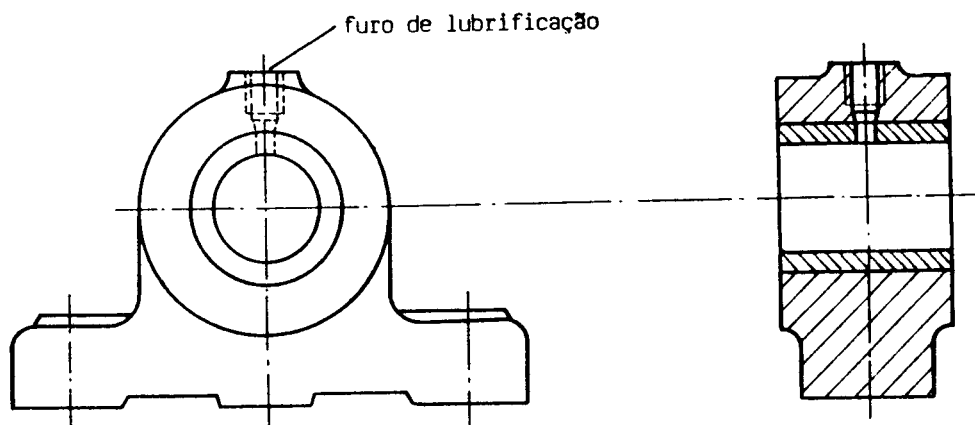
### **Mancal axial**

Feito de ferro fundido ou aço, tem como fator principal a forma da superfície que deve permitir uma excelente lubrificação. A figura abaixo mostra um mancal axial com rotação em sentido único e o detalhe dos espaços para lubrificação. A figura seguinte mostra um caso para rotação alternada com respectivo detalhe para lubrificação.



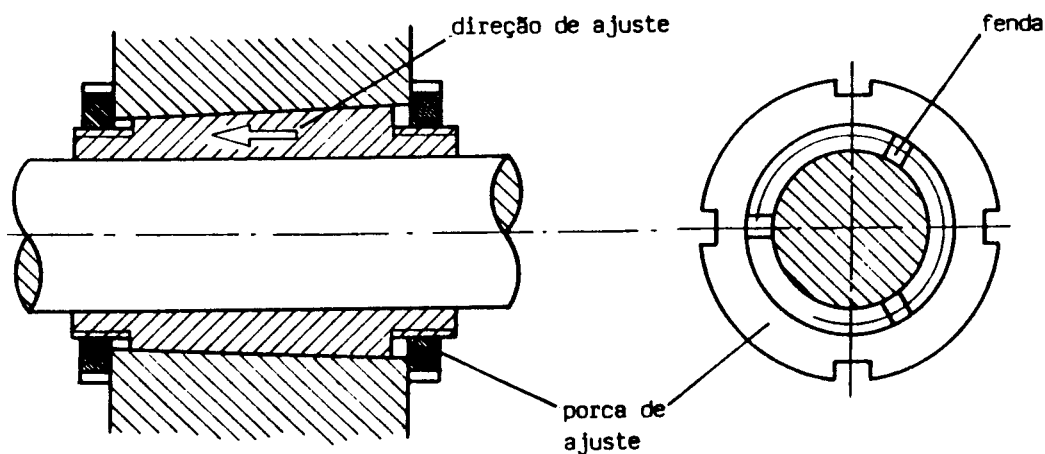
### **Mancal inteiriço**

Feito geralmente de ferro fundido e empregado como mancal auxiliar embuchado ou não.



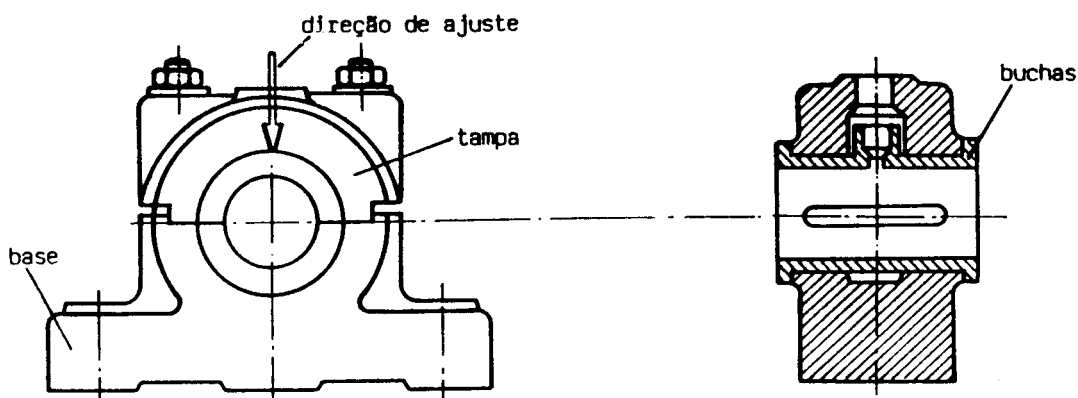
### ***Mancal ajustável***

Feito de ferro fundido ou aço e embuchado. A bucha tem sempre forma que permite reajuste radial. Empregado geralmente em tornos e máquinas que devem funcionar com folga constante.



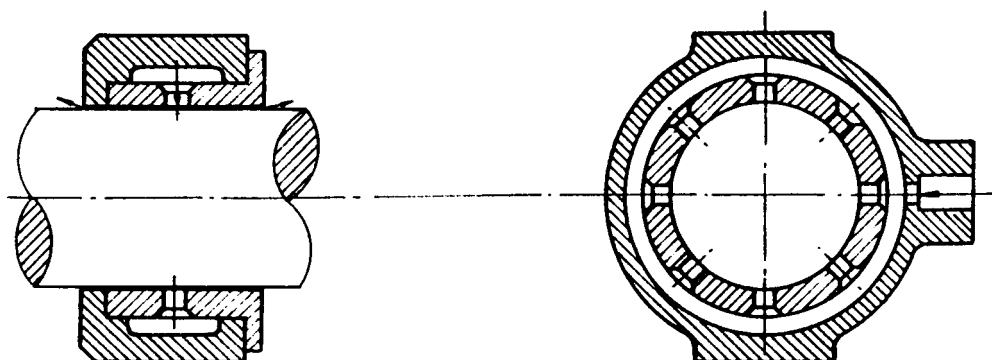
### ***Mancal reto bipartido***

Feito de ferro fundido ou aço e embuchado com buchas de bronze ou casquilhos de metal antifricção. Empregado para exigências médias.



### **Mancal a gás**

O gás (nitrogênio, ar comprimido, etc.) é introduzido no mancal e mantém o eixo suspenso no furo. Isso permite altas velocidades e baixo atrito. Empregado em turbinas para esmerilhamento e outros equipamentos de alta velocidade.



### **Materiais para buchas**

Os materiais para buchas devem ter as seguintes propriedades:

- baixo módulo de elasticidade, para facilitar a acomodação à forma do eixo;
- baixa resistência ao cisalhamento, para facilitar o alisamento da superfície;
- baixa soldabilidade ao aço, para evitar defeitos e cortes na superfície;
- boa capacidade de absorver corpos estranhos, para efeito de limpar a película lubrificante;
- resistência à compressão, à fadiga, à temperatura de trabalho e à corrosão;
- boa condutibilidade térmica;
- coeficiente de dilatação semelhante ao do aço.

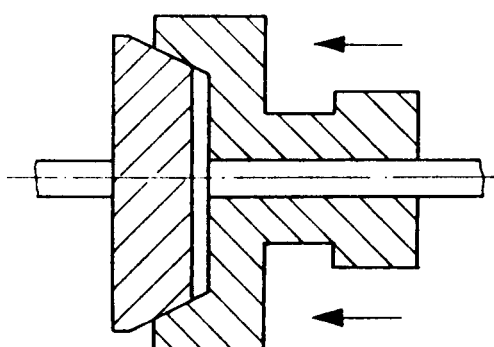
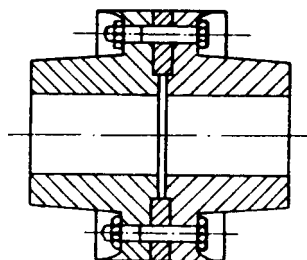
Os materiais mais usados são: bronze fosforoso, bronze ao chumbo, latão, ligas de alumínio, metal antifricção, ligas de cobre sinterizado com adição de chumbo ou estanho ou grafite em pó, materiais plásticos como o náilon e o politetrafluoretileno (teflon).

Os sinterizados são autolubrificantes por serem mergulhados em óleo quente após sua fabricação. Este processo faz com que o óleo fique retido na porosidade do material e com o calor do trabalho venha à superfície cumprir sua função.

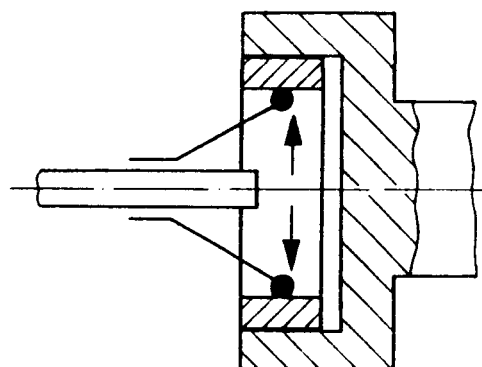
## Acoplamentos

### Introdução

Acoplamento é um elemento de máquina que transmite momentos de rotação segundo os princípios da forma e do atrito.

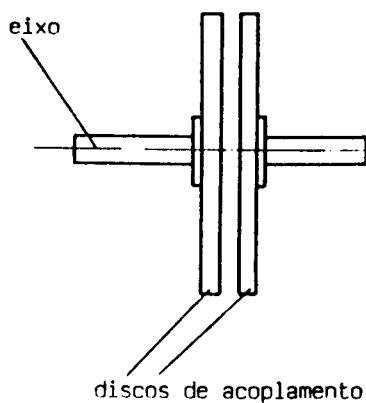


embreagem cônica

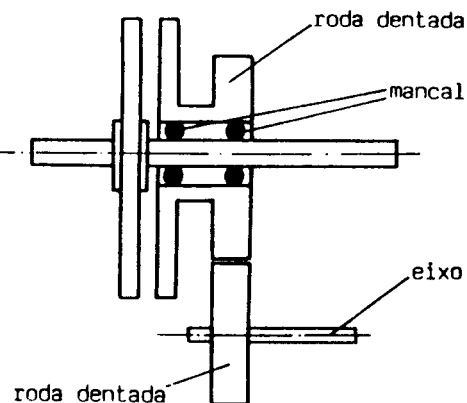


embreagem radial

Emprega-se o acoplamento quando se deseja transmitir um momento de rotação (movimento de rotação e forças) de um eixo motor a outro elemento de máquina situado coaxialmente a ele.



discos de acoplamento



roda dentada

### Observação

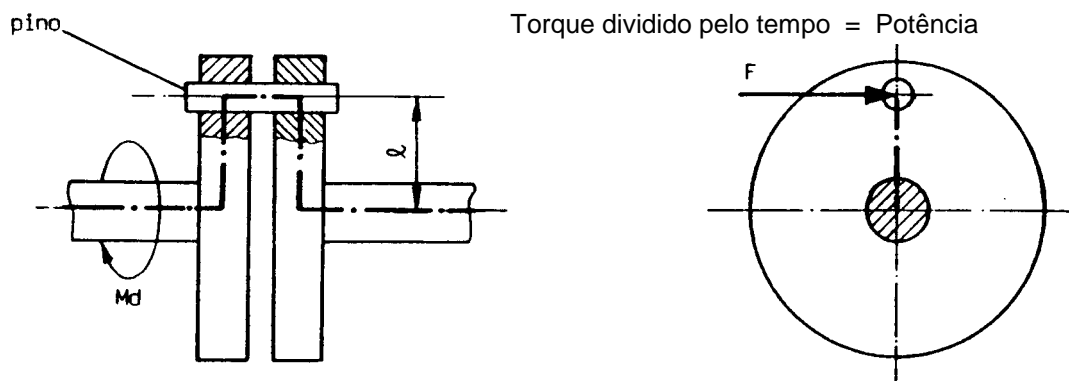
Os acoplamentos que operam por atrito são chamados de embreagem (fricção) ou freios.

### Princípio de atuação dos acoplamentos

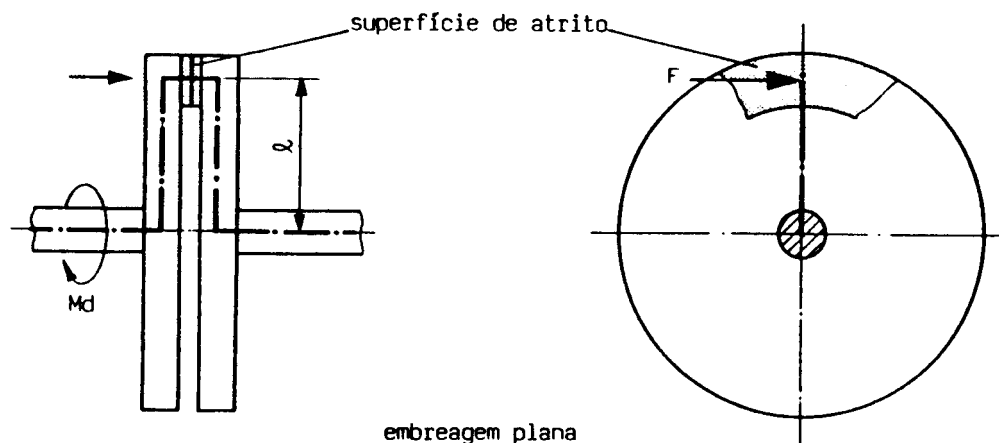
O momento de rotação ( $M_d$ ) é o produto da força ( $F$ ) pela distância ( $L$ ), sendo calculado pela fórmula:

$$M_d = F \cdot L$$

Para um mesmo momento de rotação a ser transmitido, a distância  $L$  é menor num acoplamento pela forma:



do que num acoplamento por atrito, pois  $F$  precisa ser menor para uma transmissão de força por atrito.

