

MANUAL DO ALUNO

# DISCIPLINA MECÂNICA GERAL

Módulo 3

República Democrática de Timor-Leste  
Ministério da Educação



## FICHA TÉCNICA

### TÍTULO

MANUAL DO ALUNO - DISCIPLINA DE MECÂNICA GERAL  
Módulo 3

### AUTOR

NUNO BOAVIDA

COLABORAÇÃO DAS EQUIPAS TÉCNICAS TIMORENSES DA DISCIPLINA  
XXXXXXX

COLABORAÇÃO TÉCNICA NA REVISÃO



PEDRO VIEGAS, COORDENADOR DO CURSO TÉCNICO DE MECÂNICA

### DESIGN E PAGINAÇÃO

UNDESIGN - JOAO PAULO VILHENA  
EVOLUA.PT

### IMPRESSÃO E ACABAMENTO

XXXXXX

### ISBN

XXX - XXX - X - XXXXX - X

### TIRAGEM

XXXXXXX EXEMPLARES

### COORDENAÇÃO GERAL DO PROJETO

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO DE TIMOR-LESTE  
2014



## Índice

<b>Órgãos de Máquinas.....</b>	<b>7</b>
<b>APRESENTAÇÃO MODULAR .....</b>	<b>8</b>
APRESENTAÇÃO .....	8
OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM .....	8
ÂMBITO DOS CONTEÚDOS .....	8
<b>ELEMENTOS DE LIGAÇÃO E FIXAÇÃO.....</b>	<b>9</b>
REBITES.....	10
Tipos de Rebites .....	11
Características dos Rebites .....	12
Rebitagem.....	13
Rebitagem por Processo Manual.....	13
Rebitagem por Processo Mecânico .....	14
Rebitagem a Quente e a Frio .....	16
Ferramentas para Rebitagem .....	16
Contra-Estampo.....	17
Repuxador .....	17
Sequências de Rebitagem Manual.....	18
Cálculos para Rebitagem .....	19
PINOS E CAVILHAS .....	21
Pinos .....	23
Cavilhas.....	24
PARAFUSOS.....	25
Parafusos passantes .....	26
Parafusos Não-Passantes .....	26
Parafusos de Pressão.....	26
Parafusos Prisoneiros.....	27
Parafuso de Cabeça Sextavada .....	31



Parafusos de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interior .....	32
Parafusos de Cabeça com Fenda .....	34
Roscas .....	37
Sentido de Direção da Rosca .....	38
Nomenclatura da Rosca .....	39
Roscas Triangulares .....	40
PORCAS .....	44
ANILHAS .....	48
ANÉIS ELÁSTICOS .....	51
<b>EXERCÍCIO TEÓRICOS .....</b>	<b>55</b>
<b>ELEMENTOS DE TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO .....</b>	<b>60</b>
ROLAMENTOS .....	60
MOLAS .....	64
Molas Helicoidais .....	64
Molas Planas .....	65
Materiais de Fabrico .....	67
Aplicações .....	68
POLIAS .....	69
CORREIAS .....	73
Relação de Transmissão .....	75
RODAS DENTADAS .....	76
Tipos de Rodas Dentadas .....	79
Representação Esquemática .....	82
CORRENTES .....	89
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>91</b>
<b>ELEMENTOS DE POSICIONAMENTO .....</b>	<b>98</b>
CHAVETAS .....	98
BUCHAS .....	102
Bucha de Fricção Radial .....	103



Bucha de Fricção Axial .....	104
Bucha Cónica .....	104
Bucha-Guia .....	104
MANCAIS .....	106
Mancais de Deslizamento .....	106
Mancais de Rolamento .....	107
<b>EXERCÍCIOS TEÓRICOS .....</b>	<b>108</b>
<b>BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS .....</b>	<b>109</b>







# Órgãos de Máquinas

Módulo 3

# APRESENTAÇÃO MODULAR

## *APRESENTAÇÃO*

Pretende-se com este módulo que os alunos aprendam a identificar e caracterizar as peças mais utilizadas na mecânica para ligar e fixar componentes, transmitir movimento, posicionar e vedar.

## *OBJETIVOS DA APRENDIZAGEM*

Identificar e caracterizar os órgãos e elementos de máquinas aplicados na ligação e fixação, transmissão de movimento, posicionamento e vedação.

## *ÂMBITO DOS CONTEÚDOS*

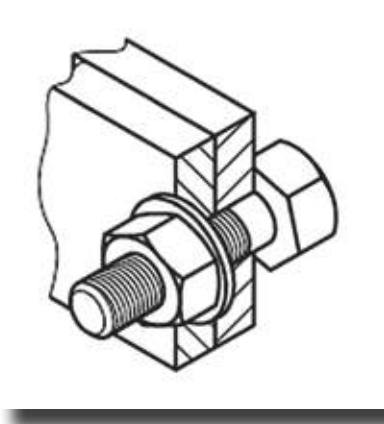
- Elementos de ligação e fixação
- Elementos de transmissão de movimento
- Elementos de posicionamento





# ELEMENTOS DE LIGAÇÃO E FIXAÇÃO

Na mecânica há diversos elementos que têm como função unir e fixar peças entre si, como é o caso dos rebites, pinos, cavilhas, troços, parafusos, porcas, anilhas, anilhas elásticas e chavetas. São estes os elementos que irão ser estudados neste capítulo de elementos de ligação e fixação.

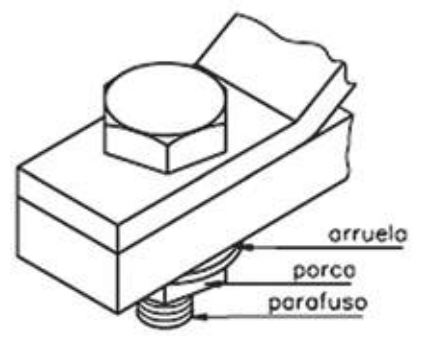


Na mecânica é muito comum a necessidade de unir peças como chapas, perfis e barras. Qualquer construção, por mais simples que seja, exige união de peças entre si.

Em mecânica, as peças a serem unidas exigem elementos próprios de união que são denominados elementos de fixação.

A união de peças feita pelos elementos de fixação pode ser de dois tipos: móvel ou permanente.

No tipo de **união móvel**, os elementos de fixação podem ser colocados ou retirados do conjunto sem causar qualquer dano às peças que foram unidas. É o caso, por exemplo, de uniões feitas com parafusos, porcas e anilhas.

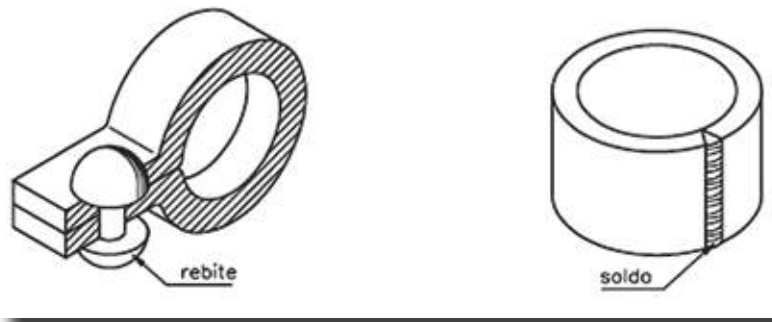


No tipo de **união permanente**, os elementos de fixação, uma vez instalados, não podem ser retirados sem que fiquem inutilizados. É o caso, por exemplo, de uniões feitas com rebites e soldas.

Tanto os elementos de fixação móvel como os elementos de fixação permanente devem ser usados com muita habilidade e cuidado porque são, geralmente, os componentes mais frágeis da máquina. Assim, para projetar um conjunto mecânico é preciso escolher o elemento de fixação adequado ao tipo de peças que irão ser unidas ou fixadas. Se, por exemplo, unirmos peças robustas com elementos de fixação fracos e mal projetados, o conjunto apresentará falhas e poderá ficar inutilizado. Ocorrerá, portanto, desperdício de tempo, de materiais e de recursos financeiros.

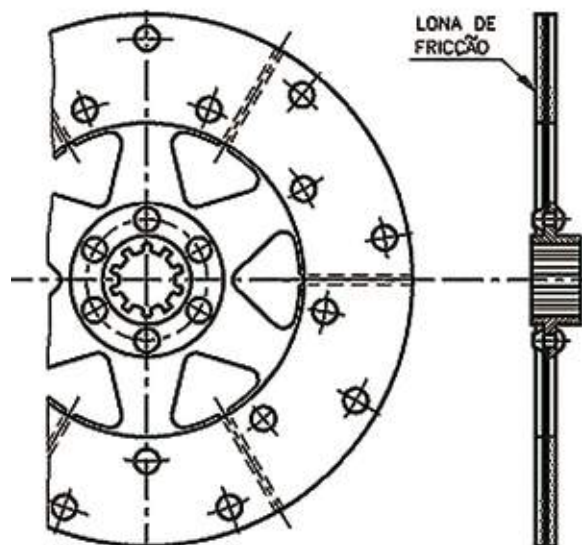
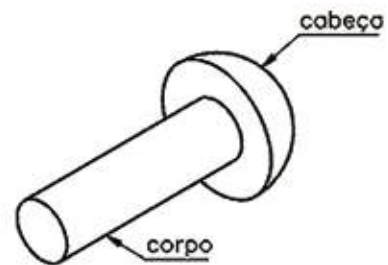


Ainda, é importante planejar e escolher corretamente os elementos de fixação a serem usados para evitar concentração de tensão nas peças fixadas. Essas tensões causam rupturas nas peças por fadiga do material.



## REBITES

O rebite é formado por um corpo cilíndrico e uma cabeça. É fabricado em aço, alumínio, cobre ou latão. É usado para fixação permanente de duas ou mais peças.



Os rebites são peças fabricadas em aço, alumínio, cobre ou latão. Unem rigidamente peças ou chapas, principalmente em estruturas metálicas, de reservatórios, caldeiras, máquinas, navios, aviões, veículos de transporte e treliças. Por exemplo, a fixação das pontas da lona de fricção do disco de embraiagem de automóvel é feita por rebites.

## Tipos de Rebites

Os rebites podem ser de vários tipos, como se ver na tabela seguinte. A fabricação de rebites é padronizada, ou seja, segue normas técnicas que indicam medidas da cabeça, do corpo e do comprimento útil dos rebites.

TIPO DE REBITE	FORMATO DA CABEÇA	APLICAÇÕES
	Cabeça redonda larga	Largamente utilizados devido à resistência que oferecem
	Cabeça redonda estreita	
	Cabeça escareada chata larga	Empregados em uniões que não admitem saliências
	Cabeça escareada chata estreita	
	Cabeça escareada com calota	Empregados em uniões que admitem pequenas saliências
	Cabeça tipo panela	
	Cabeça cilíndrica	Usados nas uniões de chapas com espessura máxima de 7 mm

A figura seguinte apresenta-se um rebite de cabeça redonda larga.



A medida  $2 \times d$  significa que o diâmetro da cabeça desse rebite é duas vezes o diâmetro do seu corpo. Se o rebite tiver um corpo com diâmetro de 5 mm, o diâmetro de sua cabeça será igual a 10 mm, pois  $2 \times 5 \text{ mm} = 10 \text{ mm}$ . Esta forma de cálculo é a mesma para todos os rebites.



## Características dos Rebites

Quando se pretende selecionar rebites para fazer uma fixação permanente entre duas chapas de metal é necessário que se conheça as suas características, para que a seleção dos rebites seja a mais adequada. As principais características de um rebite são:

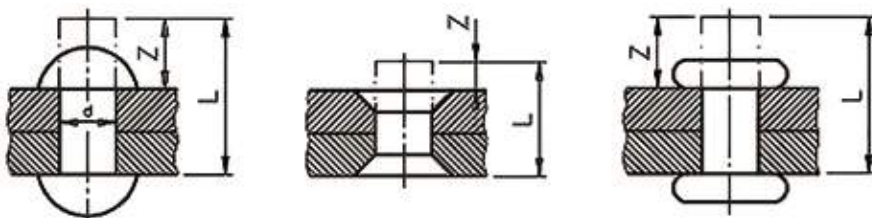
- Material de fabrico;
- Tipo de sua cabeça;
- Diâmetro do corpo;
- Comprimento útil.

O **comprimento útil do rebite** corresponde à parte do corpo que vai formar a união. A parte que vai ficar fora da união é chamada *sobra necessária* e vai ser usada para formar a outra cabeça do rebite. No caso de rebite com cabeça escareada, a altura da cabeça do rebite também faz parte do seu comprimento útil. O símbolo usado para indicar comprimento útil é  $L$  e o símbolo para indicar a *sobra necessária* é  $z$ .

Na especificação do rebite é importante saber qual será o seu comprimento útil ( $L$ ) e a *sobra necessária* ( $z$ ). Nesse caso, é preciso levar em conta:

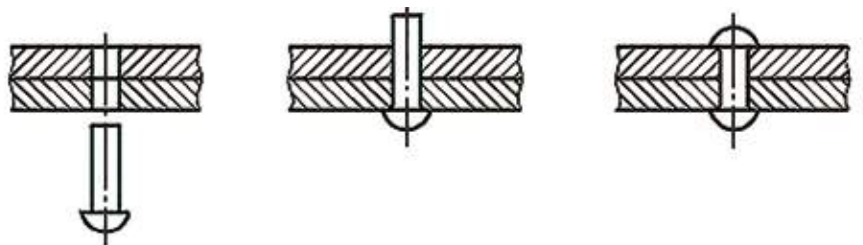
- o diâmetro do rebite;
- o tipo de cabeça a ser formado;
- o modo como vai ser fixado o rebite: a frio ou a quente.

As figuras mostram o excesso de material ( $z$ ) necessário para se formar a segunda cabeça do rebite em função dos formatos da cabeça, do comprimento útil ( $L$ ) e do diâmetro do rebite ( $d$ ).



## Rebitagem

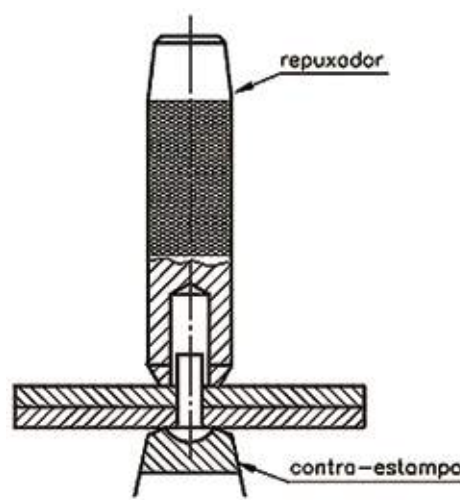
**Rebitagem** consiste na operação de colocação de rebites em furos já feitos nas peças a serem unidas. Depois, é necessário dar forma de cabeça ao corpo dos rebites, como se vê na figura seguinte.



A segunda cabeça do rebite pode ser feita por meio de um processo manual ou mecânico.

### Rebitagem por Processo Manual

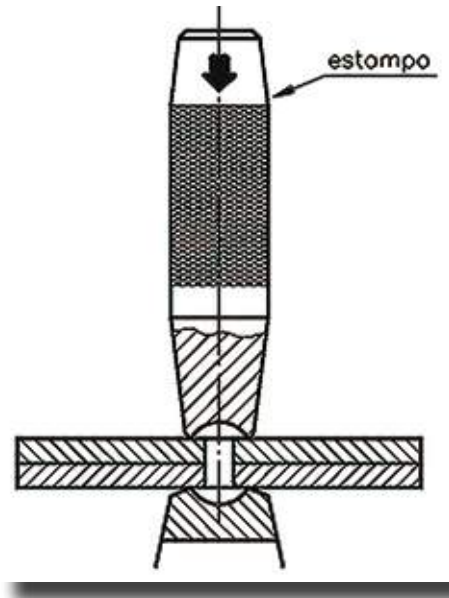
Esse tipo de processo é feito à mão, com pancadas de martelo. Antes de iniciar o processo, é preciso comprimir as duas superfícies metálicas a serem unidas, com o auxílio de ferramenta adequadas.



Após as chapas serem prensadas, o rebite é martelado até encorpar, isto é, dilatar e preencher totalmente o furo. Depois, com o martelo de bola, o rebite é “boleado”, ou seja, é martelado até começar a se arredondar. A figura seguinte mostra o “boleamento”.



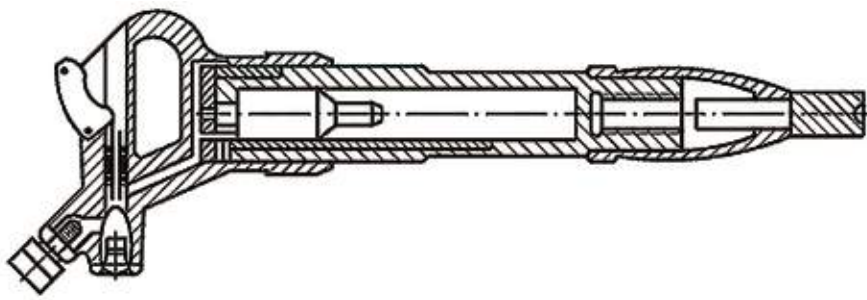
Em seguida, o formato da segunda cabeça é feito por meio de outra ferramenta chamada estampo, em cuja ponta existe uma cavidade que será usada como matriz para a cabeça redonda.



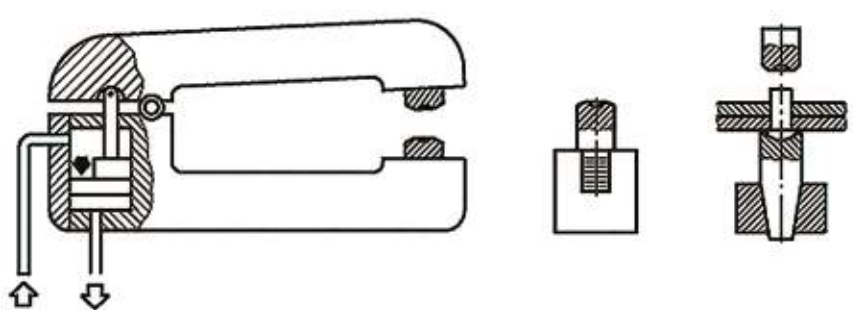
### *Rebitagem por Processo Mecânico*

O processo mecânico é feito por meio de martelo pneumático ou de rebitadeiras pneumáticas e hidráulicas. O martelo pneumático é ligado a um compressor de ar por tubos flexíveis e trabalha sob uma pressão entre 5 - 7 Pa, controlada pela alavanca do cabo. O martelo funciona por meio de um pistão ou êmbolo que impulsiona a ferramenta existente na sua extremidade. Esta ferramenta é o estampo, que dá a forma à cabeça do rebite e pode ser trocado, dependendo da necessidade.

A figura em baixo mostra em corte, um tipo de martelo pneumático para rebitagem.



A rebidadeira pneumática ou hidráulica funciona por meio de pressão contínua. Essa máquina tem a forma de um C e é constituída de duas garras, uma fixa e outra móvel com estampos nas extremidades.