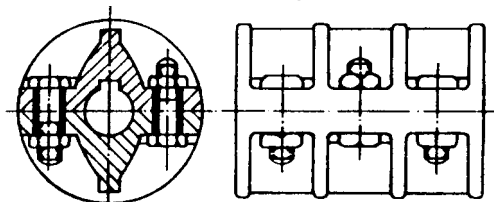


### Classificação dos acoplamentos

Os acoplamentos classificam-se em permanentes e comutáveis. Os permanentes atuam continuamente e dividem-se em rígidos e flexíveis. Os comutáveis atuam obedecendo a um comando.

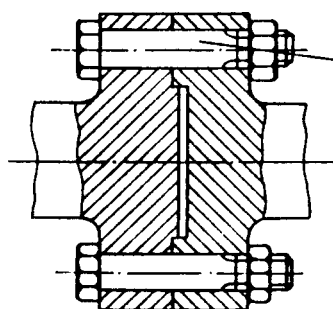
### ***Acoplamentos permanentes rígidos***

Os mais empregados são as luvas de união que devem ser construídas de modo que não apresentem saliências ou que estas estejam totalmente cobertas, para evitar acidentes.

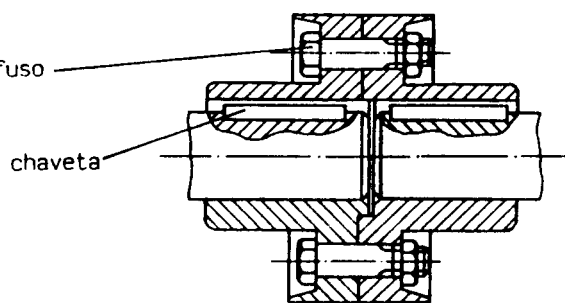


Observação: A união das luvas ou flanges à árvore é feita por chaveta, encaixe com interferência ou cones.

Para transmissão de grandes potências usam-se os acoplamentos de disco ou os de pratos, os quais têm as superfícies de contato lisas ou dentadas.



Acoplamento de Discos



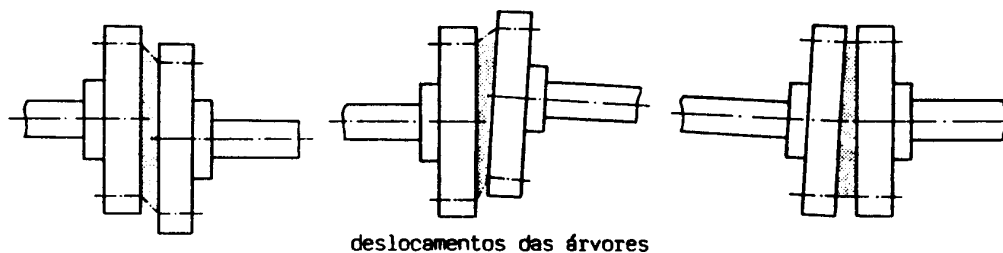
Acoplamento de Pratos

Os eixos dos acoplamentos rígidos devem ser alinhados precisamente, pois estes elementos não conseguem compensar eventuais desalinhamento ou flutuações.

O ajuste dos alojamentos dos parafusos deve ser feito com as partes montadas para obter o melhor alinhamento possível.

### ***Acoplamentos permanentes flexíveis***

Esses elementos são empregados para tornar mais suave a transmissão do movimento em árvores que tenham movimentos bruscos e quando não se pode garantir um perfeito alinhamento entre as árvores.

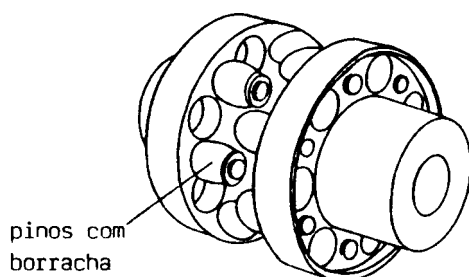


Os acoplamentos flexíveis são construídos em forma articulada, em forma elástica ou em forma articulada e elástica. Permitem a compensação até 6° de ângulo de torção e deslocamento angular axial.

Veja a seguir os principais tipos de acoplamentos flexíveis.

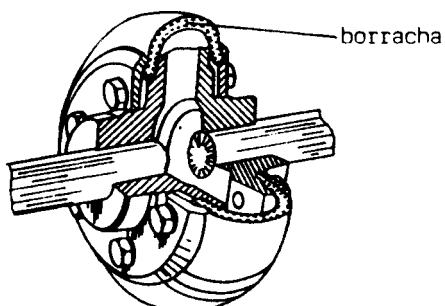
### **Acoplamento elástico de pinos**

Os elementos transmissores são pinos de aço com mangas de borracha.



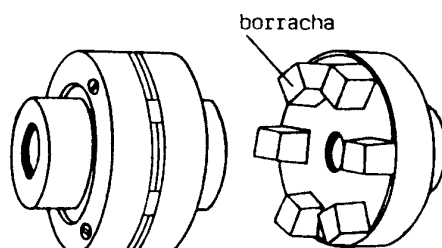
### **Acoplamento perflex**

Os discos de acoplamento são unidos perifericamente por uma ligação de borracha apertada por anéis de pressão.



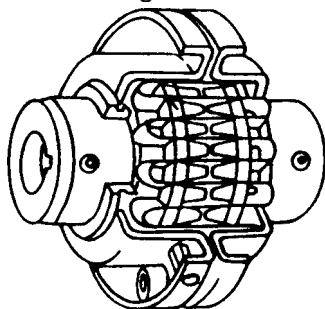
### ***Acoplamento elástico de garras***

As garras, constituídas por tacos de borracha, encaixam-se nas aberturas do contradisco e transmitem o momento de rotação.



### ***Acoplamento elástico de fita de aço***

Consiste de dois cubos providos de flanges ranhuradas onde está montada uma grade elástica que liga os cubos. O conjunto está alojado em duas tampas providas de junta de encosto e de retentor elástico junto ao cubo. Todo o espaço entre os cubos e as tampas é preenchido com graxa.

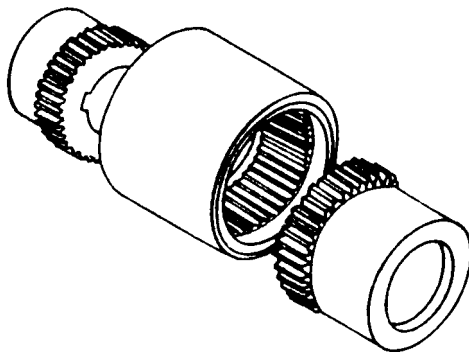


Acoplamento Falk

Apesar de este acoplamento ser flexível, as árvores devem ser bem alinhadas no ato de sua instalação para que não provoquem vibrações excessivas em serviços.

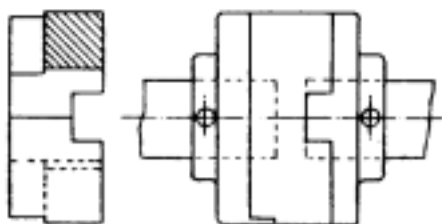
### ***Acoplamento de dentes arqueados***

Os dentes possuem a forma ligeiramente curvada no sentido axial, o que permite até 3° de desalinhamento angular. O anel dentado (peça transmissora do movimento) possui duas carreiras de dentes que são separadas por uma saliência central.



### ***Acoplamento flexível oldham***

Permite a ligação de árvores com desalinhamento paralelo. Quando a peça central é montada, seus ressalto se encaixam nos rasgos das peças conectadas às árvores.

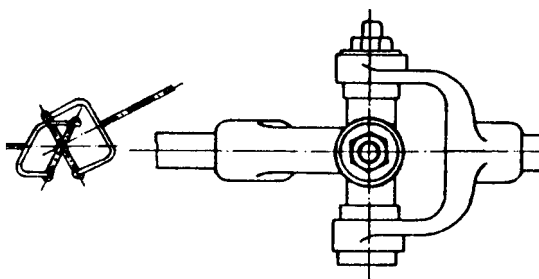


O formato desse acoplamento produz uma conexão flexível através da ação deslizante da peça central.

### **Junta de articulação**

É usada para transmissão de momentos de torção em casos de árvores que formarão ângulo fixo ou variável durante o movimento.

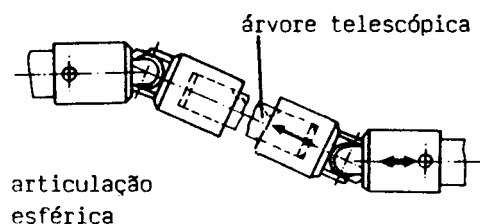
A junta de articulação mais conhecida é a junta universal (ou junta cardan) empregada para transmitir grandes forças. Com apenas uma junta universal o ângulo entre as árvores não deve exceder a  $15^\circ$ . Para inclinações até  $25^\circ$ , usam-se duas juntas.



Junta Cardan

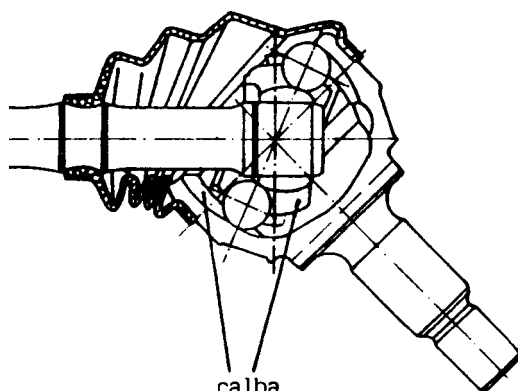
A junta com articulação esférica, com ou sem árvore telescópica, é empregada para transmitir pequenos momentos de torção.

A junta cardan e a junta com articulação esférica não conseguem dar à árvore comandada uma velocidade constante, igual à da árvore motriz.



### ***Junta universal de velocidade constante (homocinética)***

Transmite velocidade constante e tem comando através de esferas de aço que se alojam em calhas. O formato dessas calhas permite que o plano de contato entre as esferas e as calhas divida, sempre, o ângulo das árvores em duas partes iguais. Essa posição do plano de contato é que possibilita a transmissão constante da velocidade.



### ***Acoplamentos comutáveis***

Acoplamentos comutáveis transmitem força e movimento somente quando acionados, isto é, obedecendo a um comando.

São mecanismos que operam segundo o princípio de atrito. Esses mecanismos recebem os nomes de embreagens e de freios.

As embreagens, também chamadas fricções, fazem a conexão entre árvores. Elas mantêm as árvores, motriz e comandada, à mesma velocidade angular.

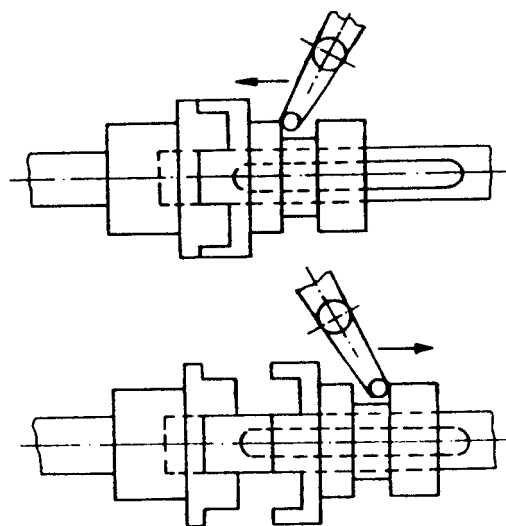
Os freios têm as funções de regular, reduzir ou parar o movimento dos corpos.

Segundo o tipo de comando, existem os acoplamentos comutáveis manuais, eletromagnéticos, hidráulicos, pneumáticos e os diretamente comandados pela máquina de trabalho.

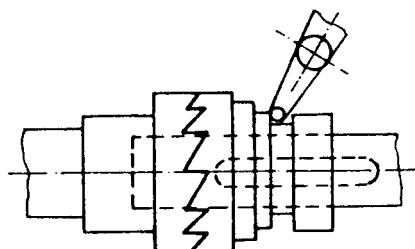
### ***Embreagens***

As embreagens conforme o tipo, podem ser acionadas, durante o movimento da máquina ou com ela parada.

As formas mais comuns das embreagens acionadas em repouso são o acoplamento de garras e o acoplamento de dentes. Geralmente, esses acoplamentos são usados em aventais e caixas de engrenagens de máquinas ferramentas convencionais.



acoplamento de garras

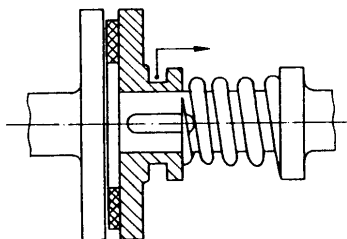


acoplamento de dentes

A seguir serão apresentados os principais tipos de embreagens acionadas em marcha.

- Embreagem de disco

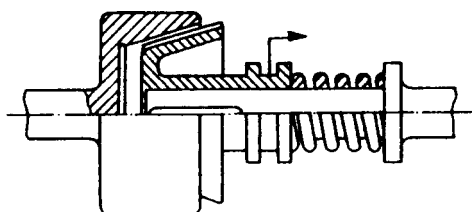
Consiste em anéis planos apertados contra um disco feito de material com alto coeficiente de atrito, para evitar o escorregamento quando a potência é transmitida.



Normalmente a força é fornecida por uma ou mais molas e a embreagem é desengatada por uma alavanca.