Se compararmos o sistema manual com o mecânico, vemos que o sistema manual é utilizado para rebitar em locais de difícil acesso ou peças pequenas. A rebiteagem por processo mecânico apresenta vantagens, principalmente quando é usada a rebidadeira pneumática ou hidráulica. Essa máquina é silenciosa, trabalha com rapidez e permite rebiteamento mais resistente, pois o rebite preenche totalmente o furo, sem deixar espaço.

Contudo, as rebidadeiras são máquinas grandes e fixas e não trabalham em qualquer posição. Nos casos em que é necessário o deslocamento da pessoa e da máquina, é preferível o uso do martelo pneumático.



## Rebitagem a Quente e a Frio

Tanto a rebitagem manual como a mecânica podem ser feitas a quente ou a frio. Na **rebitagem a quente** o rebite é aquecido por meio de fornos a gás, elétricos ou maçarico até atingir a cor vermelho-brilhante. Depois, o rebite é martelado à mão ou à máquina até adquirir o formato.

Os fornos possibilitam um controle perfeito da temperatura necessária para aquecer o rebite. Já o maçarico apresenta a vantagem de permitir o deslocamento da fonte de calor para qualquer lugar.

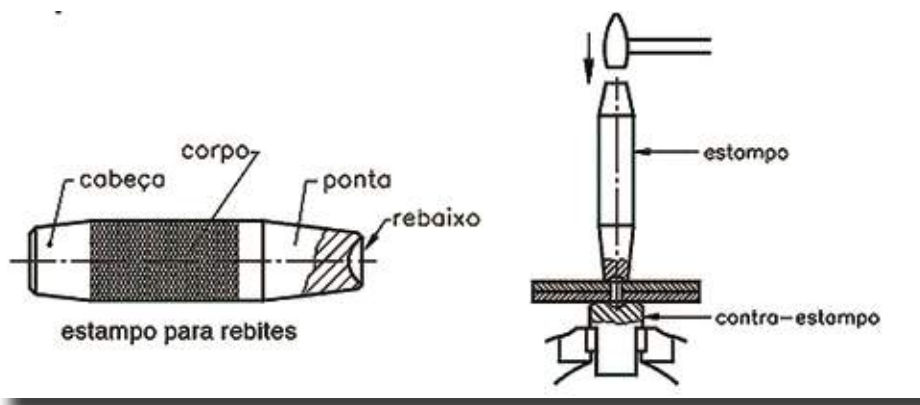
A rebitagem a quente é indicada para rebites com diâmetro superior a 6,35 mm, sendo aplicada, especialmente, em rebites de aço.

A **rebitagem a frio** é feita por martelamento simples, sem utilizar qualquer fonte de calor. É indicada para rebites com diâmetro de até 6,3 mm, se o trabalho for à mão, e de 10 mm, se for à máquina. Usa-se na rebitagem a frio rebites de aço, alumínio etc.

## Ferramentas para Rebitagem

### Estampo

É uma ferramenta usada na rebitagem manual para dar forma a uma peça. É feito em aço temperado e é composto por três partes: cabeça, corpo e ponta. Na ponta existe um rebaixo, utilizado para dar a forma final à segunda cabeça do rebite.



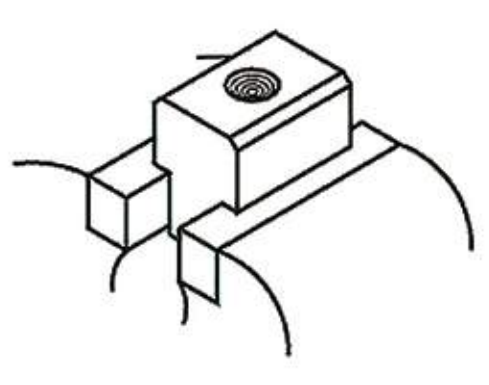


## Contra-Estampo

O contra-estampo é, na verdade, um estampo colocado em posição oposta à do estampo. Também é feito de aço temperado e apresenta um rebaixo semi-esférico no qual é introduzida a cabeça do rebite. O rebaixo semi-esférico pode apresentar vários diâmetros a fim de alojar cabeças de rebites de diversas dimensões.

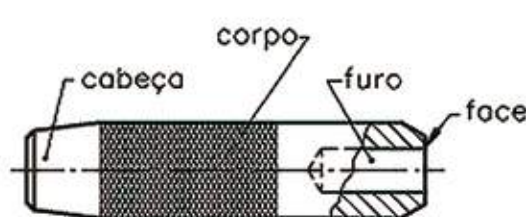


No caso de peças pequenas, pode-se utilizar o contra-estampo fixo a um torno de bancada, como se pode ver na figura ao lado. No caso de peças grandes, o contra-estampo pode ser apoiado no piso, sobre uma chapa de proteção.



## Repuxador

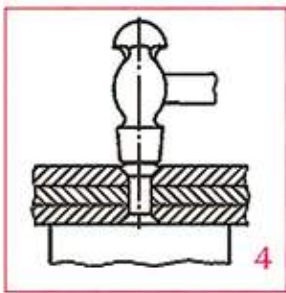
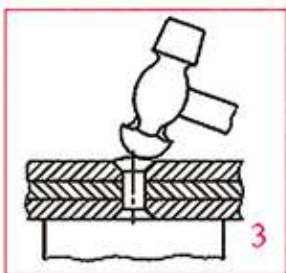
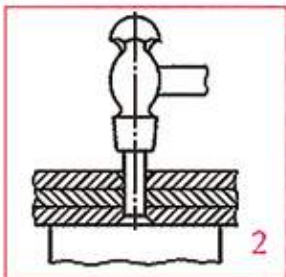
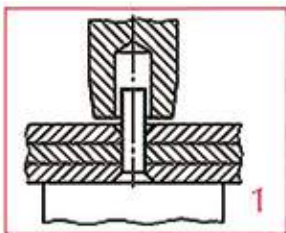
O repuxador comprime as chapas a serem rebitadas. É feito de aço temperado e apresenta três partes: cabeça, corpo e face. Na face existe um furo que aloja a extremidade livre do rebite.



## Sequências de Rebitagem Manual

Em seguida são explicadas as operações a ter em conta na rebitagem manual utilizando um rebite de cabeça escareada chata:

1. Elimine as rebarbas dos furos a fim de assegurar uma boa aderência entre as chapas;
2. Se necessário, prenda as chapas com grampos, alicates de pressão ou no torno de bancada; Se houver furos que não coincidam, passe o alargador;
3. Calcule o comprimento do rebite de acordo com o formato da cabeça; Se necessário, corte o rebite e rebarbe-o;
4. Inicie a rebitagem pelos extremos da linha de rebitagem, como se mostra de seguida:



Apoie as chapas sobre uma base sólida e puxe os rebites. A base sólida deve estar sempre limpa, ou seja, livre de partículas sólidas.

As pancadas iniciais sobre os rebites devem ser aplicadas com a face de impacto do martelo e devem ser perpendiculares em relação aos rebites.

Boleie os rebites com a bola do martelo a fim de preencher todo o escareado.

Termine a rebitagem dando pancadas com a face do martelo. Evite dar pancadas desnecessárias sobre os rebites, pois isto torna-os duros e frágeis.



## Cálculos para Rebitagem

Para rebitar é preciso escolher o rebite adequado em função da espessura das chapas a serem fixadas, do diâmetro do furo e do comprimento excedente do rebite, que vai formar a segunda cabeça.

### Cálculo do Diâmetro do Rebite

A escolha do rebite é feita de acordo com a espessura das chapas a serem rebitadas. A prática recomenda que se considere a chapa de menor espessura e se multiplique esse valor por 1,5, segundo a fórmula:

$$d = 1,5 \times S$$

$d$  = diâmetro;

$S$  = menor espessura.

Por exemplo, para rebitar duas chapas de aço, uma com espessura de 5 mm e outra com espessura de 4 mm, o diâmetro do rebite será dado por:

$$d = 1,5 \times S$$

$$= 1,5 \times 4$$

$$= 6,0 \text{ mm}$$

Geralmente, os rebites comerciais são fornecidos com as dimensões em polegadas. É necessário escolher um rebite com um valor que mais se aproxime da dimensão obtida em milímetros pelo cálculo. Assim, no exemplo acima, o rebite comercial que mais se aproxima da dimensão 6,0 mm é o rebite de diâmetro 1/4".

### Cálculo do Diâmetro do Furo

O diâmetro do furo pode ser calculado multiplicando-se o diâmetro do rebite pela constante 1,06. Matematicamente, pode-se escrever:

$$dF = dR \times 1,06$$

$dF$  = diâmetro do furo;

$dR$  = diâmetro do rebite;



Por exemplo, o diâmetro do furo para um rebite com diâmetro de 6,35 mm será dado por:

$$dF = dR \times 1,06$$

$$dF = 6,35 \times 1,06$$

$$dF = 6,73 \text{ mm}$$

Portanto, o diâmetro do furo será de 6,73 mm.

### Cálculo do Comprimento Útil do Rebite

O cálculo desse comprimento é feito por meio da seguinte fórmula:

$$L = y \times d + S$$

$L$  = comprimento útil do rebite;

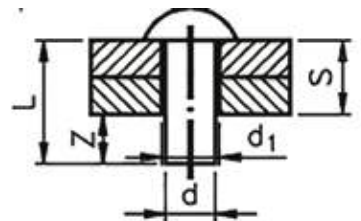
$y$  = constante determinada pelo formato da cabeça do rebite;

$d$  = diâmetro do rebite;

$S$  = soma das espessuras das chapas.

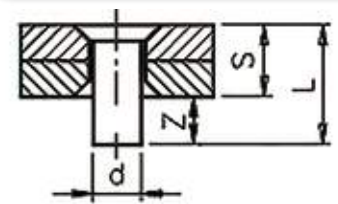
Para rebites de cabeça redonda e cilíndrica, temos:

$$L = 1,5 \times d + S$$



Para rebites de cabeça escareada, temos:

$$L = 1 \times d + S$$



**EXEMPLO 1.** Calcular o comprimento útil de um rebite de cabeça redonda com diâmetro de 3,175 mm para rebitar duas chapas, uma com 2 mm de espessura e a outra com 3 mm.

$$L = y \times d + S$$

$$L = 1,5 \times 3,175 + 5$$

$$L = 4,762 + 5$$

$$L = 9,76 \text{ mm}$$

O comprimento do útil rebite deve ser de 9,76 mm.



**EXEMPLO 2.** Calcular o comprimento útil de um rebite de cabeça escareada com diâmetro de 4,76 mm para rebitar duas chapas, uma com 3 mm de espessura e a outra com 7 mm de espessura.

$$L = y \times d + S$$

$$L = 1 \times 4,76 + 10$$

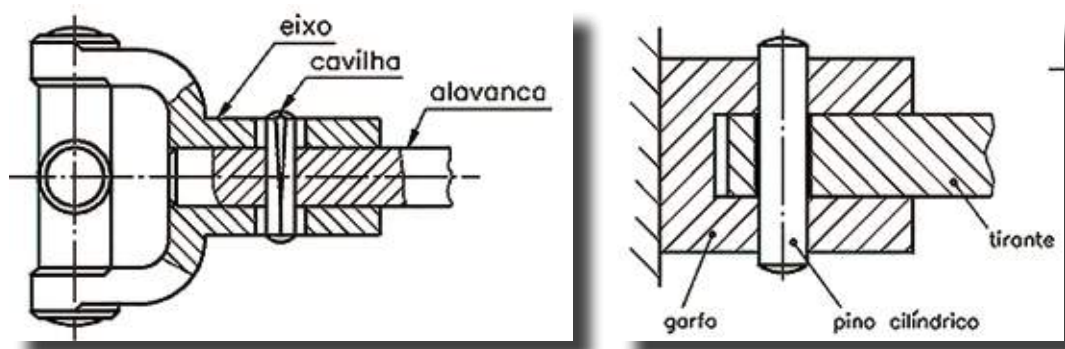
$$L = 4,76 + 10$$

$$L = 14,76 \text{ mm}$$

O comprimento do útil rebite deve ser de 14 mm.

## PINOS E CAVILHAS

Os **pinos** e as **cavilhas** têm a finalidade de alinhar ou fixar os elementos de máquinas, permitindo uniões mecânicas, ou seja, uniões em que se juntam duas ou mais peças, estabelecendo, assim, conexão entre elas, como se mostra nas figuras seguintes.



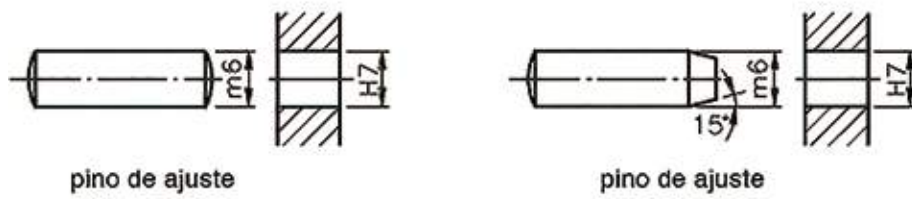
As cavilhas também são chamados pinos estriados, pinos entalhados, pinos ranhurados ou, ainda, rebites entalhados. A diferença entre pinos e cavilhas tem a ver com o formato dos elementos e suas aplicações. Por exemplo, os pinos são usados para junções de peças que se articulam entre si e as cavilhas são utilizadas em conjuntos sem articulações. Esses entalhes é que fazem com que o conjunto não se movimente.

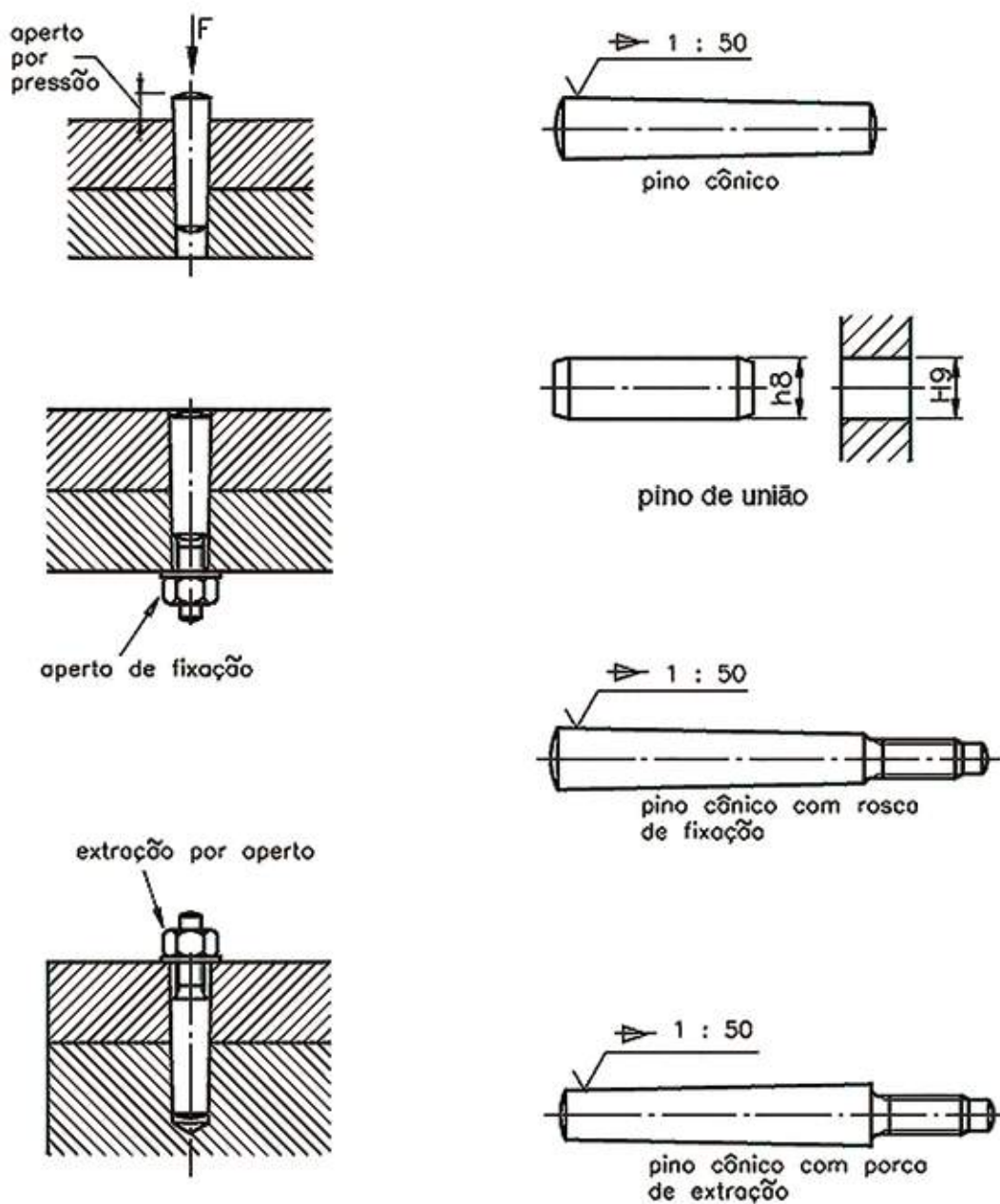
A forma e o comprimento dos entalhes determinam os tipos de cavilha.



Desta forma, os pinos e as cavilhas distingue-se pelos seguintes aspetos:

- Utilização;
- Forma;
- Tolerâncias de medidas;
- Acabamento superficial;
- Material;
- Tratamento térmico.





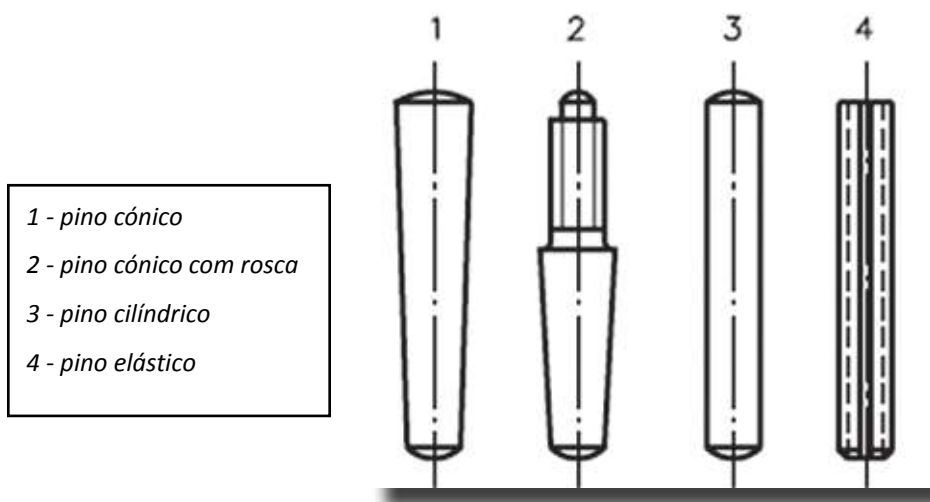
## Pinos

Os pinos são usados em junções resistentes a vibrações. Há vários tipos de pinos, consoante a sua utilização:

- Pino cônico, utilizado em centragem de peças;
- Pino cônico com haste rosçada, em que a ação de retirada do pino de furos cegos é facilitada por um simples aperto da porca;

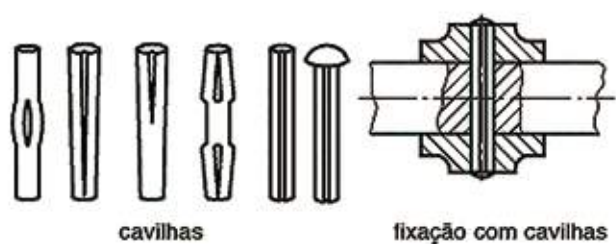


- Pino cilíndrico, requer um furo de tolerâncias rigorosas e é utilizado quando são aplicadas as forças cortantes;
- Pino elástico ou pino tubular, tem elevada resistência ao corte e pode ser colocado em furos com variação de diâmetro considerável;
- Pino de guia, serve para alinhar elementos de máquinas.