- Embreagem cônica

Possui duas superfícies de fricção cônicas, uma das quais pode ser revestida com um material de alto coeficiente de atrito.

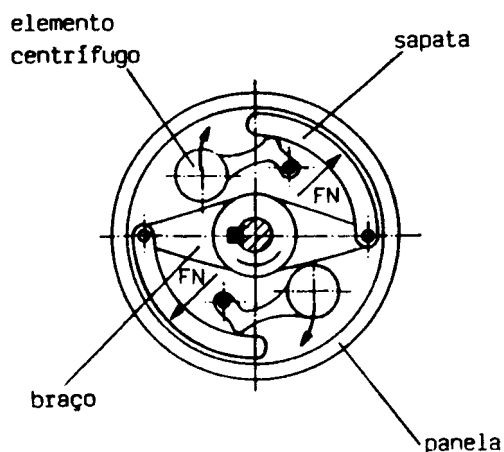


A capacidade de torque de uma embreagem cônica é maior que a de uma embreagem de disco de mesmo diâmetro.

Sua capacidade de torque aumenta com o decréscimo do ângulo entre o cone e o eixo. Esse ângulo não deve ser inferior a  $8^\circ$  para evitar o emperramento.

- Embreagem centrífuga

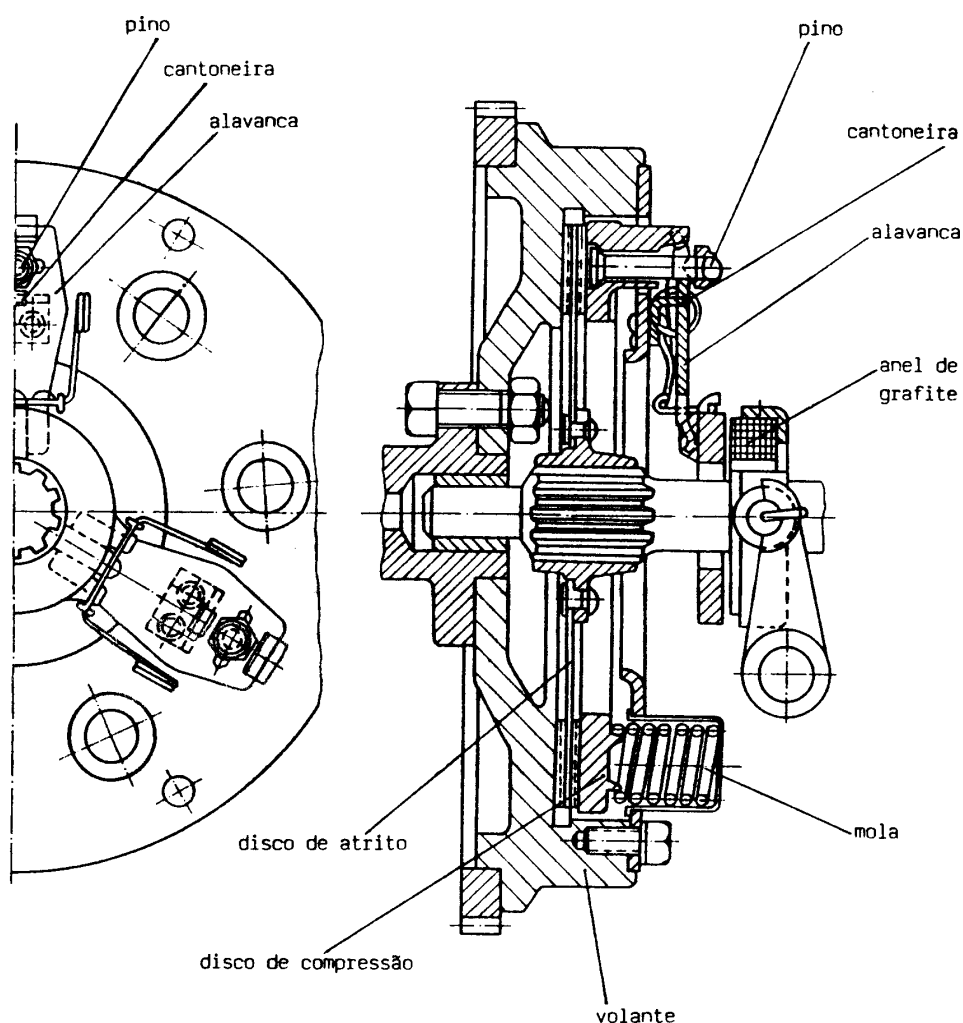
É utilizada quando o engate de uma árvore motora deve ocorrer progressivamente e a uma rotação predeterminada.



Os pesos, por ação da força centrífuga, empurram as sapatas que, por sua vez, completam a transmissão do torque.

- Embreagem de disco para autoveículos

Consiste em uma placa, revestida com asbesto em ambos os lados, presa entre duas placas de aço quando a embreagem está acionada.

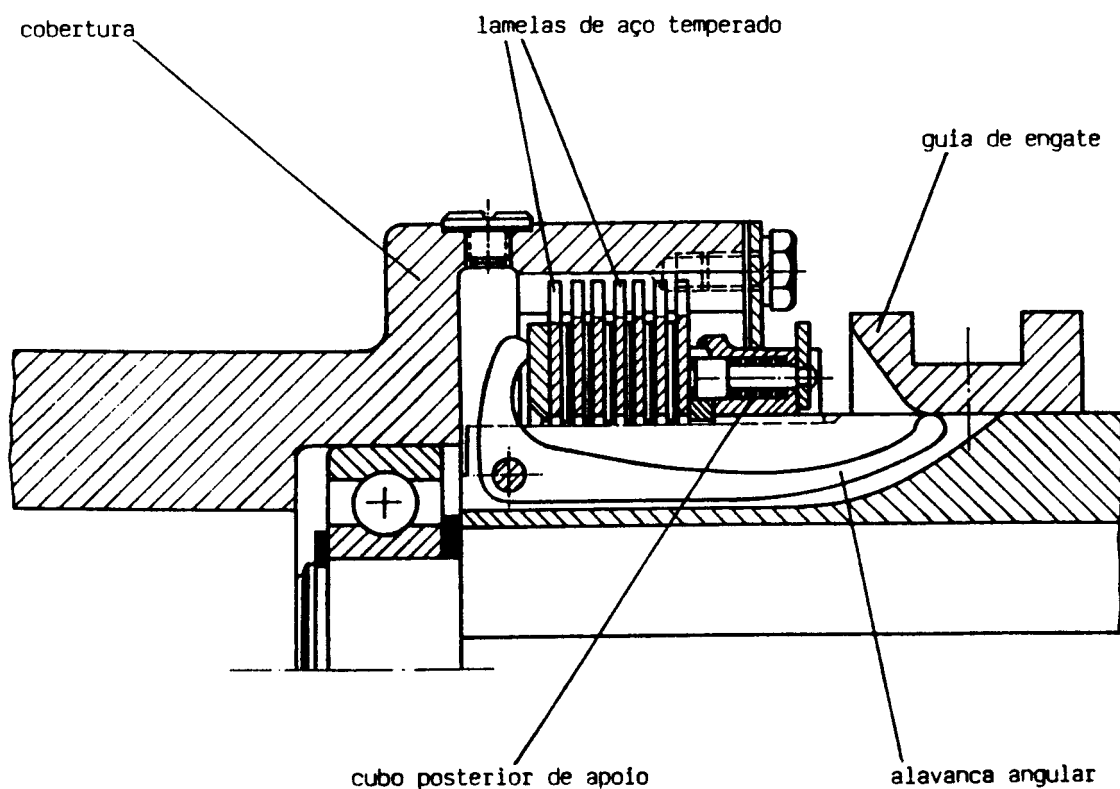


O disco de atrito é comprimido axialmente através do disco de compressão por meio das molas sobre o volante.

Com o deslocamento do anel de grafite para a esquerda, o acoplamento é aliviado e a alavanca, que se apoia sobre a cantoneira, descomprime o disco através dos pinos. A ponta de árvore é centrada por uma bucha de deslizamento.

- Embreagem de disco para máquinas

A cobertura e o cubo têm rasgos para a adaptação das lamelas de aço temperadas.



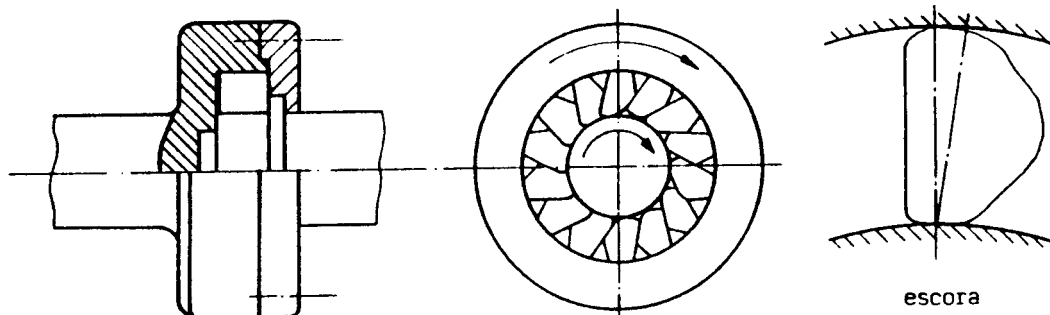
A compressão é feita pelo deslocamento da guia de engate, e as alavancas angulares comprimem, assim, o pacote de lamelas.

A separação das lamelas é feita com o recuo da guia de engate por meio do molejo próprio das lamelas opostas e onduladas.

O ajuste posterior da força de atrito é feito através da regulação do cubo posterior de apoio.

- Embreagem de escoras

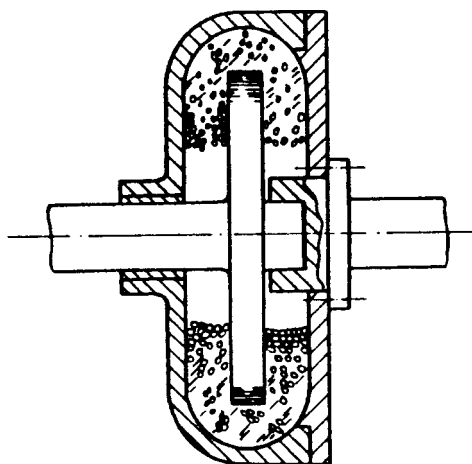
pequenas escoras estão situadas no interior do acoplamento fazendo a ligação entre as árvores.



Essas escoras estão dispostas de forma tal que, em um sentido de giro, entrelaçam-se transmitindo o torque. No outro sentido, as escoras se inclinam e a transmissão cessa.

- Embreagem seca

É um tipo de embreagem centrífuga em que partículas de metal, como granalhas de aço, são compactadas sob a ação de força centrífuga produzida pela rotação.

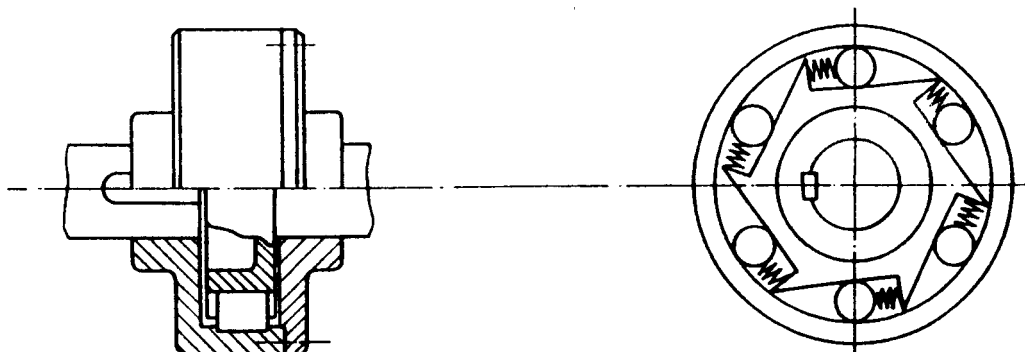


As partículas estão contidas em um componente propulsor oco, dentro do qual está também um disco, ligado ao eixo acionado.

A força centrífuga comprime as partículas contra o disco, acionando o conjunto.

- Embreagem de roda-livre ou unidirecional

Cada rolete está localizado em um espaço em forma de cunha, entre as árvores interna e externa.



Roda livre ou Unidirecional

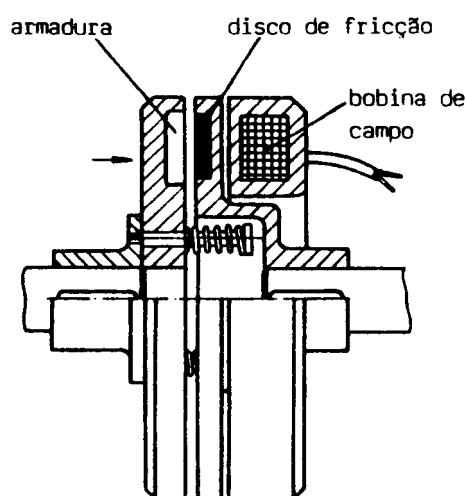
Em um sentido de giro, os roletes avançam e travam o conjunto impulsionando a árvore conduzida.

No outro sentido, os roletes repousam na base da rampa e nenhum movimento é transmitido.

A embreagem unidirecional é aplicada em transportadores inclinados como conexão para árvores, para travar o carro a fim de evitar um movimento indesejado para trás.

- Embreagem eletromagnética

Neste tipo de embreagem, a árvore conduzida possui um flange com revestimento de atrito.



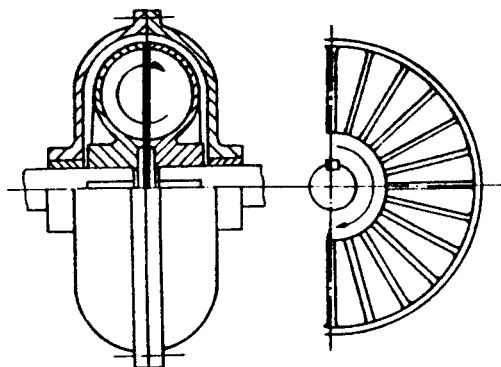
Uma armadura, em forma de disco, é impulsionada pela árvore motora e pode mover-se axialmente contra molas.

Uma bobina de campo, fixa ou livre para girar com a árvore conduzida, é energizada produzindo um campo magnético que aciona a embreagem.

Uma característica importante da embreagem eletromagnética é poder ser comandada a distância por meio de cabo.

- Embreagem hidráulica

Neste caso, as árvores, motora e movida, carregam impulsos com pás radiais.



Os espaços entre as pás são preenchidos com óleo, que circula nas pás quando a árvore motora gira.

A roda na árvore motora atua como uma bomba, e a roda na árvore movida atua como uma turbina, de forma que a potência é transmitida, havendo sempre uma perda de velocidade devido ao escorregamento.

A embreagem hidráulica tem aplicação em caixas de transmissão automática em veículos.

## Elementos de Vedação

### Vedações

São elementos destinados a proteger máquinas ou equipamentos contra a saída de líquidos e gases, e a entrada de sujeira ou pó.

São genericamente conhecidas como juntas, retentores, gaxetas e guarnições. As partes a serem vedadas podem estar em repouso ou movimento. Uma vedação deve resistir a meios químicos, a calor, a pressão, a desgaste e a envelhecimento.

Em função da solicitação as vedações são feitas em diversos formatos e diferentes materiais.



junta de papelão ou borracha



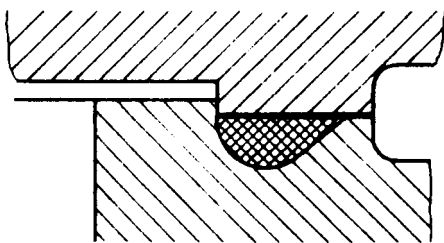
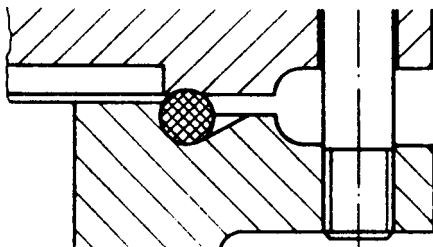
junta com rebordos metálicos e  
enchimento com materiais macios



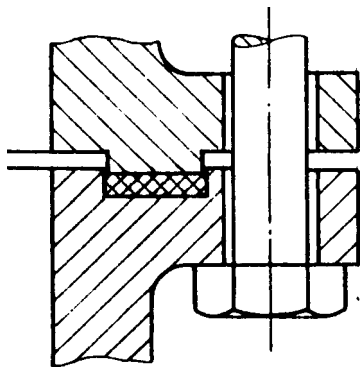
junta de metal ondulado

### ***Tipos de vedação***

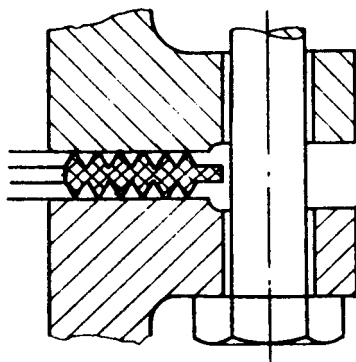
Junta de borracha em forma de aro e secção circular - quando apertada, ocupa o canal e mantém pressão constante.



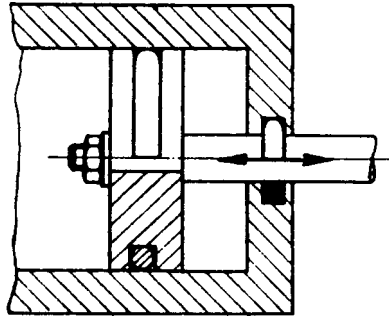
Junta de borracha em forma de aro e secção retangular.



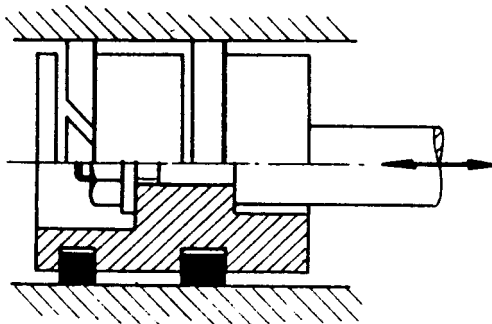
Junta metálica estriada com uma a cinco estrias - veda por compressão das estrias. O aperto irregular dos parafusos inutiliza-a.



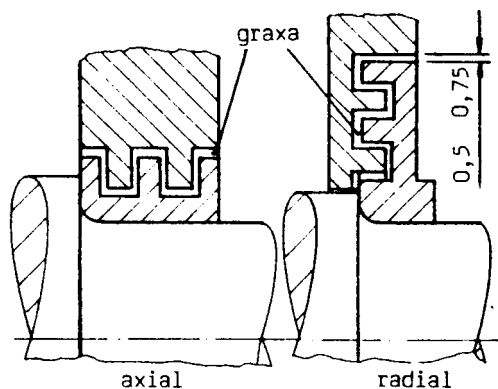
Anel tipo "O" de borracha e secção circular - usado em pistões.



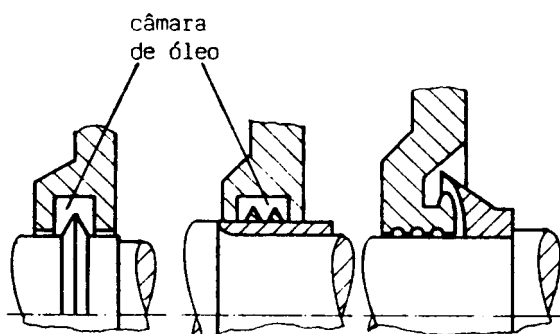
Junta de vedação expansiva metálica para gases e lubrificantes - usada em motores automotivos.



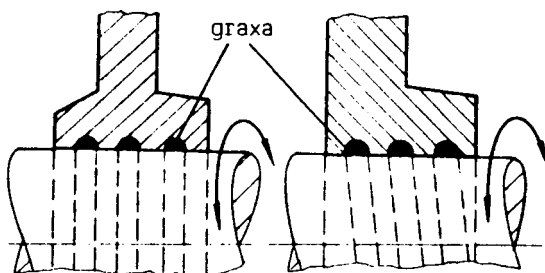
Junta labirinto com canal para graxa - protege muito bem máquinas e equipamentos contra a entrada de pó e a saída de óleo. O tipo axial é usado em mancais bipartidos e o radial em mancais inteiriços.



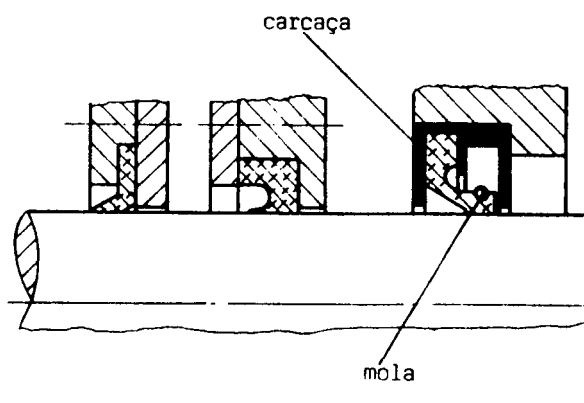
Junta de anéis dispersores - dispersa o óleo que chega até os anéis por força centrífuga. O lubrificante retorna ao depósito por um furo na parte inferior.



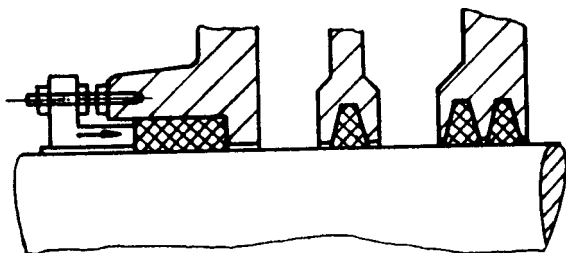
Vedação por ranhuras - formada por canais paralelos, para obturar a passagem de fluido, ou canais helicoidais que possibilitam o retorno do fluido. É necessário colocar graxa nas ranhuras, quando da montagem, para evitar a entrada de pó.



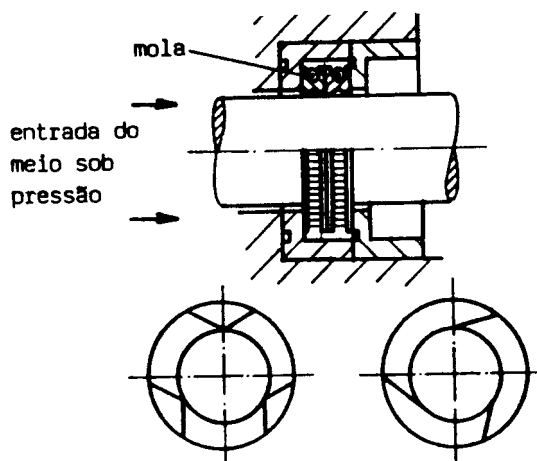
Retentor - é feito de borracha ou couro, tem perfil labial e veda principalmente peças móveis. Alguns tipos possuem uma carcaça metálica para ajuste no alojamento; também apresentam um anel de arame ou mola helicoidal para manter a tensão ao vedar.



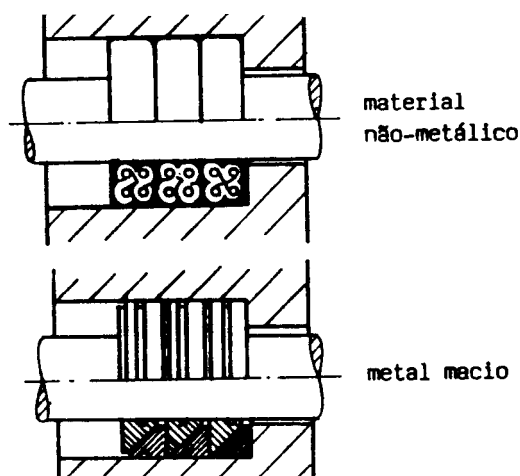
Anel de feltro, fibra ou tecido de amianto - é a forma mais simples e barata para reter lubrificantes. É usado para baixa velocidade.



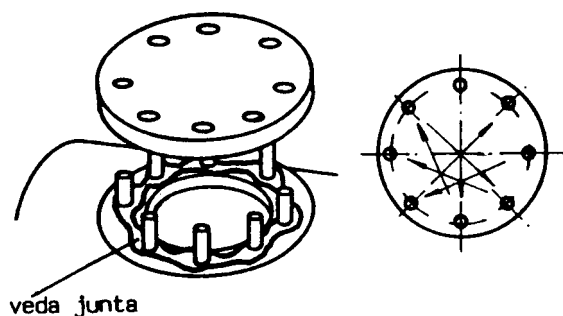
Vedação com carbono - um ou mais blocos de grafite são mantidos numa carcaça e acompanham com folga zero a superfície móvel, através de uma mola.



Vedação por pacotes - um conjunto de guarnições, montadas uma ao lado da outra, forma o pacote. O princípio é a vedação de contato entre as superfícies. Muito usada para peças móveis. Pode ser fabricada de materiais não-metálicos tais como borracha e plásticos, ou de metais macios como cobre e alumínio, etc.

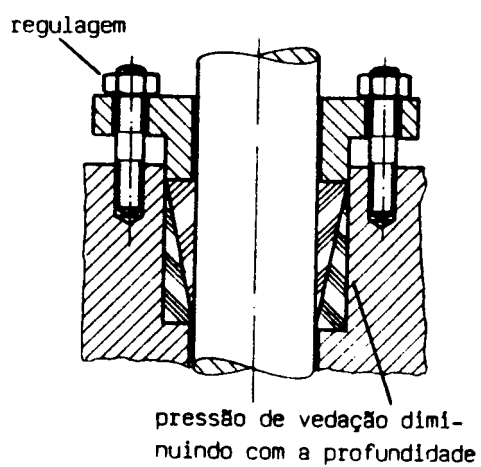


Junta plástica ou veda junta - são produtos químicos em pasta usados em superfícies rústicas ou irregulares. Empregados, também, como auxiliares nas vedações com guarnições de papelão ou cortiça. Existem tipos que se enrijecem e são usados para alta pressão; e tipos semi-sectivos que mantêm a elasticidade para compensar a dilatação. A ordem de aperto dos parafusos tem de ser respeitada para uniformizar a massa.

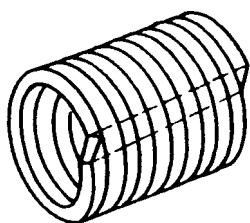


### **Vedação com gaxetas**

São conhecidos por gaxeta os elementos vedantes que permitem ajustes à medida que a eficácia da vedação vai diminuindo.

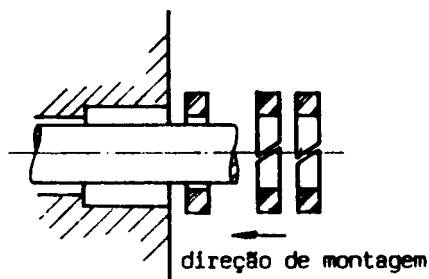


As gaxetas são fabricadas em forma de corda, para serem recortadas, ou em anéis já prontos para a montagem.