## Cavilhas

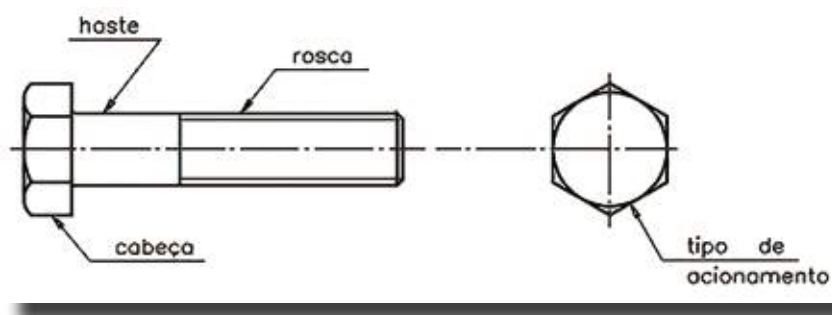
As cavilhas são peças cilíndricas fabricadas em aço, cuja superfície externa recebe três entalhes que formam ressaltos. A forma e o comprimento dos entalhes determinam os tipos de cavilha. A sua fixação é feita diretamente no furo aberto por broca, dispensando-se o acabamento e a precisão do furo alargado.





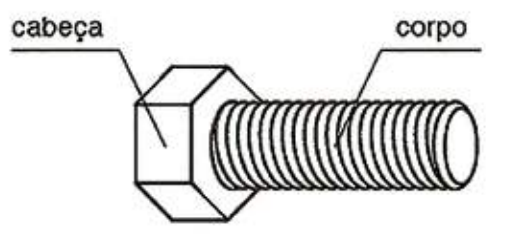
## PARAFUSOS

Os **parafusos** são elementos de fixação empregados na união não permanente de peças, isto é, as peças podem ser montadas e desmontadas facilmente, bastando apertar e desapertar os parafusos que as mantêm unidas. Os parafusos diferenciam-se pela forma da rosca, da cabeça, da haste e do tipo de acionamento.



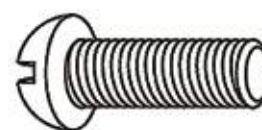
O tipo de acionamento está relacionado com o tipo de cabeça do parafuso. Por exemplo, um parafuso de cabeça sextavada é acionado por uma chave de boca ou de estria.

Em geral, o parafuso é composto de duas partes: cabeça e corpo.

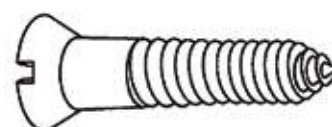


O corpo do parafuso pode ser cilíndrico ou cônico, totalmente roscado ou parcialmente roscado. A cabeça pode apresentar vários formatos havendo, no entanto, parafusos sem cabeça.

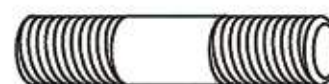
Há uma enorme variedade de parafusos que podem ser diferenciados pelo formato da cabeça, do corpo e da ponta. Essas diferenças, determinadas pela função dos parafusos, permitem classificá-los em quatro grandes grupos: parafusos passantes, parafusos não-passantes, parafusos de pressão, parafusos prisioneiros.



cilíndrico



cônico



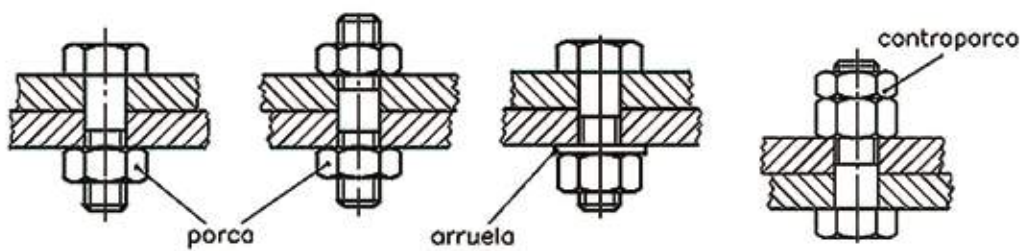
prisioneiro



## Parafusos passantes

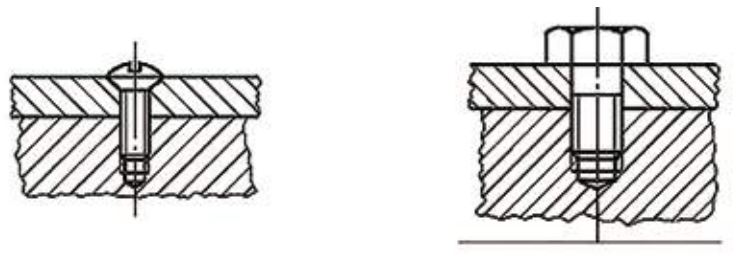
Esses parafusos atravessam, de lado a lado, as peças a serem unidas, passando livremente nos furos. Dependendo do serviço, esses parafusos, além das porcas, utilizam anilhas (anilhas, na figura) e contraporcas como acessórios.

Os parafusos passantes podem ser com cabeça ou sem cabeça.



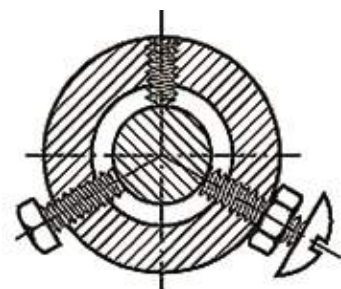
## Parafusos Não-Passantes

São parafusos que não utilizam porcas. O papel de porca é desempenhado pelo furo roscado, feito numa das peças a ser unida.



## Parafusos de Pressão

Esses parafusos são fixados por meio de pressão. A pressão é exercida pelas pontas dos parafusos contra a peça a ser fixada. Os parafusos de pressão podem apresentar cabeça ou não.

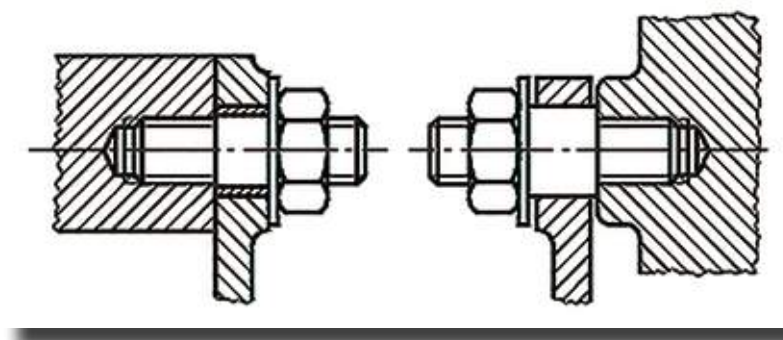


## Parafusos Prisioneiros

São parafusos sem cabeça com rosca em ambas as extremidades, sendo recomendados nas situações que exigem montagens e desmontagens frequentes. Em tais situações, o uso de outros tipos de parafusos acaba danificando a rosca dos furos.




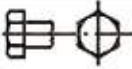
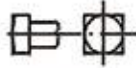


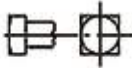





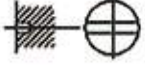
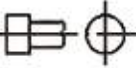
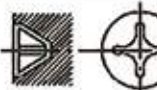


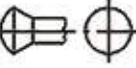

As roscas dos parafusos prisioneiros podem ter passos diferentes ou sentidos opostos, isto é, um horário e o outro anti-horário. Para fixarmos o prisioneiro no furo da máquina, utilizamos uma ferramenta especial. Caso não haja esta ferramenta, improvisa-se um apoio com duas porcas travadas numa das extremidades do prisioneiro.

Após a fixação do prisioneiro pela outra extremidade, retiram-se as porcas. A segunda peça é apertada mediante uma porca e anilha, aplicadas à extremidade livre do prisioneiro. O parafuso prisioneiro permanece no lugar quando as peças são desmontadas.



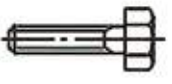
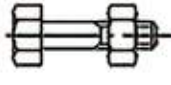










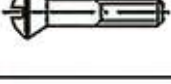
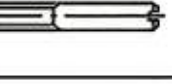
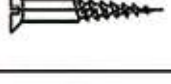
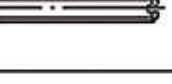
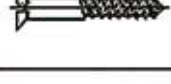
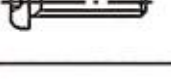



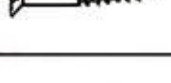
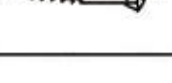
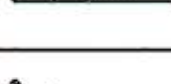

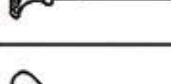





Vimos uma classificação de parafusos quanto à função que eles exercem. O quadro seguinte mostra alguns tipos de parafusos com as características da cabeça, do corpo, das pontas e com indicação dos dispositivos de aperto (Dispositivos de atarraxamento, na figura).



Formas de cabeça	Formatos do corpo	Pontas	Dispositivos de atarraxamento
 sextavada	 com a parede rosçada de diâmetro igual ao da não rosçada	 cônica	 sextavado
 quadrada	 com a parede rosçada de diâmetro maior que o da não rosçada	 arredondada	 quadrado
 redonda		 plana com chanfro	 sextavado interno
 abaulada		 plana	 fenda
 cilíndrica		 fenda cruzada	
 escareada		 borboleta	
 escareada abaulada		 recartilhado	

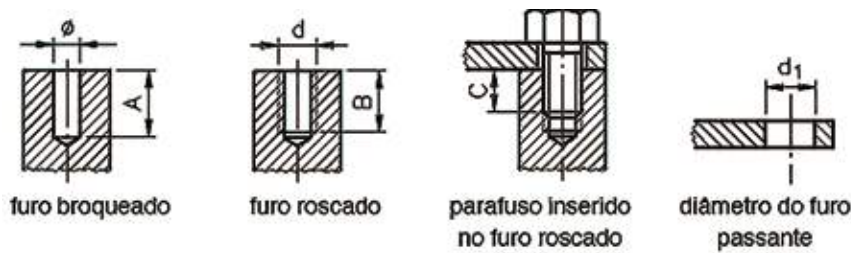


	parafuso sextavado			parafuso sextavado com rosca total
	parafuso sextavado com porca			parafuso auto-atorroxante de cabeça sextavada
	parafuso de cabeça cilíndrica com sextavado interno			
	parafuso de cabeça quadrada			
	parafuso de cabeça cilíndrica com fenda			parafuso de cabeça redonda com fenda
	parafuso de cabeça cilíndrica abaulada com fenda			parafuso de cabeça escareada com fenda
	parafuso de cabeça escareada abaulada com fenda			parafuso sem cabeça com fenda
	parafuso para madeira de cabeça escareada com fenda			parafuso sem cabeça com rosca total e fenda
	parafuso tipo prego de cabeça escareada			
	parafuso de cabeça panela com fenda cruzada			parafuso de cabeça escareada com fenda cruzada
	parafuso de cabeça redonda com fenda cruzada			parafuso de cabeça escareada abaulada com fenda cruzada
	parafuso para madeira de cabeça escareada com fenda cruzada		parafuso para madeira de cabeça escareada abaulada com fenda cruzada	
	prisioneiro			
	parafuso de cabeça recartilhado			
	parafuso borboleta			



Ao unir peças com parafusos, é preciso ter-se em atenção os seguintes aspetos:

- Profundidade do furo broqueado;
- Profundidade do furo roscado;
- Comprimento útil de penetração do parafuso;
- Diâmetro do furo passante.



$\phi$  - diâmetro do furo broqueado

$d$  - diâmetro da rosca

$A$  - profundidade do furo broqueado

$B$  - profundidade da parte roscada

$C$  - comprimento de penetração do parafuso

$d_1$  - diâmetro do furo passante

As relações que existem entre estes fatores são dadas na tabela seguinte.

Tabela: Fatores a considerar ao unir peças com parafusos

Material	Profundidade do furo broqueado A	Profundidade da parte roscada B	Comprimento de penetração do parafuso C	Diâmetro do furo passante $d_1$
oço	2 $d$	1,5 $d$	1 $d$	1,06 $d$
ferro fundido	2,5 $d$	2 $d$	1,5 $d$	
bronze, latão	2,5 $d$	2 $d$	1,5 $d$	
alumínio	3 $d$	2,5 $d$	2 $d$	

Por exemplo, se quisermos unir duas peças de alumínio com um parafuso de 6 mm de diâmetro, qual deve ser a profundidade do furo broqueado, a profundidade do furo roscado, quanto é que o parafuso deve penetrar e qual deve ser o diâmetro do furo passante?

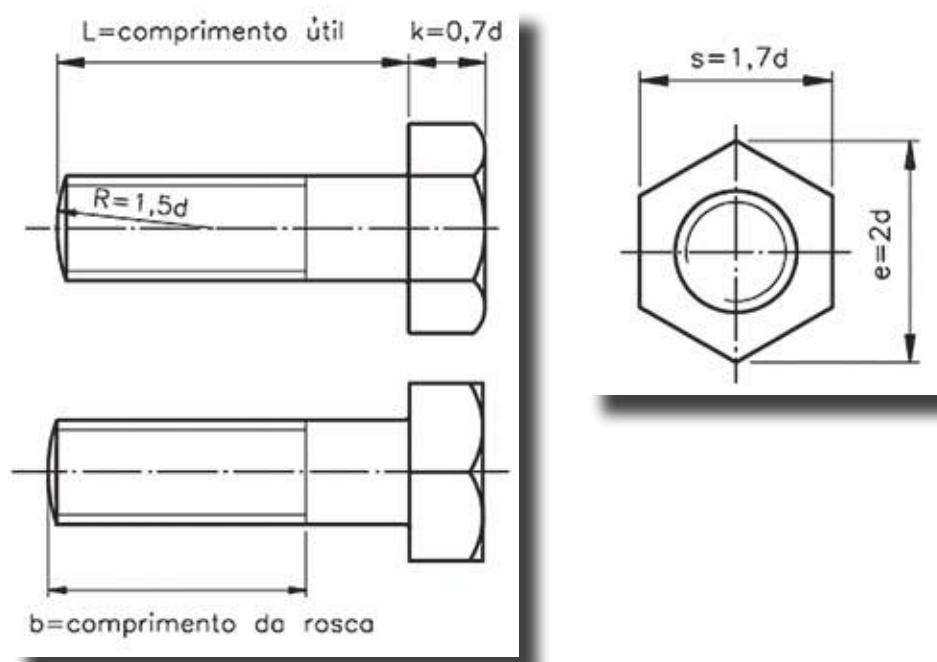


- Procura-se na tabela o material a ser aparafusado, ou seja, o alumínio.
- A seguir, procura-se na coluna profundidade do furo broqueado a relação a ser usada para o alumínio. Encontra-se o valor  $3d$ . Isso significa que a profundidade do furo broqueado deverá ser três vezes o diâmetro do parafuso, ou seja:  $3 \times 6 \text{ mm} = 18 \text{ mm}$ .
- Prosseguindo, procura-se na coluna profundidade do furo roscado a relação a ser usada para o alumínio. Encontra-se o valor  $2,5d$ . Logo, a profundidade da parte roscada deverá ser:  $2,5 \times 6 \text{ mm} = 15 \text{ mm}$ .
- Consultando a coluna comprimento de penetração do parafuso, encontra-se a relação  $2d$  para o alumínio. Portanto:  $2 \times 6 \text{ mm} = 12 \text{ mm}$ . O valor  $12 \text{ mm}$  deverá ser o comprimento de penetração do parafuso.
- Finalmente, determina-se o diâmetro do furo passante por meio da relação  $1,06d$ . Portanto:  $1,06 \times 6 \text{ mm} = 6,36 \text{ mm}$ .

Se a união por parafusos for feita entre materiais diferentes, os cálculos deverão ser efetuados em função do material que receberá a rosca.

### Parafuso de Cabeça Sextavada

Em desenho técnico, esse parafuso é representado da seguinte forma:



$d$  = diâmetro do parafuso;

$k$  = altura da cabeça ( $0,7 d$ );

$s$  = medida entre as faces

paralelas do sextavado ( $1,7 d$ );

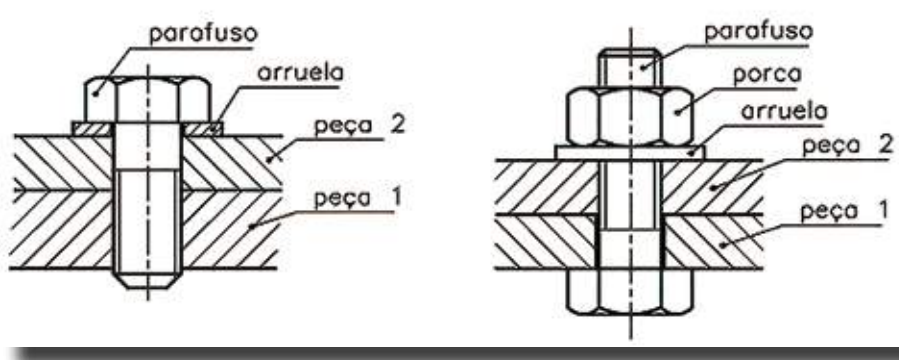
$e$  = distância entre os vértices do sextavado ( $2 d$ );

$L$  = comprimento útil (medidas padronizadas);

$b$  = comprimento da rosca (medidas padronizadas);

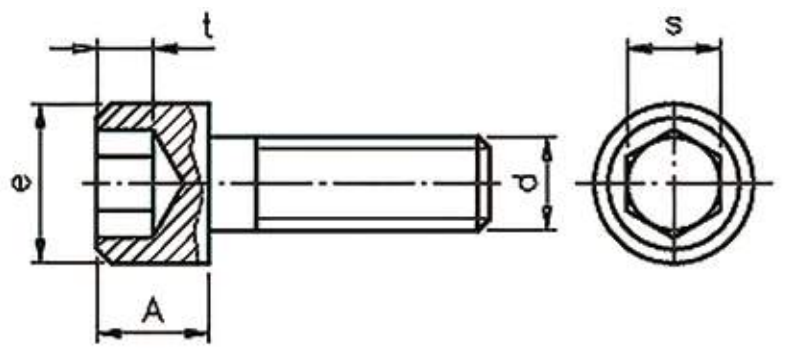
$R$  = raio de arredondamento da extremidade do corpo do parafuso.