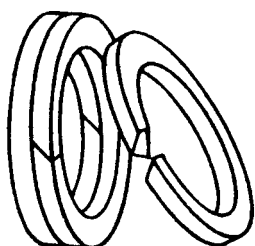


corda em espiral

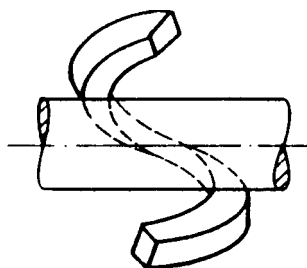
corte dos anéis seguindo as linhas traçadas



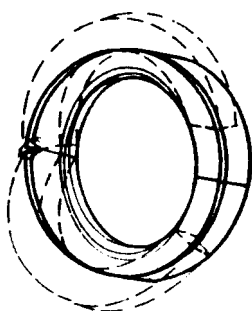
montagem axial dos anéis



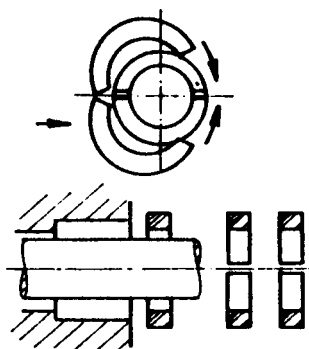
anel de corte único



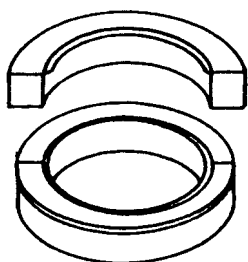
montagem radial dos anéis



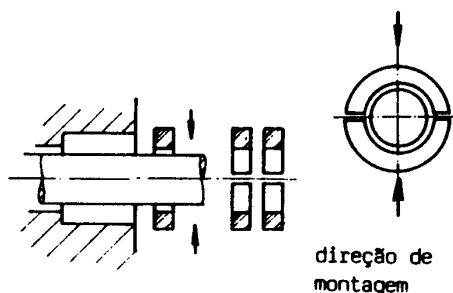
anéis com charneira



montagem radial



anéis bipartidos



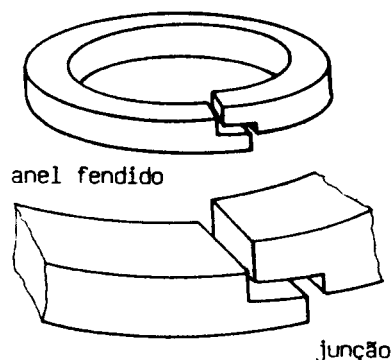
montagem radial

Os cuidados a tomar na montagem das gaxetas são:

- Manter a uniformidade de adaptação ao longo do comprimento de vedação, sem que isso dificulte o movimento do eixo.
- Regular a pressão de vedação (aperto da gaxeta) de modo que sejam possíveis apertos posteriores em serviço.
- Não prescindir na lubrificação inicial, quando a gaxeta não for autolubrificante.

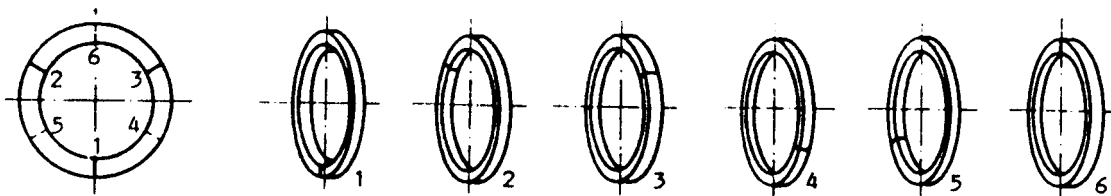
### ***Vedação com junta expansiva***

Esta junta é usada predominantemente em motores de combustão interna, e tem a forma de anéis partidos. Os anéis montados devem formar um junta estanque com a superfície de deslizamento.



Para isso exige-se:

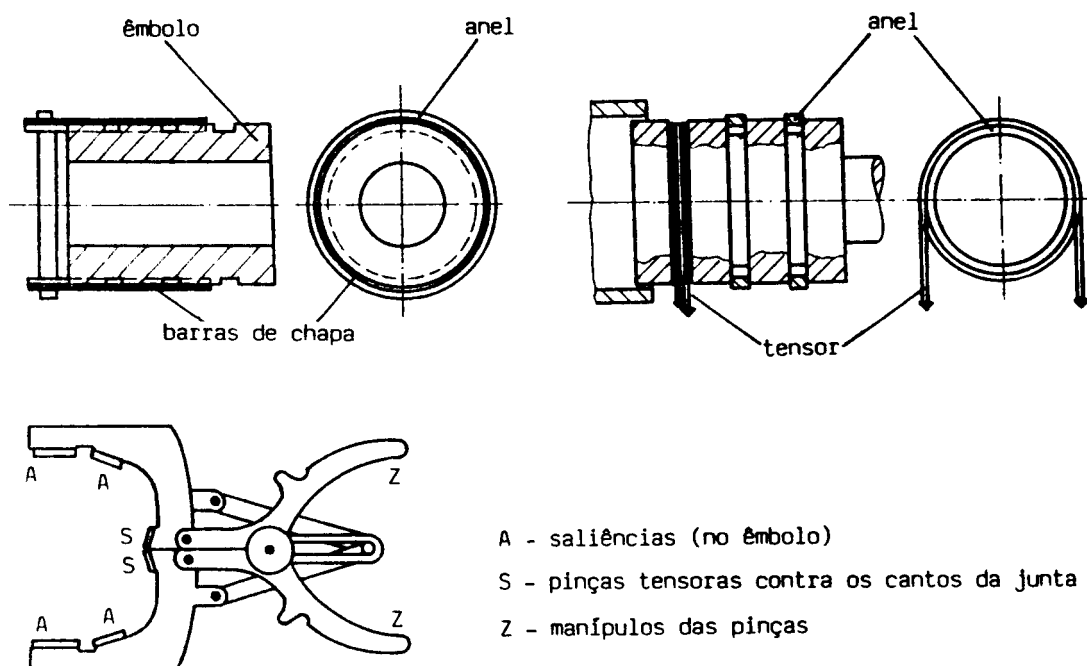
- Que as superfícies dos anéis sejam paralelas às do cilindro.
- Os anéis devem mover-se transversalmente em seus alojamentos.
- Os anéis devem ter uma folga mínima nas suas junções.
- Os anéis devem ser montados de forma que sua junções fiquem desencontradas.



O mau funcionamento da junta expansiva pode ocorrer por defeitos de cilindridade do êmbolo, do anel ou da superfície de deslizamento; ou ainda, defeitos no alojamento do anel.

Na montagem destas juntas é necessário:

- Verificar se as dimensões dos anéis, alojamentos e êmbolo são compatíveis.
- Limpar e lubrificar anéis, alojamentos e êmbolo.
- Rodear os anéis com barras auxiliares, arame e tensor ou pinças especiais.
- Verificar a mobilidade transversal dos anéis.
- Não deteriorar os cantos dos anéis.

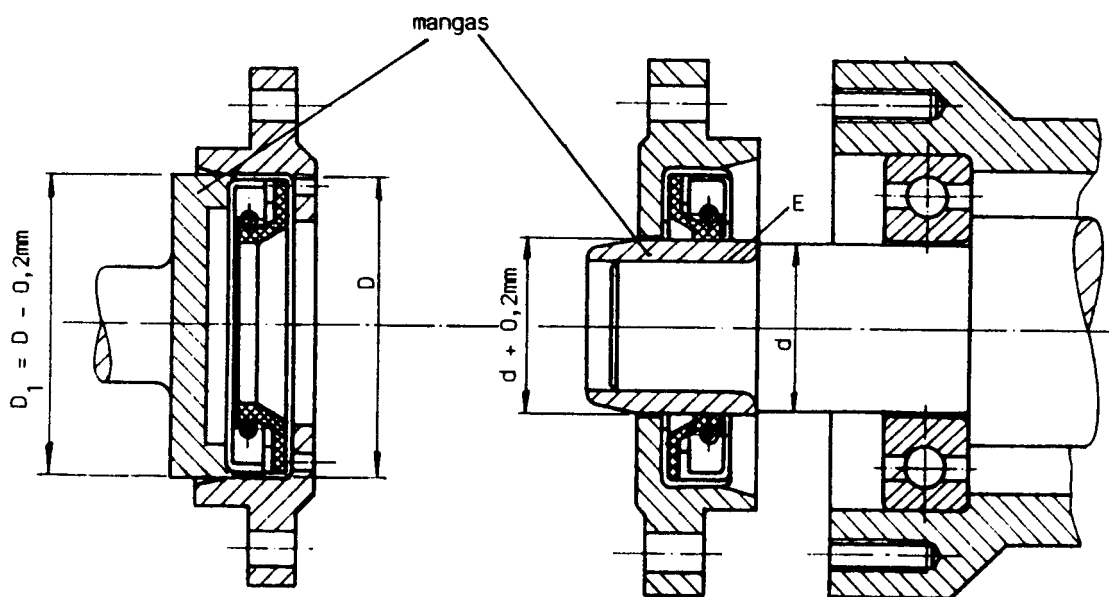


### ***Vedação com retentor***

Neste caso, os cuidados são:

- Manter a direção correta dos lábios. A pressão do fluido ajuda na vedação pois tende a abrir os lábios do retentor;
- Manter o eixo centrado em relação ao círculo dos lábios;
- Não danificar os lábios (expandir no máximo 0,8mm no diâmetro);

- Evitar rugosidade acentuada da superfície deslizante;
- Montar em esquadro não permitindo retorcimentos na vedação;
- Usar manga auxiliar com o fim de evitar os rompimento dos lábios ou danos à parte externa;



- Untar com graxa a superfície deslizante.

### **Selo mecânico**

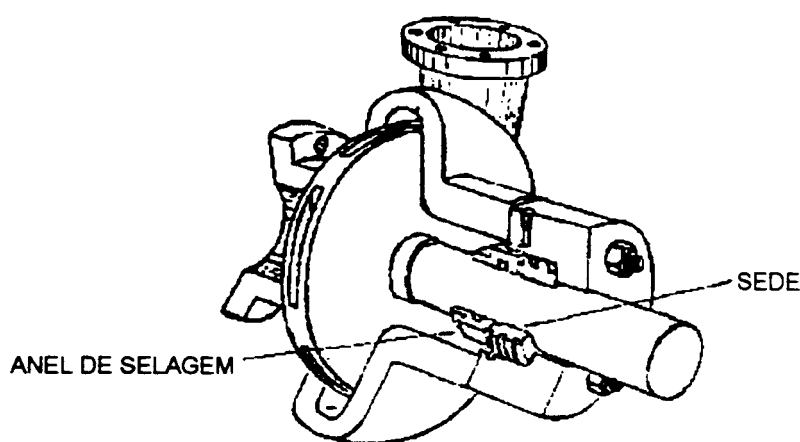
Selo mecânico é um vedador de precisão que utiliza princípios hidráulicos para reter os fluídos. A vedação exercida pelo selo mecânico se processa em dois momentos: a vedação principal e a secundária.



TIPOS DE SEDES



ANÉIS DE SELAGEM

***Vantagens do selo mecânico***

1. Reduz o atrito entre o eixo da bomba e o elemento de vedação; consequentemente, reduz a perda de potência da bomba.
2. Elimina o desgaste prematuro do eixo e da bucha.
3. a vazão ou fuga do produto em operação é mínima ou invisível.
4. Tem capacidade de absorver o jogo e a deflexão normais do eixo rotativo.
5. Reduz o tempo de manutenção.
6. Permite operar com segurança fluídos tóxicos, corrosivos ou inflamáveis.

O selo mecânico é usado em equipamentos de grande importância como aqueles usados em refinarias (bombas de transporte), tratamento de água e esgoto (bombas de lama bruta), indústria da construção (bomba de submersão), indústria de bebidas (fabricação de cerveja), indústria têxtil (bombas de tintura), indústria química (bombas padronizadas), construção naval (bomba principal de refrigeração por água do mar), energia (bombas de climatização de caldeira), usinas termoeletricas e nucleares.

Sua aplicação é tão variada que a indústria teve de desenvolver selos mecânicos para trabalhos específicos entre os quais citam-se altas temperaturas, altas pressões, altas velocidades, trabalhos com fluídos corrosivos e trabalhos pesados.

Os materiais empregados na fabricação dos componentes de um selo mecânico são:

- Viton;
- Teflon;
- Buna Nitrílica;
- Grafoil;
- Kalrez;
- Carvão.

### ***Materiais empregados nos selos mecânicos***

As experiências provam que uma vedação bem sucedida deve empregar carvão grafite em uma das peças na sede ou no anel de selagem. O carvão deve ser combinado com outros materiais, que, mais frequentemente, são:

- ferro fundido
- Ni resist;
- stellite;
- carboneto de tungstênio;
- cerâmica.

Usam-se materiais diferentes para sede e anel de selagem porque composições de mesmo material tendem a se unir molecularmente e criar atrito.

Os materiais dos elementos de vedação secundária são:

	borracha	borracha
anéis e juntas:	teflon	foles: teflon
	viton	hasteloy
	asbesto especial	

### ***Funcionamento do selo mecânico***

A grande quantidade de calor gerada nas faces seladoras devido ao atrito entre as superfícies pode dar origem a falhas e desgastes do selo; para evitar que isso aconteça, faz-se circular um líquido adequado pela caixa de gaxeta, com a finalidade de penetrar por entre as faces seladoras e mantê-las afastadas uma da outra, isto é, substitui-se o atrito sólido pelo atrito fluído, em que o líquido tem a função de lubrificar e refrigerar o selo.

Os principais fatores que prejudicam o bom funcionamento do selo são a alta temperatura e os abrasivos. A alta temperatura deve ser mantida dentro de uma faixa tolerável e os abrasivos devem ficar afastados da película lubrificante formada entre as faces seladoras. Isto é conseguido por meio de “sistemas auxiliares”.