Em geral, esse tipo de parafuso é utilizado em uniões em que se necessita de um forte aperto da chave de boca ou estria. Esse parafuso pode ser usado com ou sem rosca.



### Parafusos de Cabeça Cilíndrica com Sextavado Interior

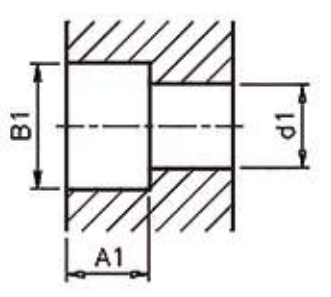
Em desenho técnico, este tipo de parafuso é representado na seguinte forma:



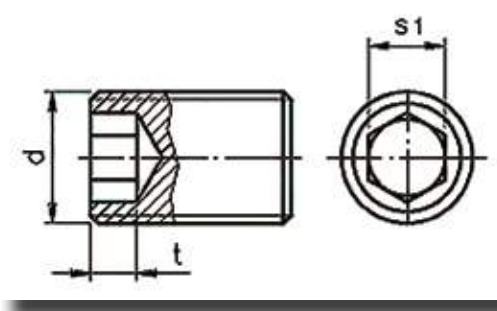


$A = d$  = altura da cabeça do parafuso;  
 $e = 1,5 d$  = diâmetro da cabeça;  
 $t = 0,6 d$  = profundidade do encaixe da chave;  
 $s = 0,8 d$  = medida do sextavado interno;  
 $d$  = diâmetro do parafuso.

Este tipo de parafuso é utilizado em uniões que exigem um bom aperto, em locais onde o manuseio de ferramentas é difícil devido à falta de espaço. Estes parafusos são fabricados em aço e tratados termicamente para aumentar sua resistência à torção. Geralmente, estes parafusos são colocados em furos com o seguinte aspeto:



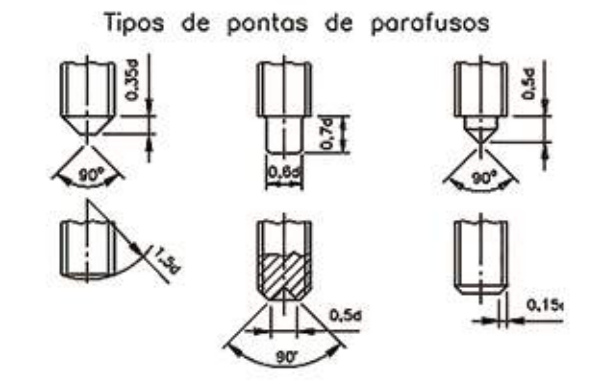
Estes parafusos podem também serem utilizados sem cabeça e com sextavado interno. Em desenho técnico, esse tipo de parafuso é representado da seguinte forma.



$d$  = diâmetro do parafuso;  
 $t = 0,5 d$  = profundidade do encaixe da chave;  
 $s_1 = 0,5 d$  = medida do sextavado interno.



Em geral, esse tipo de parafuso é utilizado para travar elementos de máquinas sendo, por isso, fabricados com diversos tipos de pontas, de acordo com sua utilização.



As medidas dos parafusos com sextavado interior com e sem cabeça e o alojamento da cabeça, são especificadas na tabela seguinte. Essa medidas variam de acordo com o diâmetro (d).

d	mm	A	e	A <sub>1</sub>	B <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>	t	s	s <sub>1</sub>
3/16"	4,76	4,76	8,0	6	8,5	5,0	3,0	5/32"	
1/4"	6,35	6,35	9,52	8	10	6,5	4,0	3/16"	1/8"
5/16"	7,94	7,94	11,11	9	12	8,2	5,0	7/32"	5/32"
3/8"	9,53	9,53	14,28	11	14,5	9,8	5,5	5/16"	5/16"
7/16"	11,11	11,11	15,87	12	16,5	11,4	7,5	5/16"	7/32"
1/2"	12,70	12,70	19,05	14	19,5	13	8,0	3/8"	1/4"
5/8"	15,88	15,88	22,22	17	23	16,1	10	1/2"	5/16"
3/4"	19,05	19,05	25,4	20	26	19,3	11	9/16"	3/8"
7/8"	22,23	22,2	28,57	23	29	22,5	13	9/16"	1/2"
1"	25,40	25,4	33,33	27	34	25,7	15	5/8"	9/16"

### Parafusos de Cabeça com Fenda

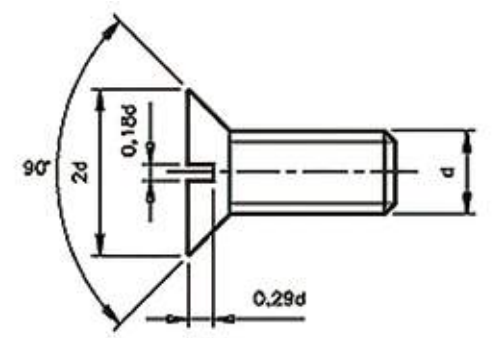
Estes parafusos podem ser de vários tipos, consoante o tipo de cabeça:

- de cabeça escareada chata com fenda;
- de cabeça redonda com fenda;
- de cabeça cilíndrica com fenda;
- de cabeça escareada boleada com fenda.



### Parafuso de Cabeça Escareada Chata com Fenda

Em desenho técnico, a sua representação é a seguinte:



*diâmetro da cabeça do parafuso =  $2 d$ ;*

*largura da fenda =  $0,18 d$ ;*

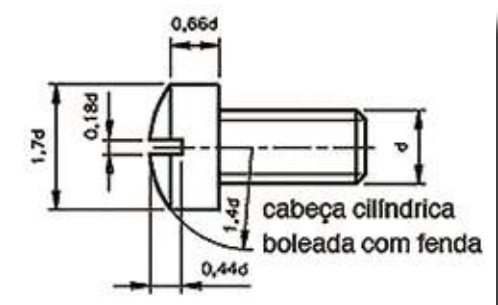
*profundidade da fenda =  $0,29 d$ ;*

*medida do ângulo do escareado =  $90^\circ$ .*

Esse tipo de parafuso é também muito empregado em montagens que não sofrem grandes esforços. Possibilita melhor acabamento na superfície e são fabricados em aço, cobre e ligas, como latão.

### Parafuso de Cabeça Cilíndrica Boleada com Fenda

Em desenho técnico, a sua representação é dada pela figura seguinte.



*diâmetro da cabeça do parafuso =  $1,7 d$ ;*

*raio da cabeça =  $1,4 d$ ;*

*comprimento da parte cilíndrica da cabeça =  $0,66 d$ ;*

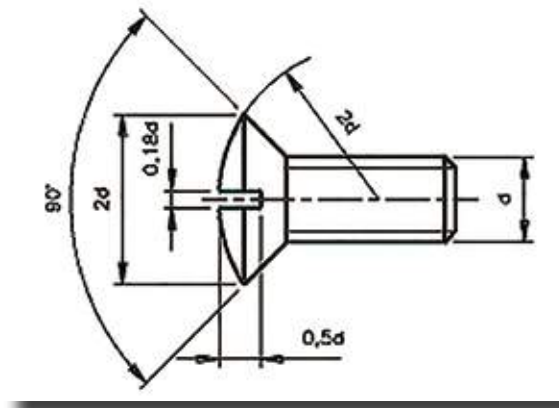
*largura da fenda =  $0,18 d$ ;*

*profundidade da fenda =  $0,44 d$ .*

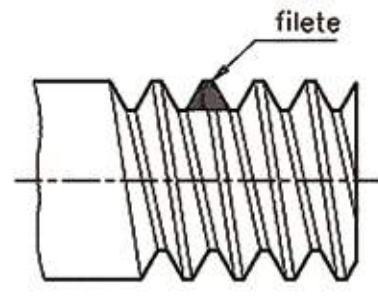


São utilizados na fixação de elementos nos quais existe a possibilidade de se fazer um encaixe profundo para a cabeça do parafuso, e a necessidade de um bom acabamento na superfície dos componentes. Trata-se de um parafuso cuja cabeça é mais resistente do que as outras de sua classe. São fabricados em aço, cobre e ligas, como latão.

**Parafuso de Cabeça Escareada Boleada com Fenda**



- diâmetro da cabeça do parafuso = 2 d;*
- raio da cabeça do parafuso = 2 d;*
- largura da fenda = 0,18 d;*
- profundidade da fenda = 0,5 d.*



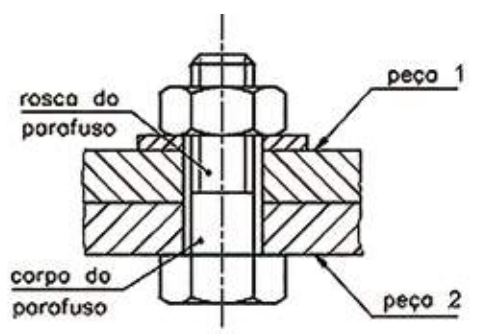
São geralmente utilizados na união de elementos cujas espessuras sejam finas e quando é necessário que a cabeça do parafuso fique embutida no elemento. Permitem um bom acabamento na superfície. São fabricados em aço, cobre e ligas como latão.

Como se acabou de ver, o parafuso é uma peça formada por um corpo cilíndrico roscado e uma cabeça, que pode ter várias formas. Na figura pode ver-se um parafuso de cabeça cilíndrica com fenda. Todos os parafusos têm roscas, podendo estas ser de diversos tipos.

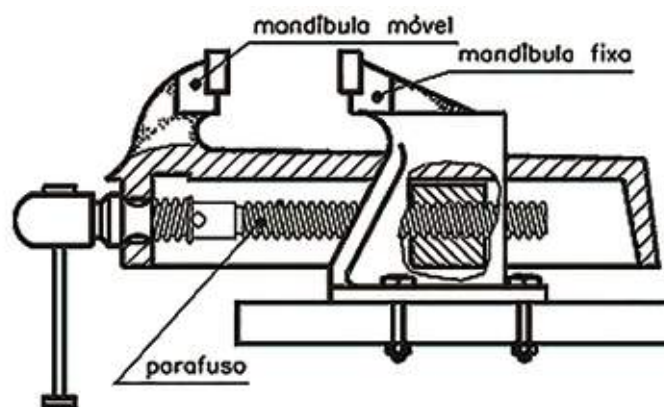


## Roscas

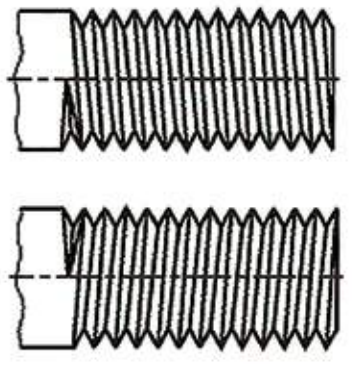
**Rosca** é um conjunto de filetes em torno de uma superfície cilíndrica. As roscas podem ser internas ou externas. As internas encontram-se no interior das porcas e as roscas externas localizam-se no corpo dos parafusos. As roscas permitem a união e desmontagem de peças.

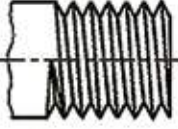

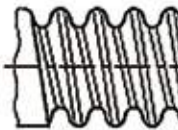
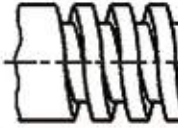
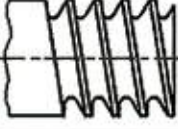


Permitem, também, movimento de peças. O parafuso que movimenta a mandíbula móvel do torno de bancada é um exemplo de movimento de peças.



Os filetes das roscas apresentam vários perfis, sempre uniformes, que dão nome às roscas e condicionam sua aplicação. No quadro seguinte são mostrados alguns tipos de filetes de rosca e as sua aplicação.



TIPOS DE ROSCAS (PERFIS) PERFIL DE FILETE	APLICAÇÃO
 triangular	Parafusos e porcas de fixação na união de peças. Ex.: Fixação da roda do carro.
 trapezoidal	Parafusos que transmitem movimento suave e uniforme. Ex.: Fusos de máquinas.
 redondo	Parafusos de grandes diâmetros sujeitos a grandes esforços. Ex.: Equipamentos ferroviários.
 quadrado	Parafusos que sofrem grandes esforços e choques. Ex.: Pressas e morsas.
 rosca dente-de-serra	Parafusos que exercem grande esforço num só sentido Ex.: Macacos de catraca

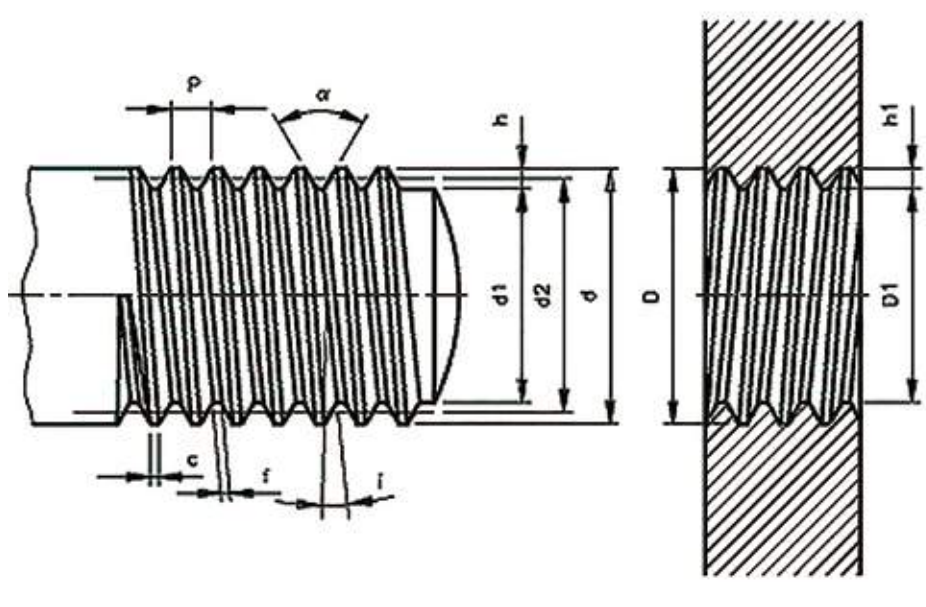
### Sentido de Direção da Rosca

Dependendo da inclinação dos filetes em relação ao eixo do parafuso, as roscas ainda podem ser direita ou esquerda. Na rosca direita, o filete sobe da direita para a esquerda, conforme a figura. Na rosca esquerda, o filete sobe da esquerda para a direita.



## Nomenclatura da Rosca

Independentemente da sua aplicação, as roscas têm os mesmos elementos, variando apenas os formatos e as dimensões.



$P$  = passo (em mm)

$i$  = ângulo da hélice

$d$  = diâmetro externo

$c$  = crista

$d_1$  = diâmetro interno

$D$  = diâmetro do fundo da porca

$d_2$  = diâmetro do flanco

$D_1$  = diâmetro do furo da porca

$\alpha$  = ângulo do filete

$h_1$  = altura do filete da porca

$f$  = fundo do filete

$h$  = altura do filete do parafuso

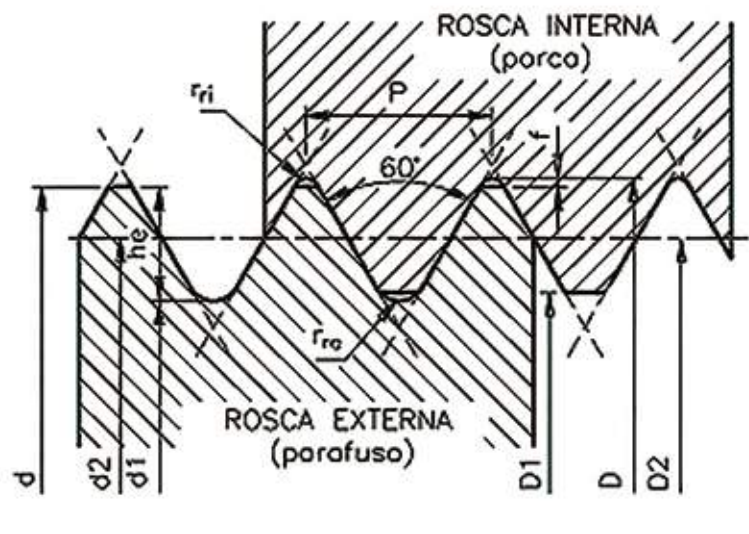


## Roscas Triangulares

As roscas triangulares classificam-se, segundo o seu perfil, em três tipos:

- rosca métrica;
- rosca whitworth;
- rosca americana.

a rosca métrica pode ser normal ou fina, como se explica de seguida.



Ângulo do perfil da rosca:  $\alpha = 60^\circ$ .

Diâmetro menor do parafuso ( $\emptyset$  do núcleo):

$$d_1 = d - 1,2268 \times P$$

Diâmetro efetivo do parafuso ( $\emptyset$  médio):  $d_2 = D_2 = d - 0,6495 \times P$

Folga entre a raiz do filete da porca e a crista do filete do parafuso:  $f = 0,045 \times P$ .

Diâmetro maior da porca:  $D = d + 2 \times f$

Diâmetro menor da porca (furo):  $D_1 = d - 1,0825 \times P$

Diâmetro efetivo da porca ( $\emptyset$  médio):  $D_2 = d_2$

Altura do filete do parafuso:  $h_e = 0,61343 \times P$

Raio de arredondamento da raiz do filete do parafuso:  $r_{re} = 0,14434 \times P$

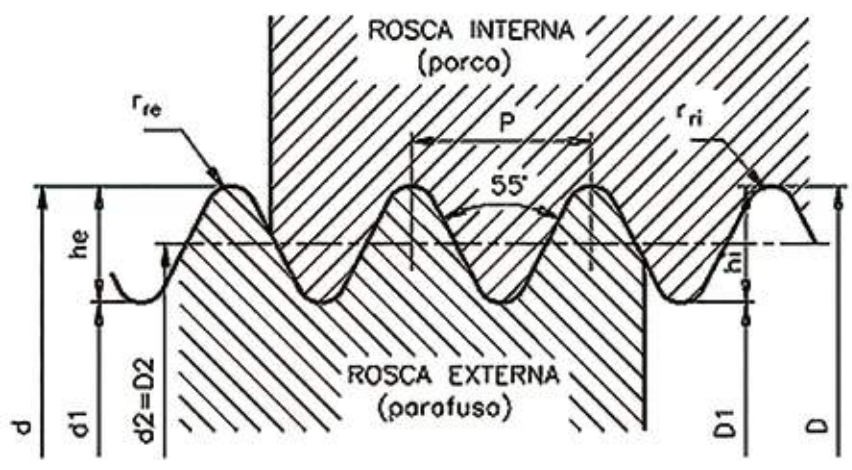
Raio de arredondamento da raiz do filete da porca:  $r_{ri} = 0,063 \times P$





A **rosca métrica fina**, num determinado comprimento, possui maior número de filetes do que a rosca normal. Permite melhor fixação da rosca, evitando afrouxamento do parafuso, em caso de vibração de máquinas.

Quanto à **rosca Whitworth**,



$$a = 55^\circ$$

$$P = 1 / n^\circ \text{ de fios}$$

$$h_i = h_e = 0,6403 \times P$$

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

$$d = D$$

$$D_1 = d - 2 \times h_e$$

$$D_2 = d_1 = d - h_e$$

A fórmula para fabrico das roscas Whitworth normal e fina é a mesma, apenas variam os números de filetes por polegada. As fórmulas anteriores permitem obter os valores para cada elemento da rosca. Para facilitar a obtenção desses valores, existem tabelas de roscas métricas de perfil triangular normal e fina e Whitworth normal, que permitem uma consulta mais fácil. São apresentadas essas tabelas de seguida, a título de curiosidade.



TABELAS DE ROSCAS								
ROSCA MÉTRICA DE PERFIL TRIANGULAR								
SÉRIE NORMAL								
EXTERNA (PARAFUSO)				INTERNA (PORCA)			EXTERNA E INTERNA (PARAFUSO E PORCA)	
Maior (nominal)	Menor	Altura do filete	Raio da raiz da rosca externa	Maior	Menor	Raio da raiz da rosca interna	Passo	Efetivo
d (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	h <sub>e</sub> (mm)	r <sub>re</sub> (mm)	D (mm)	D <sub>1</sub> (mm)	r <sub>ri</sub> (mm)	P (mm)	d <sub>2</sub> D <sub>2</sub> (mm)
1	0,693	0,153	0,036	1,011	0,729	0,018	0,25	0,837
1,2	0,893	0,153	0,036	1,211	0,929	0,018	0,25	1,038
1,4	1,032	0,184	0,043	1,413	1,075	0,022	0,3	1,205
1,6	1,171	0,215	0,051	1,616	1,221	0,022	0,35	1,373
1,8	1,371	0,215	0,051	1,816	1,421	0,022	0,35	1,573
2	1,509	0,245	0,058	2,018	1,567	0,025	0,4	1,740
2,2	1,648	0,276	0,065	2,220	1,713	0,028	0,45	1,908
2,5	1,948	0,276	0,065	2,520	2,013	0,028	0,45	2,208
3	2,387	0,307	0,072	3,022	2,459	0,031	0,5	2,675
3,5	2,764	0,368	0,087	3,527	2,850	0,038	0,6	3,110
4	3,141	0,429	0,101	4,031	3,242	0,044	0,7	3,545
4,5	3,680	0,460	0,108	4,534	3,690	0,047	0,75	4,013
5	4,019	0,491	0,115	5,036	4,134	0,051	0,8	4,480
6	4,773	0,613	0,144	6,045	4,917	0,06	1	5,350
7	5,773	0,613	0,144	7,045	5,917	0,06	1	6,350
8	6,466	0,767	0,180	8,056	6,647	0,08	1,25	7,188
9	7,466	0,767	0,180	9,056	7,647	0,08	1,25	8,188
10	8,160	0,920	0,217	10,067	8,376	0,09	1,5	9,026
11	9,160	0,920	0,217	11,067	9,376	0,09	1,5	10,026
12	9,833	1,074	0,253	12,079	10,106	0,11	1,75	10,863
14	11,546	1,227	0,289	14,090	11,835	0,13	2	12,701
16	13,546	1,227	0,289	16,090	13,835	0,13	2	14,701
18	14,933	1,534	0,361	18,112	15,294	0,16	2,5	16,376
20	16,933	1,534	0,361	20,112	17,294	0,16	2,5	18,376
22	18,933	1,534	0,361	22,112	19,294	0,16	2,5	20,376
24	20,319	1,840	0,433	24,135	20,752	0,19	3	22,051
27	23,319	1,840	0,433	27,135	23,752	0,19	3	25,051
30	25,706	2,147	0,505	30,157	26,211	0,22	3,5	27,727
33	28,706	2,147	0,505	33,157	29,211	0,22	3,5	30,727
36	31,093	2,454	0,577	36,180	31,670	0,25	4	33,402
39	34,093	2,454	0,577	39,180	34,670	0,25	4	36,402
42	36,479	2,760	0,650	42,102	37,129	0,28	4,5	39,077



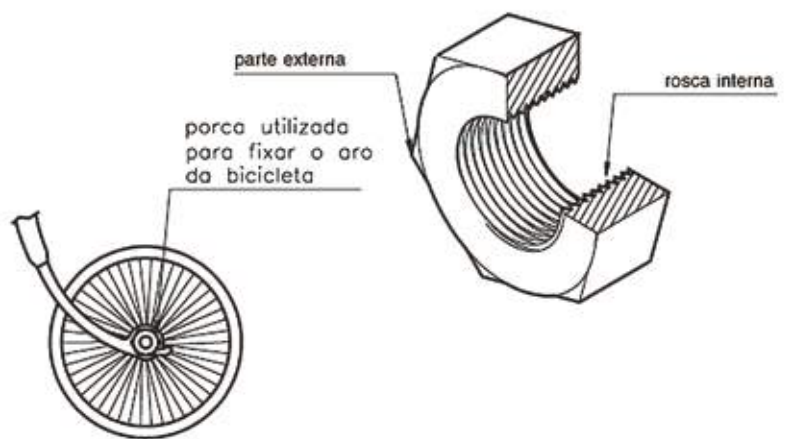
TABELAS DE ROSCAS								
ROSCA MÉTRICA DE PERFIL TRIANGULAR SÉRIE FINA								
EXTERNA (PARAFUSO)				INTERNA (FORÇA)			EXTERNA E INTERNA (PARAFUSO E FORÇA)	
Maior (nominal)	Menor	Altura do filete	Raio da raiz da rosca externa	Maior	Menor	Raio da raiz da rosca interna	Passo	Efetivo
d (mm)	d <sub>1</sub> (mm)	h <sub>e</sub> (mm)	r <sub>re</sub> (mm)	D (mm)	D <sub>1</sub> (mm)	r <sub>ri</sub> (mm)	P (mm)	d <sub>2</sub> D <sub>2</sub> (mm)
1,6	1,354	0,123	0,029	1,609	1,384	0,013	0,2	1,470
1,8	1,554	0,123	0,029	1,809	1,584	0,013	0,2	1,670
2	1,693	0,153	0,036	2,012	1,730	0,157	0,25	1,837
2,2	1,893	0,153	0,036	2,212	1,930	0,157	0,25	2,038
2,5	2,070	0,215	0,050	2,516	2,121	0,022	0,35	2,273
3	2,570	0,215	0,050	3,016	2,621	0,022	0,35	2,773
3,5	3,070	0,215	0,050	3,516	3,121	0,022	0,35	3,273
4	3,386	0,307	0,072	4,027	3,459	0,031	0,5	3,673
4,5	3,886	0,307	0,072	5,527	3,959	0,031	0,5	4,175
5	4,386	0,307	0,072	5,027	4,459	0,031	0,5	4,675
5,5	4,886	0,307	0,072	5,527	4,959	0,031	0,5	5,175
6	5,180	0,460	0,108	6,034	5,188	0,047	0,75	5,513
7	6,180	0,460	0,108	7,034	6,188	0,047	0,75	6,513
8	7,180	0,460	0,108	8,034	7,188	0,047	0,75	7,513
8	6,773	0,613	0,144	8,045	6,917	0,06	1	7,350
9	8,180	0,460	0,108	9,034	8,188	0,047	0,75	8,513
9	7,773	0,613	0,144	9,045	7,917	0,06	1	8,350
10	9,180	0,460	0,108	10,034	9,188	0,047	0,75	9,513
10	8,773	0,613	0,144	10,045	8,917	0,06	1	9,350
10	8,466	0,767	0,180	10,056	8,647	0,08	1,25	8,625
11	10,180	0,460	0,108	11,034	10,188	0,047	0,75	10,513
11	9,773	0,613	0,144	11,045	9,917	0,06	1	10,350
12	10,773	0,613	0,144	12,045	10,917	0,06	1	11,350
12	10,466	0,767	0,180	12,056	10,647	0,08	1,25	11,187
12	10,160	0,920	0,217	12,067	10,376	0,09	1,5	11,026
14	12,773	0,613	0,144	14,045	12,917	0,06	1	13,350
14	12,466	0,767	0,180	14,056	12,647	0,08	1,25	13,187
14	12,160	0,920	0,217	14,067	12,376	0,09	1,5	13,026
15	13,773	0,613	0,144	15,045	13,917	0,06	1	14,350
15	13,160	0,920	0,217	15,067	13,376	0,09	1,5	14,026
16	14,773	0,613	0,144	16,045	14,917	0,06	1	15,350
16	14,160	0,920	0,217	16,067	14,376	0,09	1,5	15,026
17	15,773	0,613	0,144	17,045	15,917	0,06	1	16,350
17	15,160	0,920	0,217	17,067	16,376	0,09	1,5	16,026
18	16,773	0,613	0,144	18,045	16,917	0,06	1	17,350



TABELA DE ROSCAS									
SISTEMA INGLÊS WHIT. GROSSA – BSW									
WHIT. FINA – BSF									
Diâmetro nominal em pol.	Número de fios		Brocas		Diâmetro nominal em pol.	Número de fios		Brocas	
	BSW	BSF	Pol.	(mm)		BSW	BSF	Pol.	(mm)
1/16	60	–	3/64	1,2	9/16	12	–	31/64	12,5
3/32	48	–	5/64	1,9		–	16	1/2	13
1/8	40	–	3/32	2,6	5/8	11	–	17/32	13,5
5/32	32	–	1/8	3,2		–	14	9/16	14
3/16	24	–	9/64	3,75	11/16	11	–	19/32	15
7/32	24	–	11/64	4,5		–	14	5/8	15,5
1/4	20	–	13/64	5,1	3/4	10	–	1/32	16,5
	–	26	7/32	5,4		–	12	43/64	17
9/32	26	–	1/4	6,2	7/8	9	–	49/64	19,5
						–	11	25/32	20
5/16	18	–	17/64	6,6	1	8	–	7/8	22,5
	–	22	17/64	6,8		–	10	29/32	23
3/8	16	–	5/16	8	1 1/8	7	–	63/64	25
	–	20	21/64	8,3		–	9	1 1/64	26
7/16	14	–	3/8	9,4	1 1/4	7	–	17/64	28
	–	18	25/64	9,75		–	9	19/64	29
1/2	12	–	27/64	10,5	1 3/8	6	–	17/32	31
	–	16	7/16	11		–	8	1 1/4	32
					1 1/2	6	–	1 11/32	34
						–	8	1 3/8	35

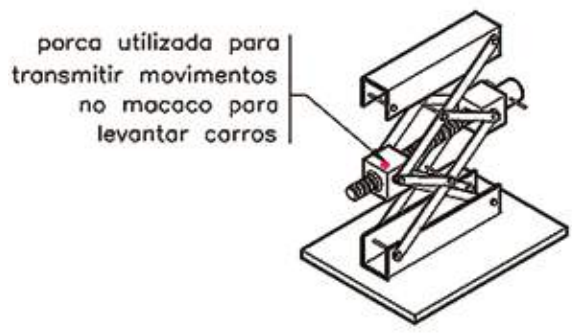
## PORCAS

A **porca** é uma peça de forma prismática ou cilíndrica geralmente metálica, com um furo roscado no qual se encaixa um parafuso ou uma barra roscada. Em conjunto com um parafuso, a porca é um acessório amplamente utilizado na união de peças.



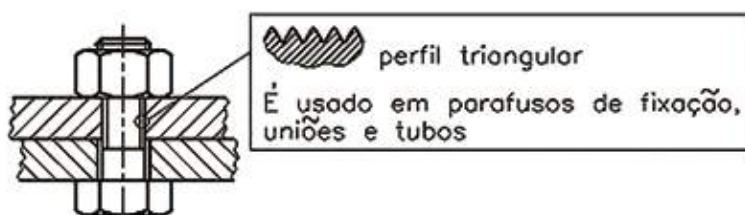
A porca está sempre ligada a um parafuso. A parte externa tem vários formatos para atender a diversos tipos de aplicação. Assim, existem porcas que servem tanto como elementos de fixação como de transmissão.





As porcas são fabricadas de diversos materiais como é o caso do aço, bronze, latão, alumínio ou plástico. Há casos especiais em que as porcas recebem banhos de galvanização, zincagem e cromagem para protegê-las contra a oxidação.

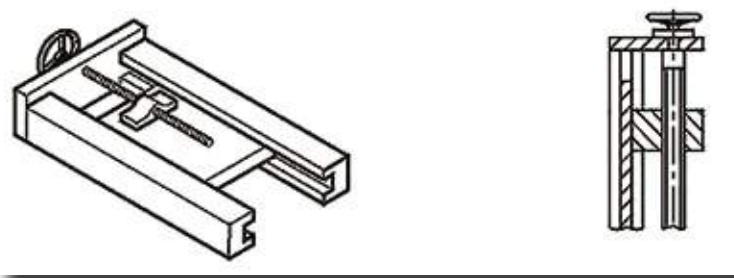
O perfil da rosca varia de acordo com o tipo de aplicação que se deseja. As porcas usadas para fixação geralmente têm roscas com perfil triangular.



As porcas para transmissão de movimentos têm roscas com perfis quadrados, trapezoidais, redondo e dente de serra.

<p>trapezoidal É usado nos órgãos de comando das máquinas operatrizes (para transmissão de movimento suave e uniforme), nos fusos e nos prensos de estampar.</p>	
<p>quadrado Tipo em desuso, mas ainda aplicado em parafusos de peças sujeitos a choques e grandes esforços (morsas).</p>	
<p>dente-de-serra É usado quando o parafuso exerce grande esforço num só sentido, como nos morsas e nos macacos.</p>	
<p>redondo É usado em parafusos de grandes diâmetros e que devem suportar grandes esforços</p>	





Existem diversos tipos de porca, cujo aspeto varia consoante a sua utilização. Para aperto manual são mais usados os tipos de porca de orelhas (porca borboleta, na figura), recartilhada alta e recartilhada baixa.

	<p>porca borboleta</p>
	<p>porca recartilhada baixa</p>
	<p>porca recartilhada alta</p>

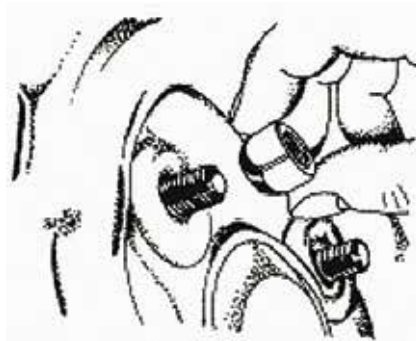
Na figura seguinte pode ver-se a utilização de uma porca de orelhas num serrote manual.



As porcas cega baixa e cega alta, além de proporcionarem uma boa fixação, deixam as peças unidas com melhor aspeto.



Na figura seguinte é mostrada uma aplicação deste tipo de porca.



Para ajuste axial (eixos de máquinas), são usadas as seguintes porcas:

	porca redonda com fenda
	porca redonda com entalhes
	porca redonda com furos radiais
	porca redonda com dois furos paralelos

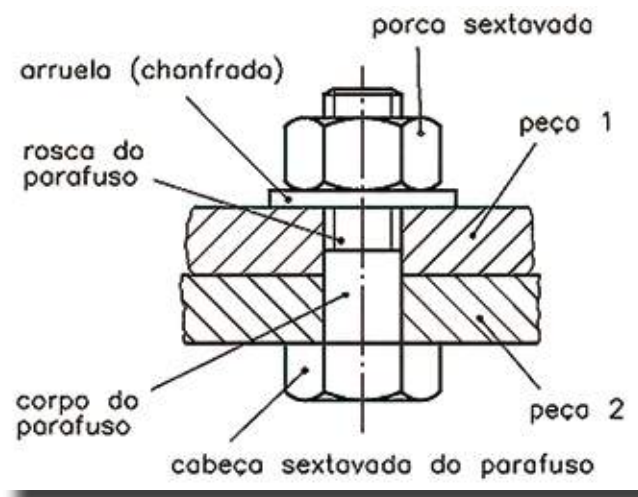


Na figura ao lado é mostrada uma aplicação deste tipo de porca.



## ANILHAS

A maioria dos conjuntos mecânicos possui elementos de fixação. Onde quer que se usem esses elementos, seja em máquinas ou em veículos automóveis, existe o perigo de se produzir, em virtude das vibrações, um afrouxamento imprevisto no aperto do parafuso. Para evitar esse inconveniente utilizamos um elemento de máquina chamado **anilha** (anilha na figura seguinte).



As anilhas têm a função de distribuir igualmente a força de aperto entre a porca, o parafuso e as partes montadas. Em algumas situações, também funcionam como elementos de travamento. Os materiais mais utilizados na fabricação das anilhas são o aço ao carbono, cobre e latão.

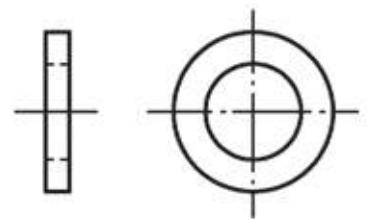
Existem vários tipos de anilhas: lisa, de pressão, dentada, serrilhada, ondulada, de travamento com orelha e anilha para perfilados. Para cada tipo de trabalho, existe um tipo ideal de anilhas.





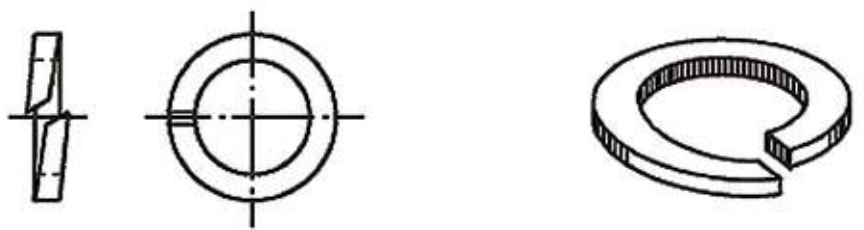
### Anilha Lisa

Além de distribuir igualmente o aperto, a anilha lisa tem, também, a função de melhorar os aspectos do conjunto. A anilha lisa por não ter elemento de travamento, é utilizada em órgãos de máquinas que sofrem pequenas vibrações.