Os sistemas auxiliares mais usados para diminuir ou evitar os problemas de funcionamento do selo são:

- refrigeração da caixa de selagem;
- refrigeração da sede do selo;
- lubrificação das faces seladoras;
- lavagem ou circulação;
- recirculação com anel bombeador;
- abafamento;
- selo duplo;
- suspiro e dreno.

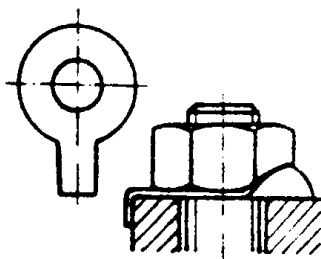
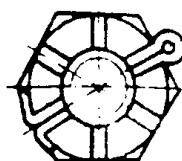
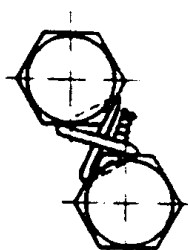
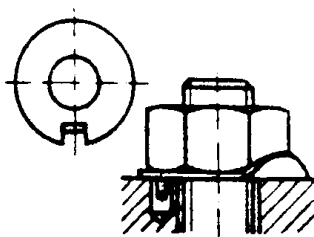
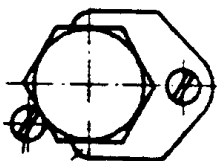
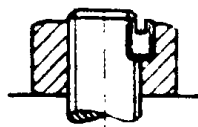
## **Travas, Chaveta, Anel elástico, Pinos e Freios**

### **Travas**

As uniões roscadas são submetidas a vibrações e podem soltar-se por essa razão. Para evitar isso, colocam-se travas e arruelas nas porcas ou parafusos.

Existem dois tipos de travas:

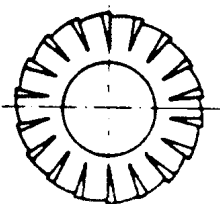
- Trava por fechamento de forma - é a mais segura e impede o afrouxamento da união.

**trava por chapa dobrada****trava por  
cupilha****trava por arame****trava por chapa  
dobrada e furo****trava por chapa  
encaixe****trava por  
parafuso**

- Trava por fechamento de forças - esta trava estabelece uma força de compressão entre as peças, o que aumenta o atrito e dificulta o afrouxamento da união mas não impede totalmente a soltura.



arruela elástica



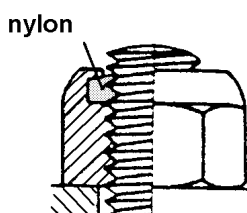
arruela dentada



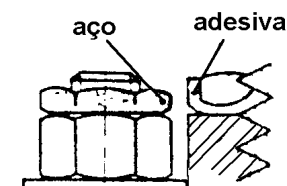
arruela espiral



contraporca



elastic-stop



semiporca estampada

## Chaveta

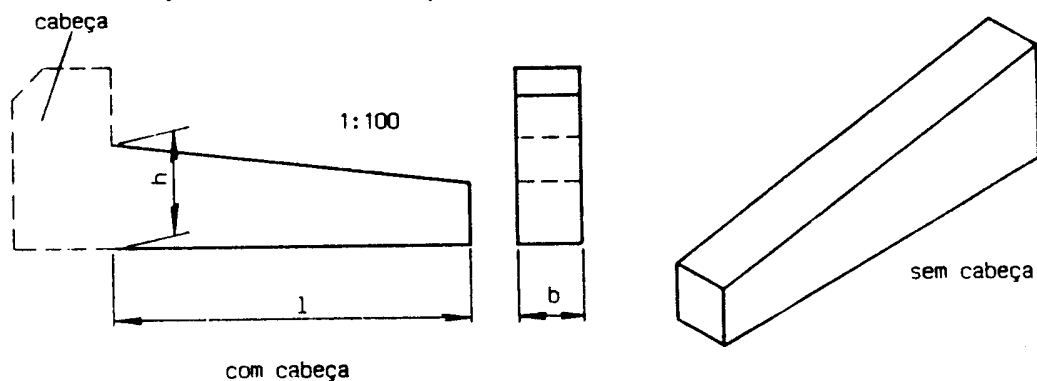
Chaveta é um corpo prismático que pode ter faces paralelas ou inclinadas, em função da grandeza do esforço e tipo de movimento que deve transmitir. É construída normalmente de aço.

A união por chaveta é um tipo de união desmontável, que permite às árvores transmitirem seus movimentos a outros órgãos, tais como engrenagens e polias.

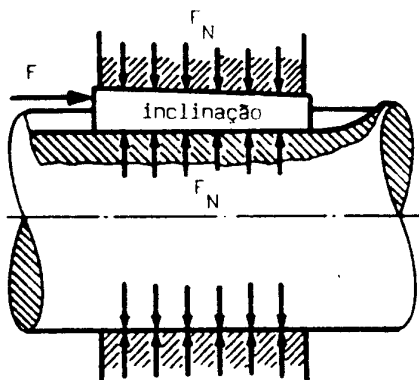
### **Classificação e características**

#### **Chaveta de cunha (ABNT-PB-121)**

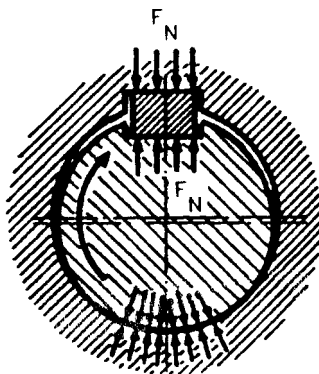
Empregada para unir elementos de máquinas que devem girar. Pode ser com cabeça ou sem cabeça, para facilitar sua montagem e desmontagem. Sua inclinação é de 1:100, o que permite um ajuste firme entre as partes.



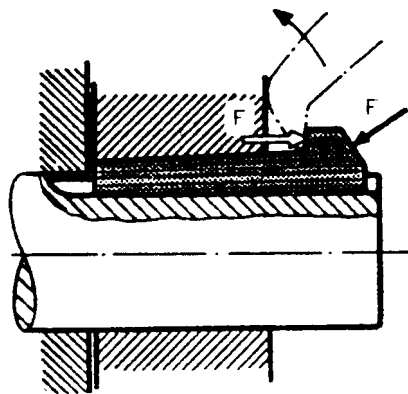
O princípio da transmissão é pela força de atrito entre as faces da chaveta e o fundo do rasgo dos elementos, devendo haver uma pequena folga nas laterais.



Havendo folga entre os diâmetros da árvore e do elemento movido, a inclinação da chaveta provocará na montagem uma determinada excentricidade, não sendo portanto aconselhado o seu emprego em montagens precisas ou de alta rotação.

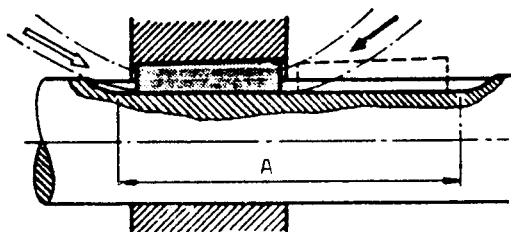


A figura a seguir mostra o modo de sacar a chaveta com cabeça.



**Chaveta encaixada** (DIN 141, 490 e 6883)

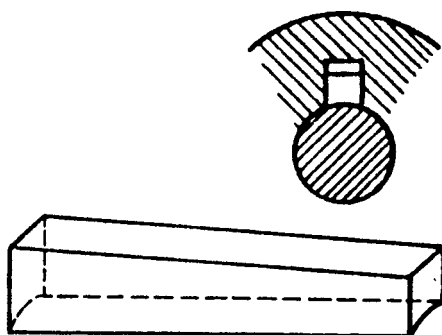
É a chaveta mais comum e sua forma corresponde ao tipo mais simples de chaveta de cunha. Para facilitar seu emprego, o rasgo da árvore é sempre mais comprido que a chaveta.



A mínimo = 2 . comprimento da chaveta

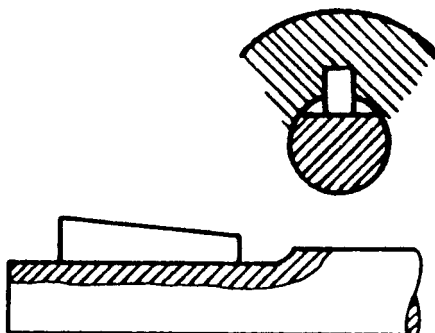
**Chaveta meia-cana** (DIN 143 e 492)

Sua base é côncava (com o mesmo raio do eixo). Sua inclinação é de 1:100, com ou sem cabeça. Não é necessário rasgo na árvore, pois transmite o movimento por efeito do atrito, de forma que, quando o esforço no elemento conduzido é muito grande, a chaveta desliza sobre a árvore.

**Chaveta plana** (DIN 142 e 491)

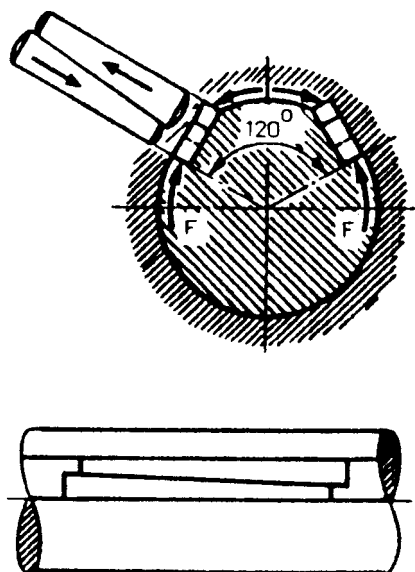
É similar à chaveta encaixada, tendo, porém, no lugar de um rasgo na árvore, um rebaixo plano. Sua inclinação é de 1:100 com ou sem cabeça.

Seu emprego é reduzido, pois serve somente para a transmissão de pequenas forças.

**Chaveta tangencial** (DIN 268 e 271)

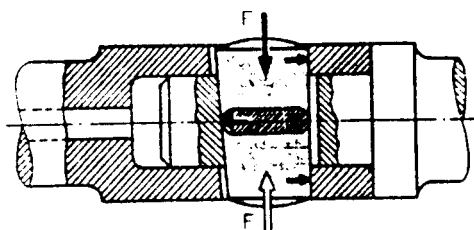
É formada por um par de cunhas com inclinação de 1:60 a 1:100 em cada rasgo. São sempre utilizadas duas chavetas e os rasgos são posicionados a 120°.

A designação tangencial é devido a sua posição em relação ao eixo. Por isso, e pelo posicionamento (uma contra a outra), é muito comum o seu emprego para transmissão de grandes forças, e nos casos em que o sentido de rotação se alterna.

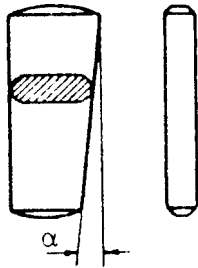


### **Chaveta transversal**

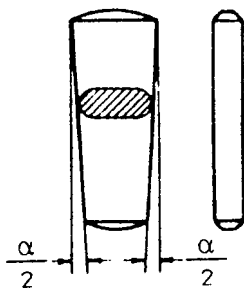
Aplicada em uniões de órgãos que transmitem movimentos não só rotativos como também retilíneos alternativos.



Quando é empregada em uniões permanentes, sua inclinação varia entre 1:25 e 1:50. Se a união necessita de montagens e desmontagens frequentes, a inclinação pode ser de 1:6 a 1:15.



simples (inclinação  
em um lado)

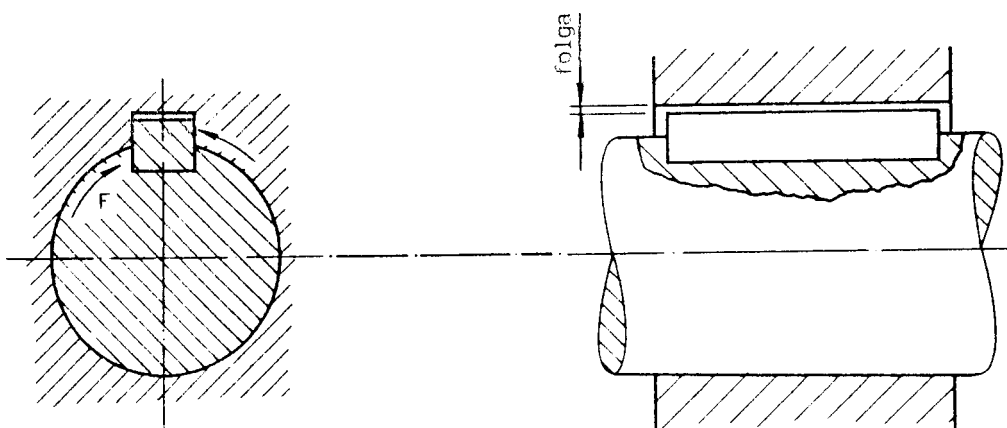


dupla (inclinação  
nos dois lados)

### **Chaveta paralela** (DIN 269)

É normalmente embutida e suas faces são paralelas, sem qualquer conicidade. O rasgo para o seu alojamento tem o seu comprimento.

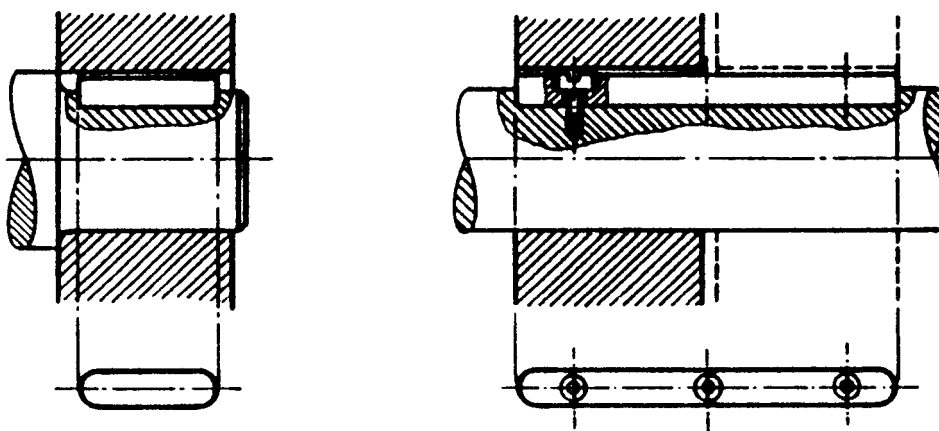
As chavetas embutidas nunca têm cabeça e sua precisão de ajuste é nas laterais, havendo uma pequena folga entre o ponto mais alto da chaveta e o fundo do rasgo elemento conduzido.



A transmissão do movimento e das forças é feita pelo ajuste de suas faces laterais com as do rasgo da chaveta.

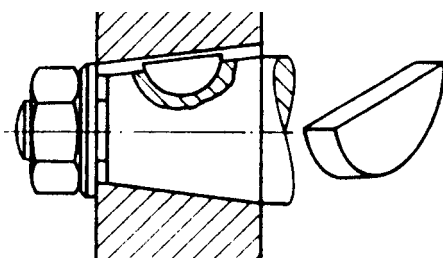
A chaveta paralela varia quanto à forma de seus extremos (retos ou arredondados) e quanto à quantidade de elementos de fixação à árvore.

Pelo fato de a chaveta paralela proporcionar um ajuste preciso na árvore não ocorre excentricidade, podendo, então, ser utilizada para rotações mais elevadas. É bastante usada nos casos em que o elemento conduzido é móvel.

**Chaveta de disco ou meia-lua tipo woodruff**

(DIN 496 e 6888)

É uma variante da chaveta paralela, porém recebe esse nome porque sua forma corresponde a um segmento circular.



É comumente empregada em eixos cônicos por facilitar a montagem e se adaptar à conicidade do fundo do rasgo do elemento externo.

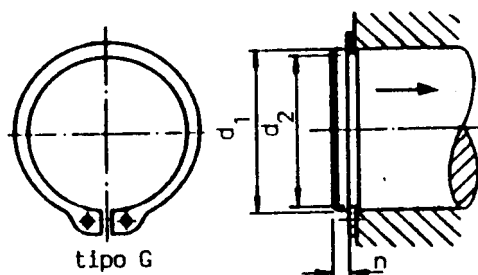
**Anel elástico**

É um elemento usado para impedir o deslocamento axial, posicionar ou limitar o curso de uma peça deslizante sobre um eixo. Conhecido também por anel de retenção, de trava ou de segurança.

Fabricado de aço para molas, tem a forma de anel incompleto, que se aloja em um canal circular construído conforme normalização.

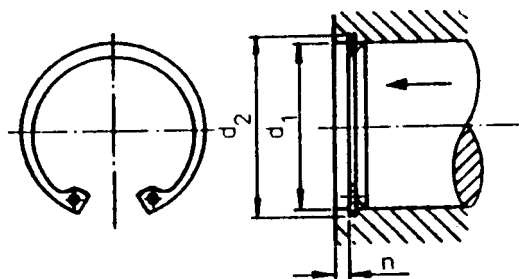
### ***Tipos de anéis elásticos e aplicações***

Aplicação: para eixos com diâmetro entre 4 e 1000mm. Trabalha externamente - DIN 471.



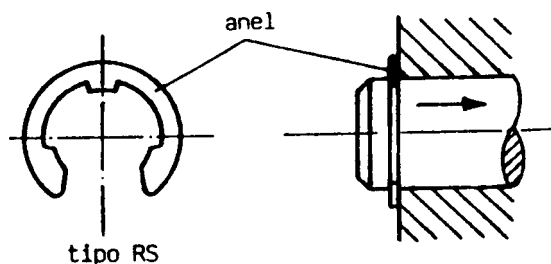
$$n = \frac{d1 - d2}{2} \cdot 3$$

Aplicação: para furos com diâmetro entre 9,5 e 1000mm. Trabalha internamente - DIN 472.

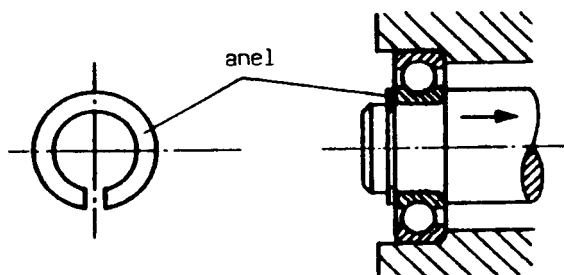


$$n = \frac{d2 - d1}{2} \cdot 3$$

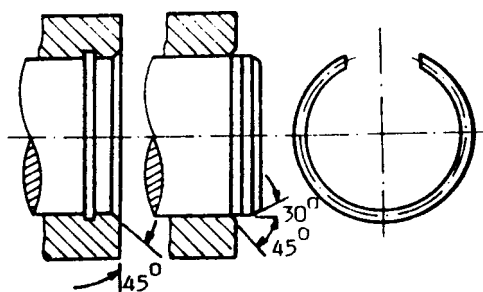
Aplicação: para eixos com diâmetro entre 8 e 24mm. Trabalha externamente - DIN 6799.



Aplicação: para eixos com diâmetro entre 4 e 390mm para rolamentos.



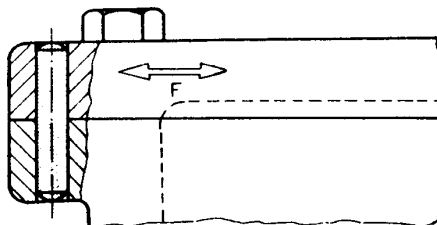
Anéis de secção circular - para pequenos esforços axiais.



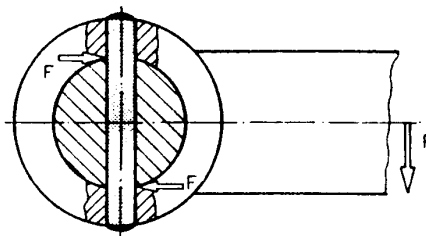
## Pinos

É uma peça geralmente cilíndrica ou cônica, oca ou maciça que serve para alinhamento, fixação e transmissão de potência.

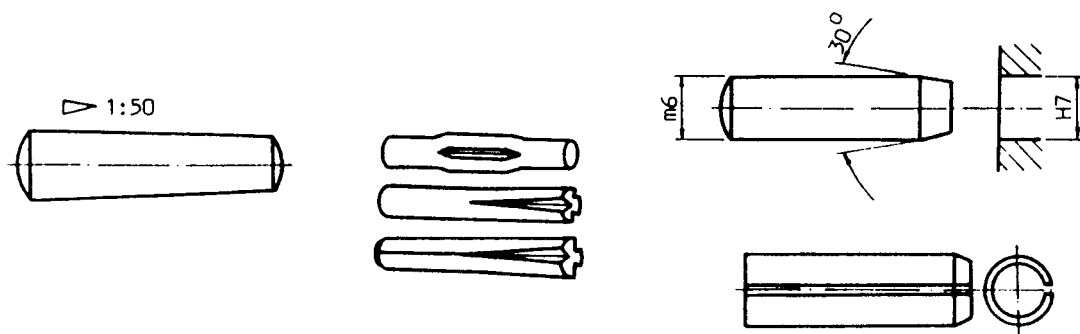
pino alinhando uma tampa fixada por parafuso ao corpo da máquina



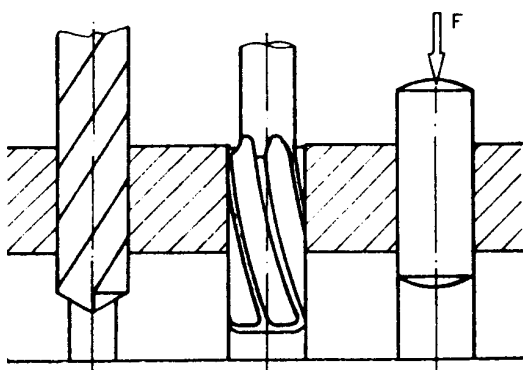
alavanca fixada ao eixo através de pino



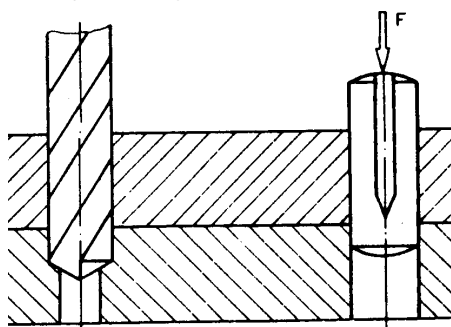
Os pinos se diferenciam por suas características de utilização, forma, tolerâncias dimensionais, acabamento superficial, material e tratamento térmico.



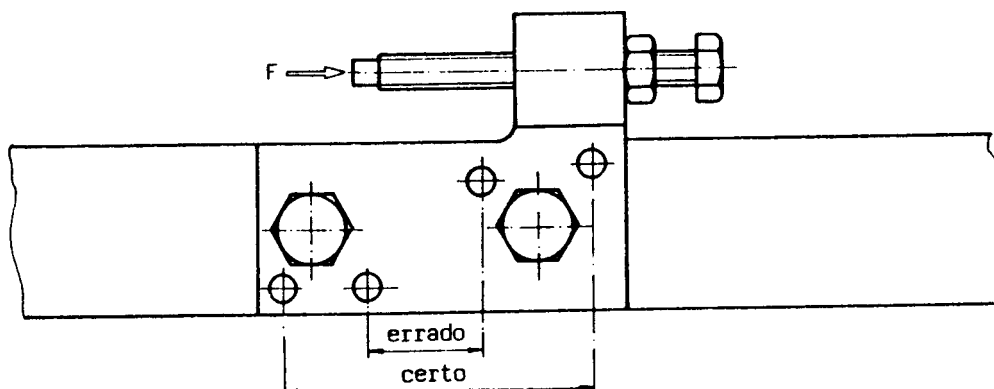
Os alojamentos para pinos devem ser calibrados com alargador que deve ser passado de uma só vez pelas suas peças a serem montadas.



Esta calibragem é dispensada quando se usa pino estriado ou pino tubular partido (elástico).



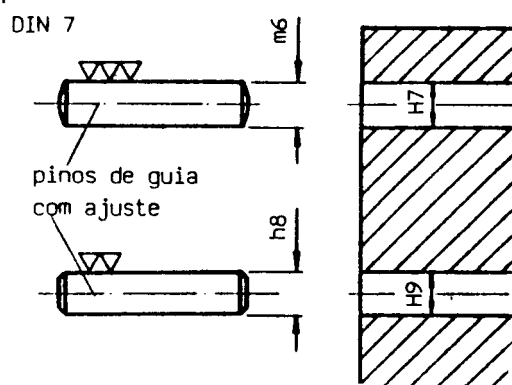
O principal esforço a que os pinos, de modo geral, estão sujeitos é o de cisalhamento. Por isso os pinos com função de alinhar ou centrar devem estar a maior distância possível entre si, para diminuir os esforços de corte. Quanto menor proximidade entre os pinos, maior o risco de cisalhamento e menor a precisão no ajuste.



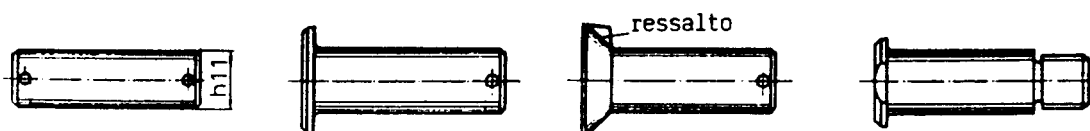
### **Pino cilíndrico paralelo**

#### **Pino de ajuste (guia) temperado**

É feito de aço-prata ou similar e é temperado, revenido e retificado. Pode resistir a grandes esforços transversais e é usado em diversas montagens, geralmente associado a parafusos e prisioneiros.



Pode ser liso, liso com furo para cupilha, com cabeça e furo para cupilha, com cabeça provida de ressalto para evitar o giro, com ponta rosca e cabeça.



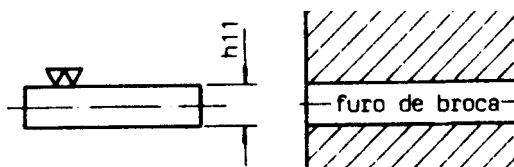
Todos os pinos que apresentam furo ou rosca são usados como eixo para articulações ou para suportar rodas, polias, cabos, etc. A precisão destes pinos é j6, m6 ou h8.

### ***Pino de segurança***

É usado principalmente em máquinas-ferramentas como pino de cisalhamento, isto é, em caso de sobrecarga esse pino se rompe para que não quebre um componente de maior importância.

### ***Pino de união***

Tem funções secundárias como em dobradiças para caixas metálicas e móveis.