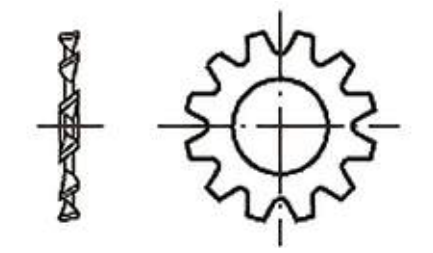
### Anilha de Pressão

A anilha de pressão é utilizada na montagem de conjuntos mecânicos, submetidos a grandes esforços e grandes vibrações. A anilha de pressão funciona, também, como elemento de trava, evitando o aperto do parafuso e da porca. É, ainda, muito empregada em equipamentos que sofrem variação de temperatura (automóveis, prensas, etc.).



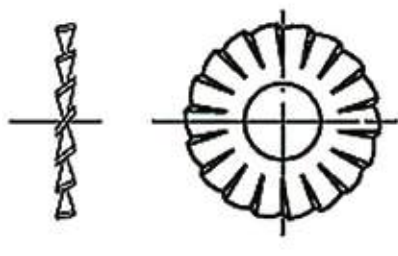
### Anilha Dentada

É muito utilizada em equipamentos sujeitos a grandes vibrações, mas com pequenos esforços, como, eletrodomésticos, painéis automóveis, equipamentos de refrigeração etc. O travamento dá-se entre o conjunto parafuso/porca. Os dentes inclinados das anilhas formam uma mola quando são pressionados e se encravam na cabeça do parafuso.



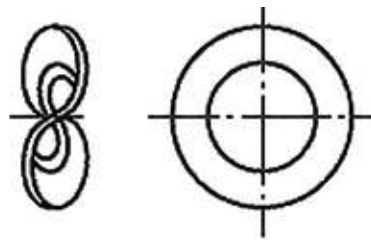
## Anilha Serrilhada

A anilha serrilhada tem, basicamente, as mesmas funções da anilha dentada, apenas suporta esforços um pouco maiores. É usada nos mesmos tipos de trabalho que a anilha dentada.



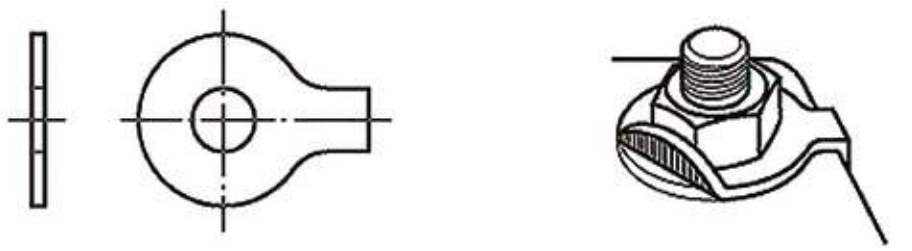
## Anilha Ondulada

A anilha ondulada não tem cantos vivos. É indicada, especialmente, para superfícies pintadas, evitando danificar o seu acabamento. É adequada para equipamentos que possuem acabamento externo constituído de chapas finas.



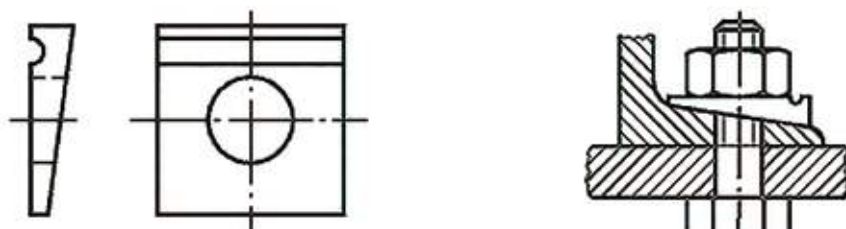
## Anilha de Travamento com Orelha

Utiliza-se esta anilha dobrando-se a orelha sobre um canto vivo da peça. Em seguida, dobra-se uma aba da orelha envolvendo um dos lados chanfrado do conjunto porca/parafuso.



### Anilha para Perfilados

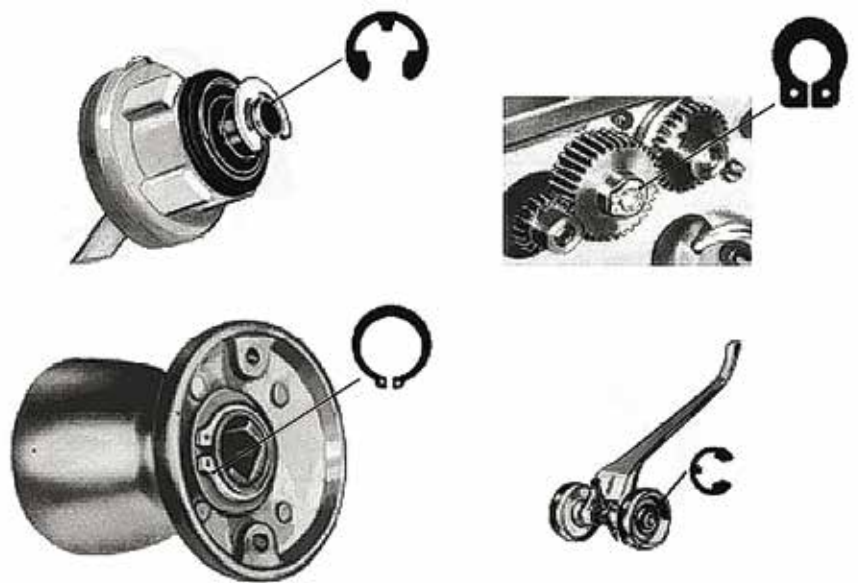
É uma anilha muito utilizada em montagens que envolvem cantoneiras ou perfis em ângulo. Devido ao seu formato de fabricação, este tipo de anilha compensa os ângulos e deixa perfeitamente paralelas as superfícies a serem aparafusadas.



## ANÉIS ELÁSTICOS

O **anel elástico** ou **freio** é um elemento usado em eixos ou furos e tem as seguintes funções:

- Evitar deslocamento axial (ou seja, no sentido longitudinal do eixo) de peças ou componentes;
- Posicionar ou limitar o curso de uma peça ou conjunto deslizante sobre o eixo.



Os anéis elásticos são fabricados em aço-mola e têm a forma de anel incompleto, que se coloca num canal circular construído conforme as normas. Nas tabelas seguintes são mostradas as medidas em mm dos anéis elásticos.

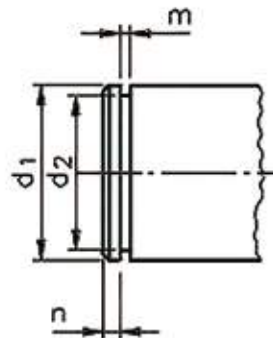
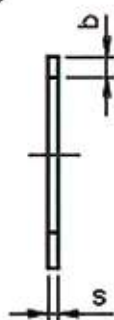
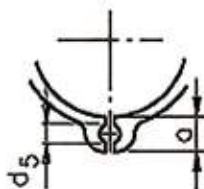


ANEL ELÁSTICO PARA EIXOS

TIPO DAe

Anel sem pressão

para  $d_1 = 4 \div 9$



Medidos em mm

$$n = \frac{d_1 - d_2}{2} \cdot 3$$

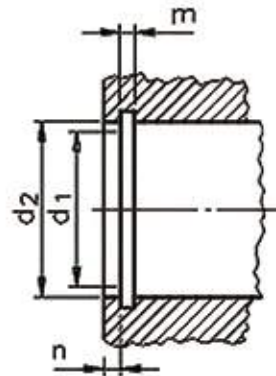
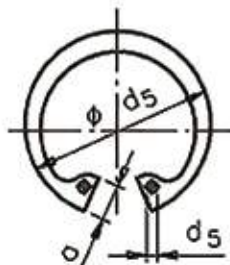
$d_1$	s	$d_3$	~a	~b	$d_5$	$d_2$	m	$d_1$	s	$d_3$	~a	~b	$d_5$	$d_2$	m
	hll						min		hll						min
4	0,40	3,7	1,8	0,7	1,0	3,3	0,50	34	1,50	31,5	5,3	4,0	2,5	32,3	1,60
5	0,60	4,7	2,2	1,1	1,0	4,3	0,70	35	1,50	32,2	5,4	4,0	2,5	33,0	1,80
6	0,70	5,6	2,6	1,3	1,2	5,7	0,80	36	1,75	33,2	5,4	4,0	2,5	34,0	1,85
7	0,80	6,5	2,8	1,3	1,2	6,7	0,90	37	1,75	34,2	5,5	4,0	2,5	35,0	1,85
8	0,80	7,4	2,8	1,5	1,2	7,8	0,90	38	1,75	35,2	5,6	4,5	2,5	36,0	1,85
9	1,00	8,4	3,0	1,7	1,3	8,6	1,10	39	1,75	36,0	5,7	4,5	2,5	37,0	1,85
10	1,00	9,3	3,0	1,8	1,5	9,6	1,10	40	1,75	36,5	5,8	4,5	2,5	37,5	1,85
11	1,00	10,2	3,1	1,9	1,5	10,5	1,10	42	1,75	38,5	6,2	4,5	2,5	39,5	1,85
12	1,00	11,0	3,2	2,2	1,7	11,5	1,10	44	1,75	40,5	6,3	4,5	2,5	41,5	1,85
13	1,00	11,9	3,3	2,2	1,7	12,4	1,10	45	1,75	41,5	6,3	4,8	2,5	42,5	1,85
14	1,00	12,9	3,4	2,2	1,7	13,4	1,10	46	1,75	42,5	6,3	4,8	2,5	43,5	1,85
15	1,00	13,3	3,5	2,2	1,7	14,3	1,10	47	1,75	43,5	6,4	4,8	2,5	44,5	1,85
16	1,00	14,7	3,6	2,2	1,7	15,2	1,10	48	1,75	44,5	6,5	4,8	2,5	45,5	1,85
17	1,00	15,7	3,7	2,2	1,7	16,2	1,10	50	2,00	45,8	6,7	5,0	2,5	47,0	2,15
18	1,20	16,5	3,8	2,7	1,7	17,0	1,30	52	2,00	47,8	6,8	5,0	2,5	49,0	2,15
19	1,20	17,5	3,8	2,7	2,0	18,0	1,30	54	2,00	49,8	6,9	5,0	2,5	51,0	2,15
20	1,20	18,5	3,9	2,7	2,0	19,0	1,30	55	2,00	50,8	7,0	5,0	2,5	52,0	2,15
21	1,20	19,5	4,0	2,7	2,0	20,0	1,30	56	2,00	51,8	7,0	5,0	2,5	53,0	2,15
22	1,20	20,5	4,1	2,7	2,0	21,0	1,30	57	2,00	52,8	7,1	5,5	2,5	54,0	2,15
23	1,20	21,5	4,2	2,7	2,0	22,0	1,30	58	2,00	53,8	7,1	5,5	2,5	55,0	2,15
24	1,20	22,2	4,2	3,1	2,0	22,9	1,30	60	2,00	55,8	7,2	5,5	2,5	57,0	2,15
25	1,20	23,2	4,3	3,1	2,0	23,9	1,30	62	2,00	57,8	7,2	5,5	2,5	59,0	2,15
26	1,20	24,5	4,4	3,1	2,0	24,9	1,30	63	2,00	58,8	7,3	5,5	2,5	60,0	2,15
27	1,20	24,9	4,5	3,1	2,0	25,6	1,30	65	2,50	60,8	7,4	6,4	2,5	62,0	2,65
28	1,50	25,9	4,6	3,1	2,0	26,6	1,60	67	2,50	62,5	7,8	6,4	2,5	64,0	2,65
29	1,50	26,9	4,7	3,5	2,0	27,6	1,60	68	2,50	63,5	7,8	6,4	2,5	65,0	2,65
30	1,50	27,9	4,8	3,5	2,0	28,6	1,60	70	2,50	65,5	7,8	6,4	2,5	67,0	2,65
31	1,50	28,6	4,9	3,5	2,5	29,3	1,60	72	2,50	67,5	7,9	7,0	2,5	69,0	2,65
32	1,50	29,6	5,0	3,9	2,5	30,3	1,60	75	2,50	70,5	7,9	7,0	2,5	72,0	2,65
33	1,50	30,5	5,1	3,9	2,9	31,3	1,60	77	2,50	72,5	8,0	7,0	2,5	74,0	2,65



## ANEL ELÁSTICO PARA FUROS

## TIPO DA1

Anel sem pressão



Medidos em mm

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

d <sub>1</sub>	s	d <sub>3</sub>	~a	~b	d <sub>5</sub>	d <sub>2</sub>	m	d <sub>1</sub>	s	d <sub>3</sub>	~a	~b	d <sub>5</sub>	d <sub>2</sub>	m
	hll						min		hll						min
9,5	1,00	10,30	3,00	1,60	1,50	9,90	1,10	38	1,50	40,80	5,30	4,00	2,50	40,00	1,60
10	1,00	10,80	3,10	1,60	1,50	10,40	1,10	39	1,50	42,00	5,50	4,00	2,50	41,00	1,60
10,5	1,00	11,30	3,10	1,60	1,50	10,90	1,10	40	1,75	43,50	5,70	4,00	2,50	42,50	1,85
11	1,00	11,80	3,20	1,60	1,50	11,40	1,10	41	1,75	44,50	5,70	4,00	2,50	43,50	1,85
12	1,00	13,00	3,30	2,00	1,70	12,50	1,10	42	1,75	45,50	5,80	4,00	2,50	44,50	1,85
13	1,00	14,10	3,50	2,00	1,70	13,60	1,10	43	1,75	46,50	5,80	4,50	2,50	45,50	1,85
14	1,00	15,10	3,60	2,00	1,70	14,60	1,10	44	1,75	47,50	5,90	4,50	2,50	46,50	1,85
15	1,00	16,20	3,60	2,00	1,70	15,70	1,10	45	1,75	48,50	5,90	4,50	2,50	47,50	1,85
16	1,00	17,30	3,70	2,00	1,70	16,80	1,10	46	1,75	49,50	6,00	4,50	2,50	48,50	1,85
17	1,00	18,30	3,80	2,00	1,70	17,80	1,10	47	1,75	50,50	6,10	4,50	2,50	49,50	1,85
18	1,00	19,50	4,00	2,50	1,70	19,00	1,10	48	1,75	51,50	6,20	4,50	2,50	50,50	1,85
19	1,00	20,50	4,00	2,50	2,00	20,00	1,10	50	2,00	54,20	6,50	4,50	2,50	53,00	2,15
20	1,00	21,50	4,00	2,50	2,00	21,00	1,10	51	2,00	55,20	6,50	5,10	2,50	54,00	2,15
21	1,00	22,50	4,10	2,50	2,00	22,00	1,10	52	2,00	56,20	6,50	5,10	2,50	55,00	2,15
22	1,00	23,50	4,10	2,50	2,00	23,00	1,10	53	2,00	57,20	6,50	5,10	2,50	56,00	2,15
23	1,20	24,60	4,20	2,50	2,00	24,10	1,30	54	2,00	58,20	6,50	5,10	2,50	57,00	2,15
24	1,20	25,90	4,30	2,50	2,00	25,20	1,30	55	2,00	59,20	6,50	5,10	2,50	58,00	2,15
25	1,20	26,90	4,40	3,00	2,00	26,20	1,30	56	2,00	60,20	6,50	5,10	2,50	59,00	2,15
26	1,20	27,90	4,60	3,00	2,00	27,20	1,30	57	2,00	61,20	6,80	5,10	2,50	60,00	2,15
27	1,20	29,10	4,60	3,00	2,00	28,40	1,30	58	2,00	62,20	6,80	5,10	2,50	61,00	2,15
28	1,20	30,10	4,70	3,00	2,00	29,40	1,30	60	2,00	64,20	6,80	5,50	2,50	63,00	2,15
29	1,20	31,10	4,70	3,00	2,00	30,40	1,30	62	2,00	66,20	6,90	5,50	2,50	65,00	2,15
30	1,20	32,10	4,70	3,00	2,00	31,40	1,30	63	2,00	67,20	6,90	5,50	2,50	66,00	2,15
31	1,20	33,40	5,20	3,50	2,50	32,70	1,30	65	2,50	69,20	7,00	5,50	2,50	68,00	2,65
32	1,20	34,40	5,20	3,50	2,50	33,70	1,30	67	2,50	71,50	7,00	6,00	2,50	70,00	2,65
33	1,50	35,50	5,20	3,50	2,50	34,70	1,30	68	2,50	72,50	7,40	6,00	2,50	71,00	2,65
34	1,50	36,50	5,20	3,50	2,50	35,70	1,60	70	2,50	74,50	7,40	6,00	2,50	73,00	2,65
35	1,50	37,80	5,20	3,50	2,50	37,00	1,60	72	2,50	76,50	7,80	6,60	2,50	75,00	2,65
36	1,50	38,80	5,20	3,50	2,50	38,00	1,60	75	2,50	79,50	7,80	6,60	2,50	78,00	2,65
37	1,50	39,80	5,20	3,50	2,50	39,00	1,60	77	2,50	81,50	7,80	6,60	2,50	80,00	2,65



A correta utilização dos anéis deve ter em conta vários aspetos:

- A dureza do anel deve ser adequada aos elementos que trabalham com ele;
- Se o anel apresentar alguma falha, pode ser devido a defeitos de fabricação ou condições de operação;
- As condições de operação são caracterizadas por meio de vibrações, impacto, flexão, alta temperatura ou atrito excessivo;
- Um projeto pode estar errado: previa, por exemplo, esforços estáticos, mas as condições de trabalho geraram esforços dinâmicos, fazendo com que o anel apresentasse problemas que dificultaram o seu encaixe;
- A igualdade de pressão assegura aderência e resistência. O anel nunca deve estar solto, mas alojado no fundo da sua caixa, com certa pressão;
- A superfície do anel deve estar livre de rebarbas, fissuras e oxidações;
- Em aplicações sujeitas à corrosão, os anéis devem receber tratamento anticorrosivo adequado;
- Dimensionamento correto do anel e do alojamento;
- Em casos de anéis de secção circular, utilizá-los apenas uma vez;
- Utilizar ferramentas adequadas para evitar que o anel fique torto ou receba esforços exagerados;
- Montar o anel com a abertura apontando para esforços menores, quando possível;
- Nunca substituir um anel normalizado por um “equivalente”, feito de chapa ou arame sem critérios.



# EXERCÍCIO TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Diga qual é a diferença entre uma união móvel e uma ligação permanente e dê exemplos de cada um.

**EXERCÍCIO 2.** Quais os materiais mais utilizados no fabrico dos rebites?

**EXERCÍCIO 3.** Considere os seguintes diâmetros do corpo de rebites:

- a. 5 mm;
- b. 6 mm;
- c. 10 mm;
- d. 12 mm.

Calcule a medida do diâmetro da cabeça, com base nas medidas anteriores.

**EXERCÍCIO 4.** Enumere as principais características de um rebite.

**EXERCÍCIO 5.** Calcule o diâmetro do rebite para unir duas chapas de aço, uma com espessura de 3 mm e outra com espessura de 6 mm.