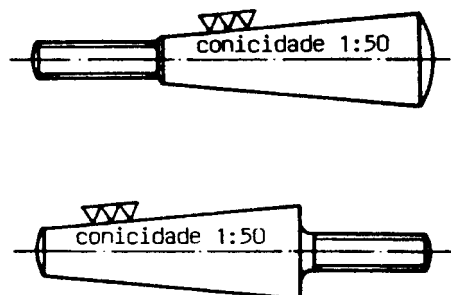
### ***Pino cônico***

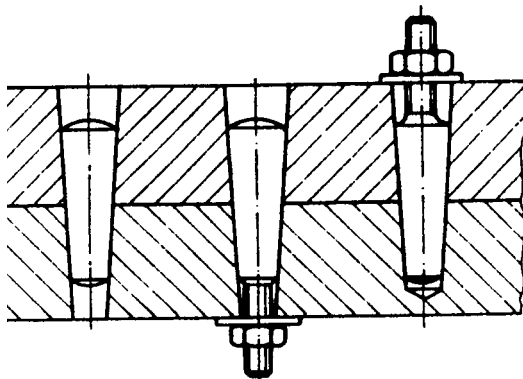
Feito geralmente de aço-prata, é temperado ou não e retificado. Tem por diâmetro nominal o diâmetro menor, para que se use a broca com essa medida antes de calibrar com alargador.



Existem pinos cônicos com extremidade roscada a fim de mantê-los fixos em casos de vibrações ou sacá-los em furos cegos.

DIN 258

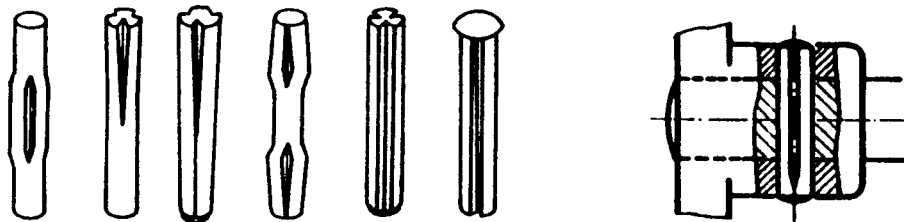




O pino cônico tem largo emprego na construção de máquinas, pois permite muitas desmontagens sem prejudicar o alinhamento dos componentes; além do que é possível compensar eventual desgaste ou alargamento do furo.

### ***Pino estriado***

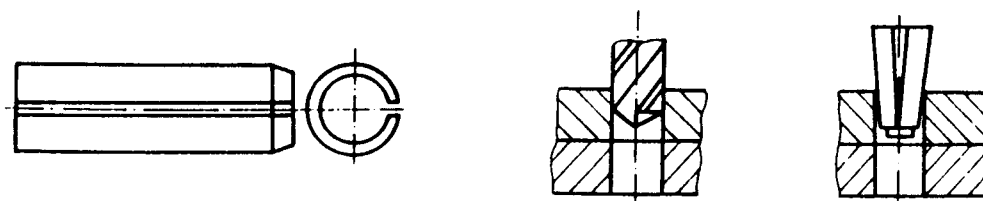
A superfície externa do pino estriado apresenta três entalhes e respectivos rebordos. A forma e o comprimento do entalhes determinam os tipos de pinos. O uso destes pinos dispensa o acabamento e a precisão do furo alargado.



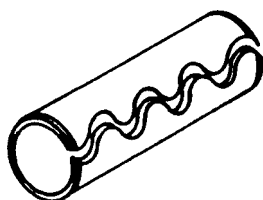
### ***Pino tubular fendido***

Também conhecido como pino elástico, é fabricado de fita de aço para mola enrolada. Quando introduzido, a fenda permanece aberta e elástica gerando o aperto.

Este elemento tem grande emprego como pino de fixação, pino de ajuste e pino de segurança. Seu uso dispensa o furo alargado.

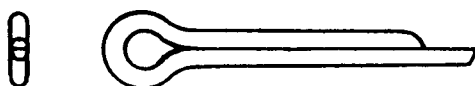


Há um pino elástico especial chamado Connex, com fenda ondulada cujos cantos estão opostos entre si. Isto proporciona uma força de ajuste maior em relação ao pino elástico comum.



### **Cupilha ou contrapino**

Trata-se de um arame de secção semicircular dobrado de tal forma a obter-se um corpo cilíndrico e uma cabeça. A cupilha é usada principalmente para travar porcas-castelo.



### **Nota**

Um pino qualquer ao se quebrar deve ser substituído por outro com as mesmas características de forma, material, tratamento e acabamento.

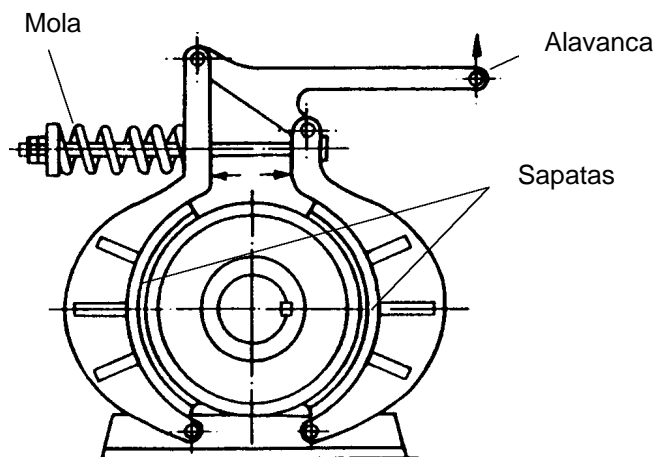
### **Freios**

São mecanismos que, para interromper um movimento, transformam energia cinética em calor. Podem ter acionamento manual, hidráulico, pneumático, eletromagnético ou automático.

A seguir serão apresentados os principais tipos de freios.

- Freio de duas sapatas

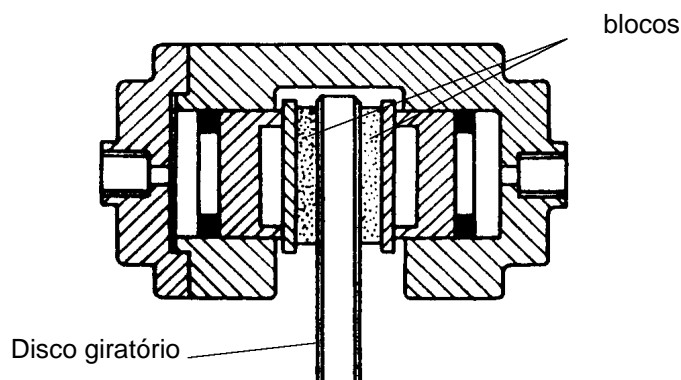
Neste caso, duas sapatas são mantidas em contato com o tambor através da ação de uma mola que o impede de rodar.



Para liberar o tambor, aciona-se a alavanca de comando, que pode ser operada manualmente, por um solenóide ou por um cilindro pneumático. Esse tipo de freio é utilizado em elevadores.

- Freio a disco

É um freio em que um ou dois blocos segmentares, de material de fricção, são forçados contra a superfície de um disco giratório.



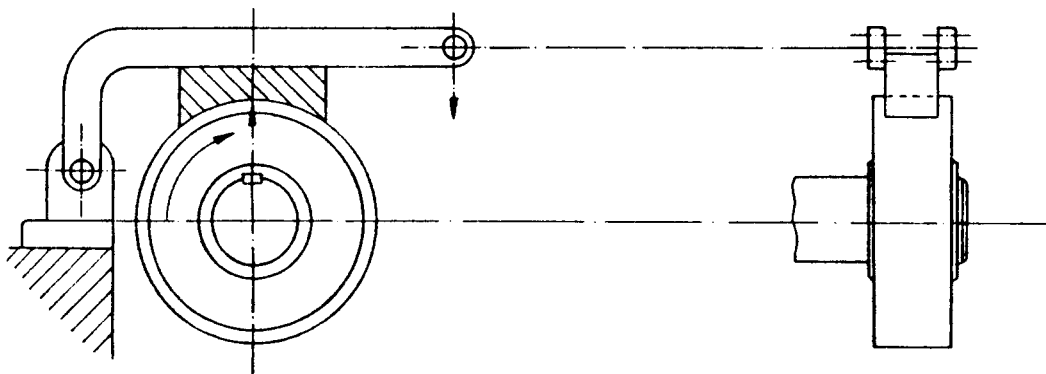
Em automóveis, os blocos segmentares (ou pastilhas) são operados por pistões hidráulicos.

Os freios a disco são menos propensos à fadiga (queda de eficiência operacional em função do tempo de utilização) que os freios a tambor.

- Freio de sapata e tambor

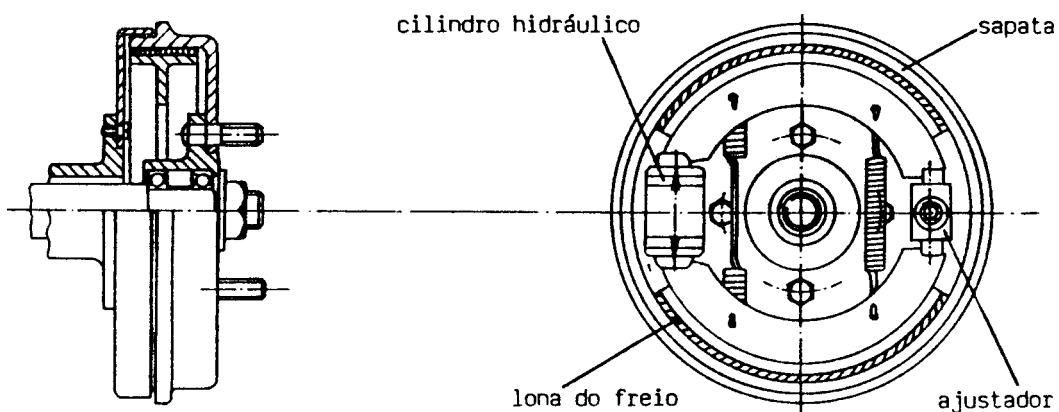
O detalhe característicos deste freio é uma sapata (ou parte de uma alavanca), revestida com material de alto coeficiente de

atrito, comprimida contra uma roda giratória (ou tambor) ligada ao órgão a freiar.



- Freio de sapatas internas ou freio a tambor

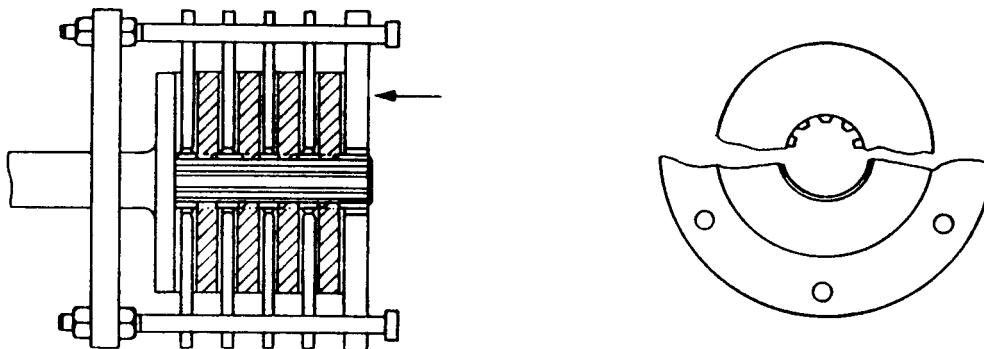
É um freio em que duas sapatas curvas são forçadas para fora, contra o interior da borda de um tambor giratório.



As sapatas são revestidas com material de atrito, conhecido como lona de freio, rebitado ou colado em sua superfície externa.

- Freio multidisco

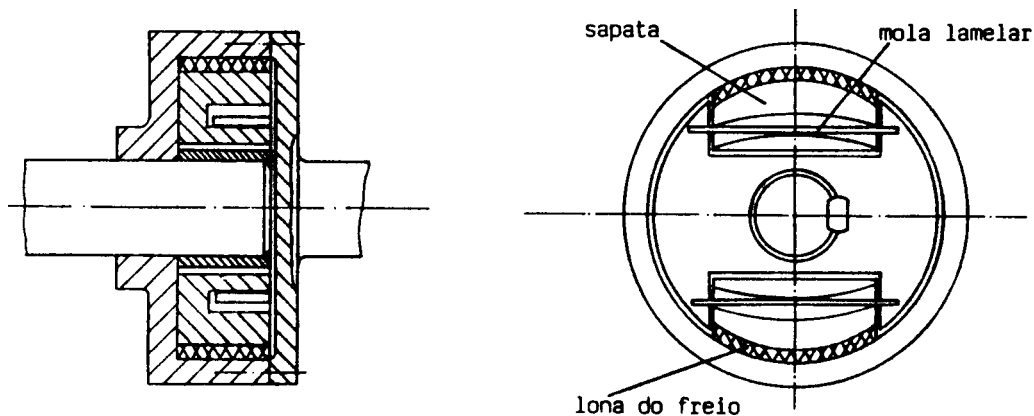
Compõe-se de vários discos de atrito intercalados com disco de aço.



Os discos de aço giram em um eixo entalhado e os discos de atrito são fixados por pinos. O freio atua por compressão axial dos discos.

- Freio centrífugo

É um freio onde as sapatas (revestidas com asbesto) atuam, na parte interna de um tambor, pela ação da força centrífuga contra a ação de mola lamelares.



A tensão da mola determina o instante de ação do freio.

## **Noções de Elementos de Máquinas - Avaliação**

- 1) Quais as finalidades dos parafusos? Cite quatro tipos e exemplifique.
- 2) Quais os tipos de porca e arruelas?
- 3) Quais os perfis usados para roscas e qual é a aplicação de cada um?
- 4) Por que é mais oportuno usar engrenagens helicoidais na transmissão de forças e rotações elevadas?
- 5) Quais são as finalidade das polias tensoras?
- 6) Qual a finalidade das correias e correntes?
- 7) Cite ao menos três vantagens e três desvantagens dos rolamentos em relação aos mancais de deslizamento.
- 8) Como se classificam os acoplamentos?
- 9) Cite 4 (quatro) tipos de vedadores e de exemplo de aplicação.
- 10) Para que servem os elementos de trava? Quais os tipos e suas aplicações?