**EXERCÍCIO 6.** Qual deve ser o diâmetro do furo que vai receber um rebite com  $5/16''$  de diâmetro?

**EXERCÍCIO 7.** Calcule o comprimento útil de um rebite de cabeça redonda com diâmetro de  $1/4''$  para rebitar duas chapas, uma com  $3/16''$  de espessura e outra com  $1/4''$ .

**EXERCÍCIO 8.** Calcule o comprimento útil de um rebite de cabeça escareada com diâmetro de  $1/8''$  para rebitar duas chapas, uma com  $1/16''$  de espessura e outra com  $3/16''$ .

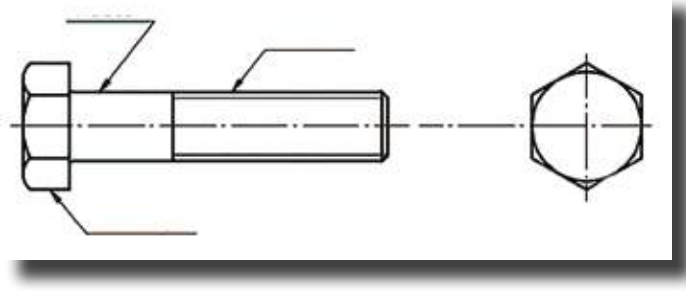
**EXERCÍCIO 9.** Qual a principal diferença entre pinos e cavilhas?



**EXERCÍCIO 10.** O que são parafusos?

**EXERCÍCIO 11.** Considere a figura seguinte.

- Que tipo de parafuso está representado?
- Complete a figura, indicando o que é: haste; rosca e cabeça.



**EXERCÍCIO 12.** Quais os aspetos a ter em conta quando se pretende unir peças com parafusos?

**EXERCÍCIO 13.** Suponhamos que queremos unir duas chapas de aço com um parafuso de 8 mm. Calcule:

- Profundidade do furo broqueado;
- Profundidade do furo roscado;
- Quanto é que o parafuso deve penetrar;
- Qual o diâmetro do furo passante.

**EXERCÍCIO 14.** Repita os cálculos anteriores para o caso de quisermos unir duas chapas de latão.

**EXERCÍCIO 15.** Quais os tipos de parafusos de cabeça com fenda que conhece?



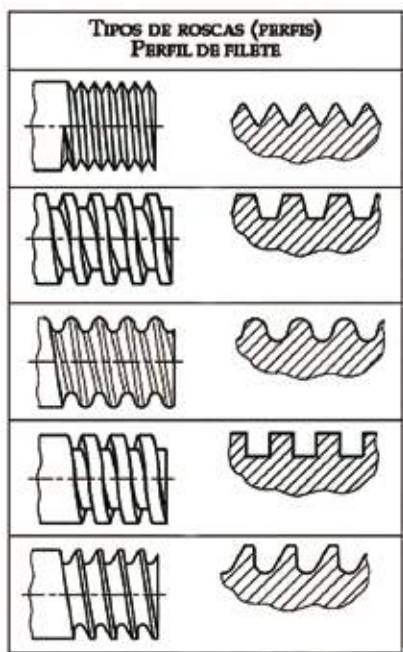


**EXERCÍCIO 16.** Considere a figura seguinte.

- Diga o nome de cada uma das peças representadas;
- Indique onde estão representadas uma rosca interior e exterior.



**EXERCÍCIO 17.** Considere o quadro seguinte. Assinale os seguintes tipos de rosca: triangular, quadrada, redonda, trapezoidal e dente de serra.



**EXERCÍCIO 18.** As roscas triangulares classificam-se em três tipos. Indique quais.

**EXERCÍCIO 19.** Diga em que consiste uma porca e qual a sua utilidade.

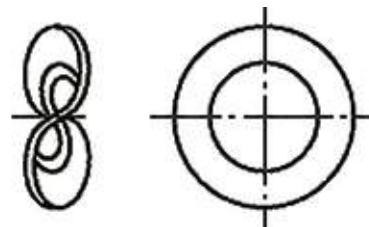
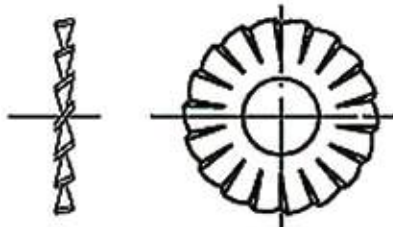
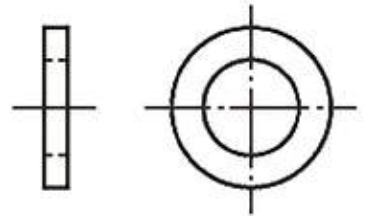
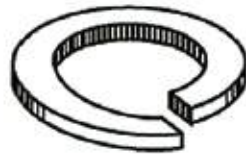
**EXERCÍCIO 20.** Quais os materiais mais utilizados no fabrico das porcas?

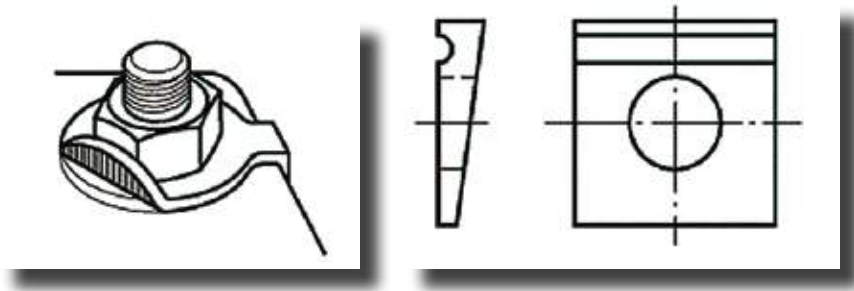


**EXERCÍCIO 21.** Preencha o quadro seguinte indicando a figura a que corresponde: porca recartilhada alta, porca de orelhas (ou de borboleta) e porca recartilhada baixa.


**EXERCÍCIO 22.** Indique as razões pelas quais se utilizam as anilhas.

**EXERCÍCIO 23.** Indique o nome das anilhas representadas nas figuras.





**EXERCÍCIO 24.** Indique as principais funções dos anéis elásticos.

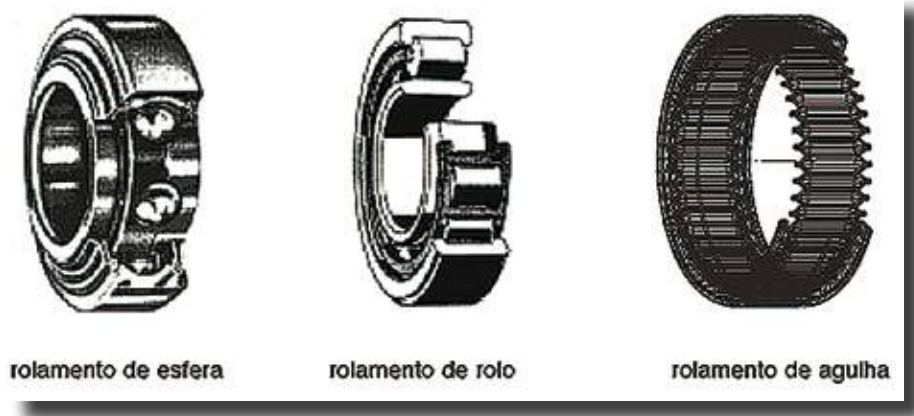
**EXERCÍCIO 25.** Qual o material mais utilizado no fabrico dos anéis elásticos?



# ELEMENTOS DE TRANSMISSÃO DE MOVIMENTO

## ROLAMENTOS

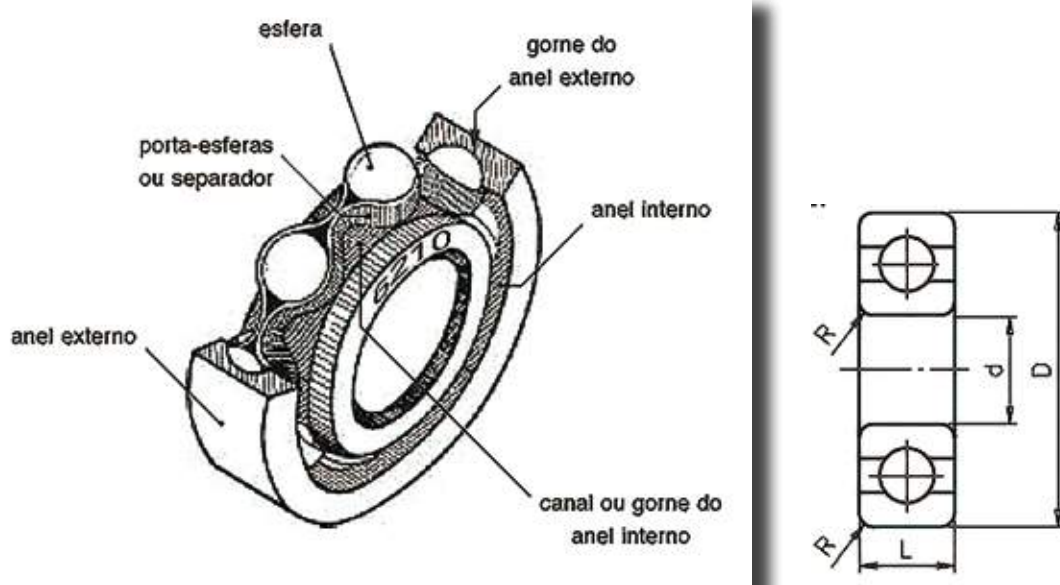
Os rolamentos podem ser de diversos tipos: fixo de uma carreira de esferas, de contacto angular de uma carreira de esferas, autocompensador de esferas, de rolo cilíndrico, autocompensador de uma carreira de rolos, autocompensador de duas carreiras de rolos, de rolos cónicos, axial de esfera, axial autocompensador de rolos, de agulha e com proteção.



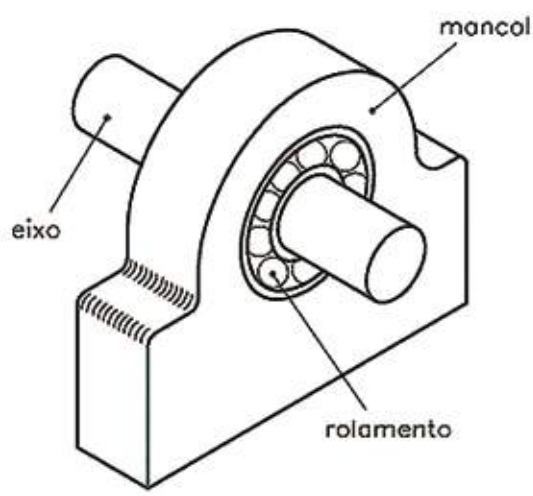
Normalmente, os eixos das máquinas funcionam assentes em apoios. Quando um eixo gira dentro de um furo produz-se, entre a superfície do eixo e a superfície do furo, um fenómeno chamado atrito de escorregamento. Quando é necessário reduzir ainda mais o atrito de escorregamento, utilizamos um outro elemento de máquina, chamado **rolamento**. Os rolamentos limitam, ao máximo, as perdas de energia em consequência do atrito. São geralmente constituídos de dois anéis concêntricos, entre os quais são colocados elementos rolantes como esferas, roletes e agulhas.



A figura seguinte mostra a constituição de um rolamento de esferas.



O anel externo é fixado no mancal, enquanto que o anel interno é fixado diretamente ao eixo.



As dimensões e características dos rolamentos são indicadas nas diferentes normas técnicas e nos catálogos de fabricantes. Ao examinarmos um catálogo de rolamentos, ou uma norma específica, vemos as seguintes características:

- $D$ : diâmetro externo;
- $d$ : diâmetro interno;
- $R$ : raio de arredondamento;
- $L$ : largura.



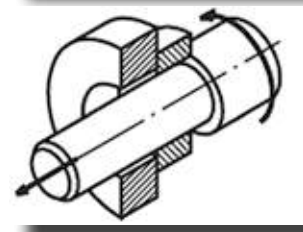
Em geral, a normalização dos rolamentos é feita a partir do diâmetro interno  $d$ , isto é, a partir do diâmetro do eixo em que o rolamento é utilizado. Para cada diâmetro são definidas três séries de rolamentos: leve, média e pesada.

As séries leves são usadas para cargas pequenas. Para cargas maiores, são usadas as séries média ou pesada. Os valores do diâmetro  $D$  e da largura  $L$  aumentam progressivamente em função dos aumentos das cargas. Os rolamentos classificam-se de acordo com as forças que eles suportam, podendo ser de vários tipos.

**Rolamentos radiais:** não suportam cargas axiais e impedem o deslocamento no sentido transversal ao eixo;

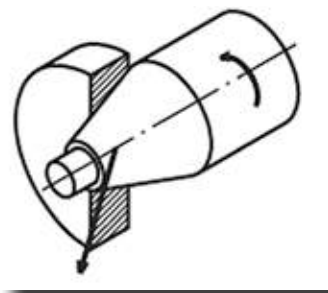


**Rolamentos axiais:** não podem ser submetidos a cargas radiais. Impedem o deslocamento no sentido axial, isto é, longitudinal ao eixo;

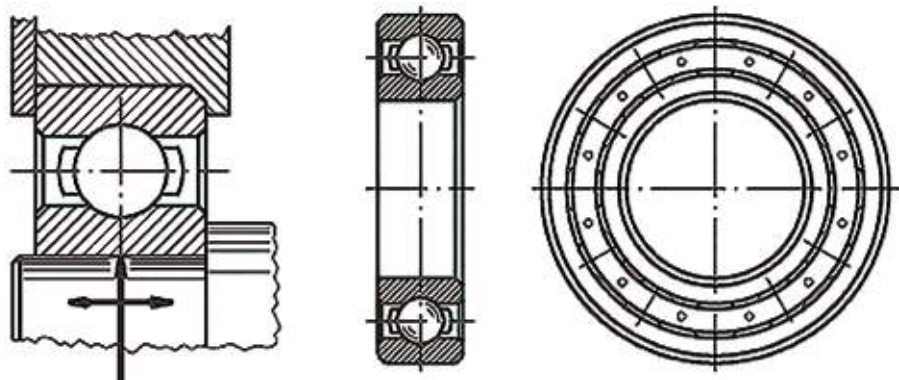


**Rolamentos mistos:** suportam tanto carga radial como axial. Impedem o deslocamento nos sentidos transversal e axial.

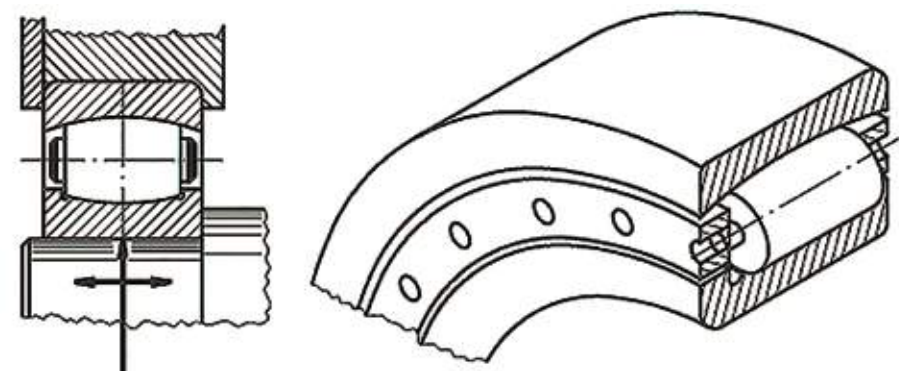
Os rolamentos têm uma infinidade de tipos para aplicação específica como é o caso de máquinas agrícolas, motores elétricos, máquinas, ferramentas, compressores, construção naval, etc. Quanto aos elementos rolantes, os rolamentos podem ser de vários tipos.



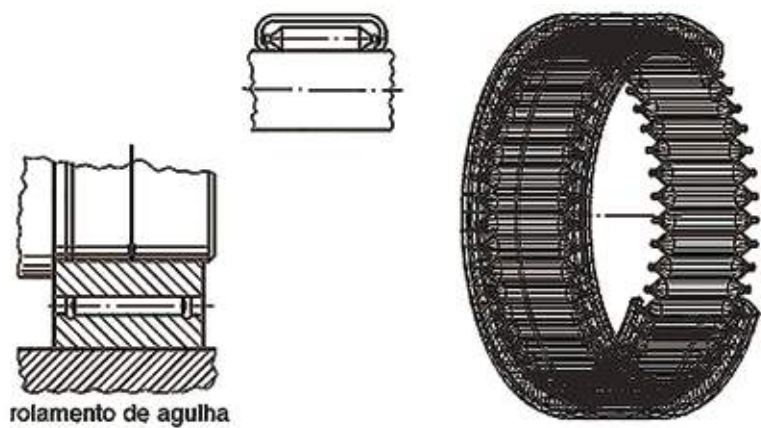
**Rolamentos de esferas:** os corpos rolantes são esferas e são apropriados para rotações mais elevadas;



**Rolamentos de rolos:** os corpos rolantes são formados de cilindros, rolos cónicos ou barriletes. Esses rolamentos suportam cargas maiores e devem ser usados em velocidades menores;



**Rolamentos de agulhas:** os corpos rolantes são de pequeno diâmetro e grande comprimento. São recomendados para mecanismos oscilantes, onde a carga não é constante e o espaço radial é limitado.



Quanto à utilização dos rolamentos, existem diversas vantagens e desvantagens, como se pode ver de seguida.

## Vantagens:

- Menor atrito e aquecimento;
- Pouca exigência de lubrificação;
- Intercambialidade internacional;
- Não há desgaste do eixo;
- Pequeno aumento da folga durante a vida útil.

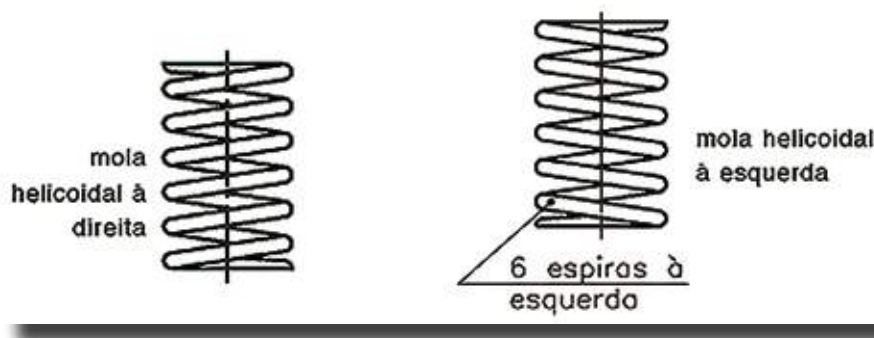
## Desvantagens:

- Maior sensibilidade aos choques;
- Maiores custos de fabricação;
- Tolerância pequena para a caixa do rolamento;
- Não suporta cargas tão elevadas como os mancais de deslizamento;
- Ocupa maior espaço radial.

## MOLAS

### Molas Helicoidais

A **mola helicoidal** é a mais usada em mecânica. Em geral, ela é feita de barra de aço enrolada em forma de hélice cilíndrica ou cônica. A barra de aço pode ter secção retangular, circular, quadrada, etc. Em geral, a mola helicoidal é enrolada à direita. Quando a mola helicoidal for enrolada à esquerda, o sentido da hélice deve ser indicado no desenho.





As molas helicoidais podem funcionar por compressão, por tração ou por torção. A mola **helicoidal de compressão** é formada por espirais. Quando esta mola é comprimida por alguma força, o espaço entre as espiras diminui, tornando menor o seu comprimento.



A mola **helicoidal de tração** possui ganchos nas extremidades, além das espiras. Os ganchos são também chamados de olhais. Para a mola helicoidal de tração desempenhar sua função, deve ser esticada, aumentando seu comprimento. Em estado de repouso, ela volta ao seu comprimento normal.



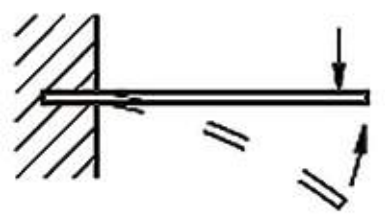
A mola **helicoidal de torção** tem dois braços de alavancas, além das espiras. Um exemplo muito comum desta aplicação desta mola é nas molas da roupa.



## Molas Planas

As molas planas são feitas de material plano ou em fita e podem ser simples, elásticas, de lâminas e em espiral.

A **mola plana simples** é utilizada somente para algumas cargas. Em geral, essa mola é fixa numa extremidade e livre na outra. Quando sofre a ação de uma força, a mola

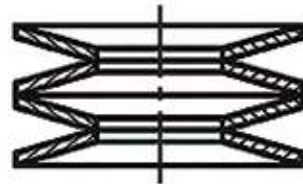


é flexionada na direção oposta.

A **mola elástica** tem a forma de um tronco de cone com paredes de secção retangular. Em geral, as molas elásticas funcionam associadas entre si empilhadas e formando colunas. O arranjo das molas nas colunas depende da necessidade que se tem em vista.



molas prato acopladas no mesmo sentido



molas prato acopladas em sentido alternado

As características das molas prato são as seguintes:

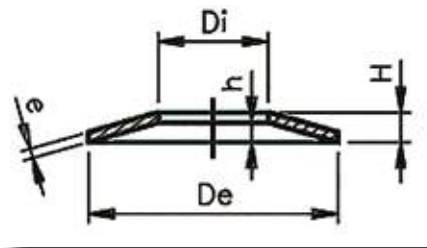
$D_e$ : diâmetro externo da mola;

$D_i$ : diâmetro interno da mola;

$H$ : comprimento da mola;

$h$ : comprimento do tronco interno da mola;

$e$ : espessura da mola.



As molas de lâminas são feitas de diversas peças planas de comprimento variável, moldadas de maneira que fiquem retas sob a ação de uma força.



Por fim, existem as molas em espiral que têm a forma de espiral ou caracol. Em geral são feitas de barra ou de lâmina com secção retangular. A mola em espiral é enrolada de tal forma que todas as espiras ficam concêntricas e coplanares. Esse tipo de mola é muito usado em relógios e brinquedos.





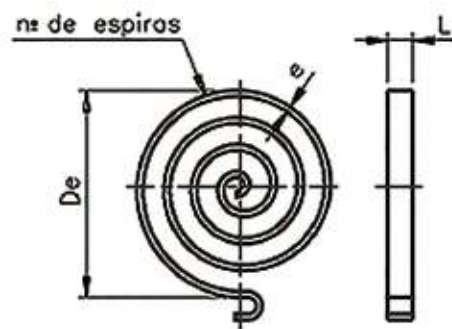
As molas em espiral são caracterizadas pelo seguinte:

$D_e$ : diâmetro externo da mola

$L$ : largura da secção da lâmina;

$e$ : espessura da secção da lâmina;

$n^{\circ}$ : número de espiras.



## Materiais de Fabrico

As molas podem ser feitas de aço, latão, cobre, bronze, borracha, madeira, plástico, etc. As molas de borracha e de arames de aço com pequenos diâmetros, solicitados a tração, apresentam a vantagem de constituírem elementos com menor peso e volume em relação à energia armazenada. Para conservar certas propriedades das molas elásticas (magnéticas, resistência ao calor e à corrosão) deve-se usar aços-liga e bronze especiais ou revestimentos de proteção. Os **aços mola** devem apresentar as seguintes características mecânicas:

- alto limite de elasticidade;
- grande resistência;
- elevada resistência à fadiga.



Quando as solicitações são leves, usam-se aços ao carbono temperados. Para diâmetros maiores que 8 mm, não são aconselháveis os aços ao carbono, porque a têmpera não chega até o núcleo. As molas destinadas a trabalhos em ambientes corrosivos com grande variação de temperaturas são feitas de uma liga monel (33% CU e 67% Ni) ou aço inoxidável. Os aços-liga apresentam a vantagem de se adequarem melhor a qualquer temperatura, sendo particularmente úteis no caso de molas de grandes dimensões.

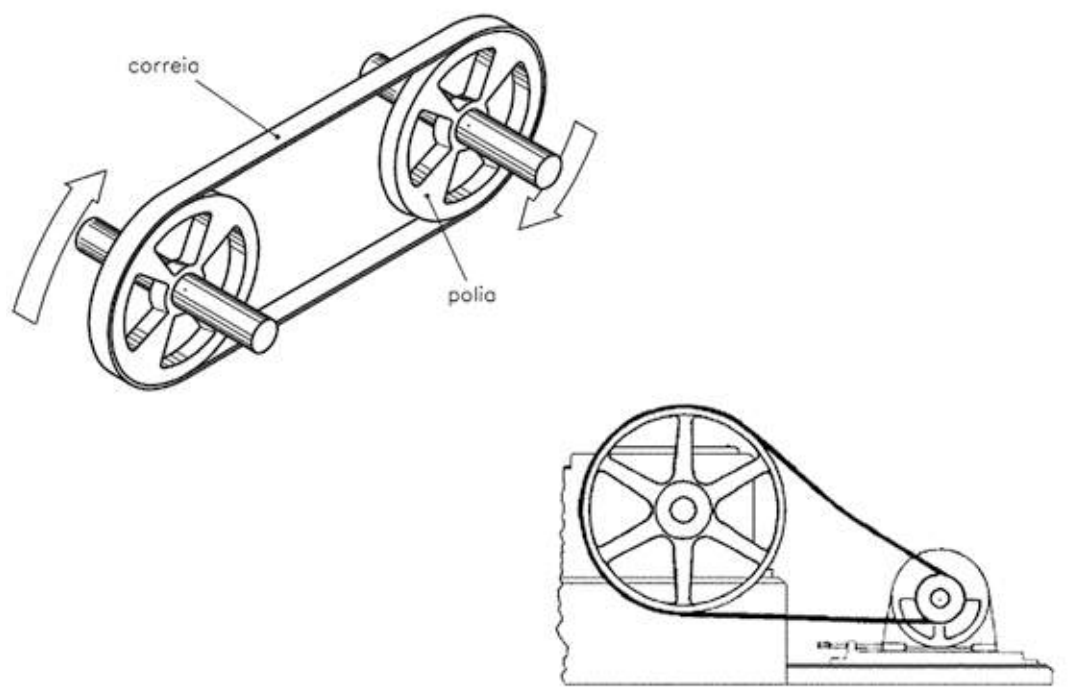
### *Aplicações*

Para selecionar o tipo de mola, é preciso levar em conta certos fatores como, por exemplo, espaço ocupado, peso e durabilidade. Há casos em que se deve considerar as propriedades elásticas, atritos internos ou externo adicional (amortecimento, relações especiais entre força aplicada e deformação). Na construção de máquinas empregam-se, principalmente, molas helicoidais de arame de aço. São de baixo preço, de dimensionamento e montagem fáceis e podem ser aplicadas em forças de tração e de compressão. As molas de borracha são utilizadas em fundações, especialmente como amortecedores de vibrações e ruídos e em suspensão de veículos. As molas de lâminas e de barra de torção requerem espaços de pequena altura (veículos). As molas espirais (de relógios) e elásticas podem ser montadas em espaços estreitos. As molas de lâmina, elásticas, helicoidais, elásticas e de borracha dependem pouca quantidade de energia por atrito.



## POLIAS

As **polias** são peças cilíndricas, movimentadas pela rotação do eixo do motor e pelas correias.

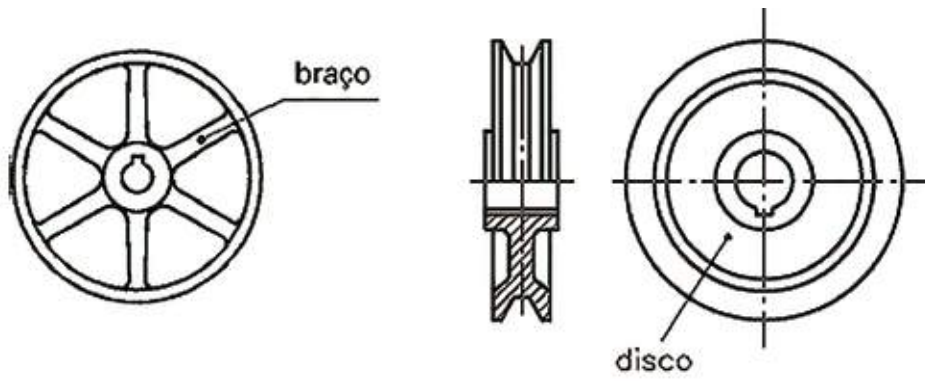


Uma polia é constituída de uma coroa ou face, na qual se enrola a correia. A face é ligada a um cubo de roda mediante disco ou braços.

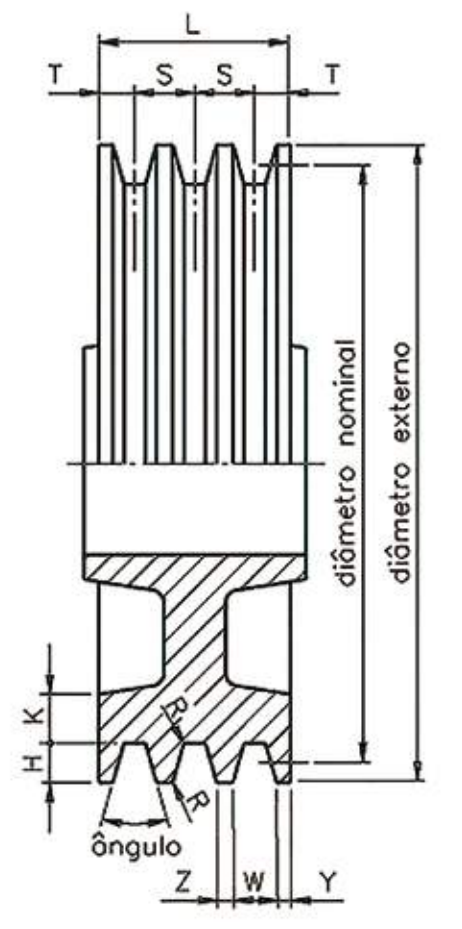
Os **tipos de polia** são determinados pela forma da superfície na qual a correia assenta, podendo ser planas ou trapezoidais. As polias planas podem apresentar dois formatos na sua superfície de contacto, podendo esta superfície pode ser plana ou abaulada.



A polia plana conserva melhor as correias e a polia com superfície abaulada guia melhor as correias. As polias apresentam braços a partir de 200 mm de diâmetro e para diâmetros inferiores, a coroa é ligada ao cubo por meio de discos.



A polia trapezoidal recebe esse nome porque a superfície na qual a correia se assenta apresenta a forma de trapézio. As polias trapezoidais devem ter canais e são dimensionadas de acordo com o perfil padrão da correia a ser utilizada.



Essas dimensões são obtidas a partir de consultas em tabelas, como se pode ver no exemplo seguinte.

Imaginemos que se vai executar um projeto de fabricação de polia, cujo diâmetro é de 250 mm, perfil padrão da correia C e ângulo do canal de 34°.

Para se determinar as outras dimensões da polia com os dados conhecidos, consultamos uma tabela e vamos encontrar as seguintes dimensões:



*Perfil padrão da correia: C*

*Ângulo do canal: 34°*

*S: 25,5 mm*

*Y: 4 mm*

*H: 22 mm*

*U = R: 1,5 mm*

*Diâmetro externo da polia: 250 mm*

*T: 15,25 mm*

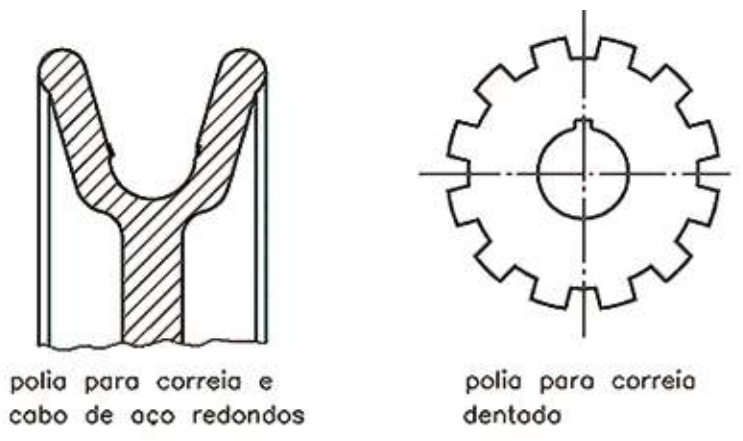
*W: 22,5 mm*

*Z: 3 mm*

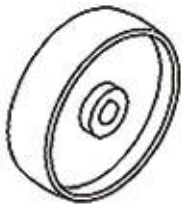
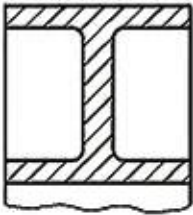

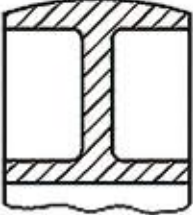

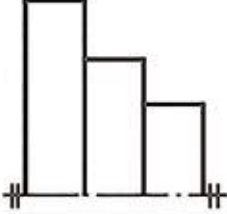

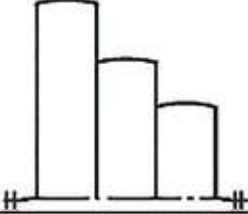

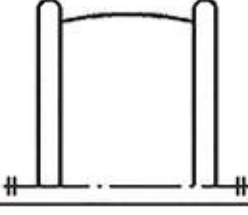



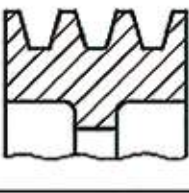
*K: 9,5 mm*

*X: 8,25 mm*

Além das polias para correias planas e trapezoidais, existem as polias para cabos de aço, para correntes, polias (ou rodas) de atrito, polias para correias redondas e para correias dentadas. Algumas vezes, as palavras roda e polia são utilizadas como sinónimos.



O quadro seguinte mostra alguns exemplos de polias e a sua representação em desenho técnico.

		polia de aro plano
		polia de aro abaulado
		polia escalonada de aro plano
		polia escalonada de aro abaulado
		polia com guia
		polia em "V" simples
		polia em "V" múltipla

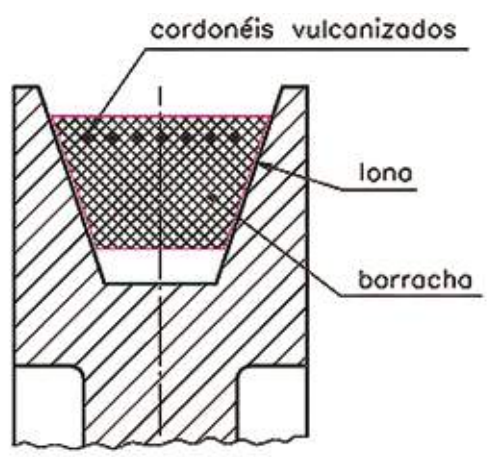




em termos de construção, os materiais mais utilizados são o ferro fundido (o mais utilizado), aços, ligas leves e materiais sintéticos. A superfície da polia não deve apresentar porosidade para não provocar um desgaste prematura da correia.

## CORREIAS

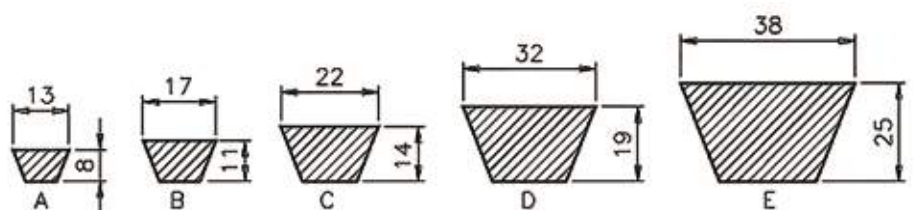
As correias mais usadas são planas e as trapezoidais. A correia em V ou trapezoidal é inteiriça e é fabricada com secção transversal em forma de trapézio. É feita de borracha revestida de lona e é formada no seu interior por cordonéis vulcanizados para suportar as forças de tração.



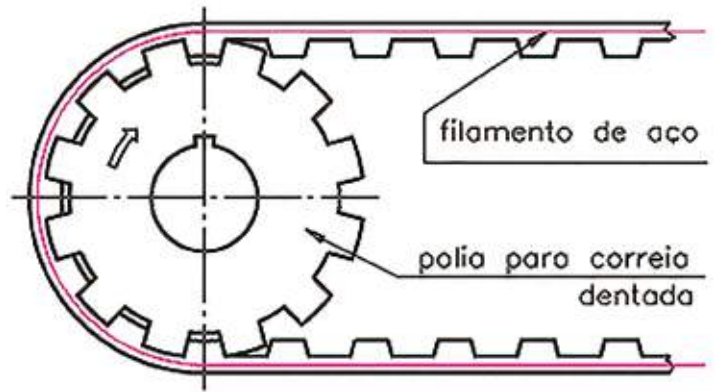
O emprego da correia trapezoidal ou em V é preferível ao da correia plana porque:

- praticamente não apresenta deslizamento;
- permite o uso de polias bem próximas;
- elimina os ruídos e os choques, típicos das correias emendadas (planas).

Existem vários perfis padronizados de correias trapezoidais, como se pode ver na figura seguinte.



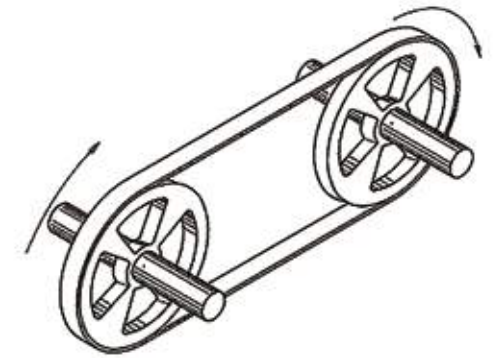
Outra correia utilizada é a correia dentada, para casos em que não se pode ter nenhum deslizamento, como no comando de válvulas do automóvel.



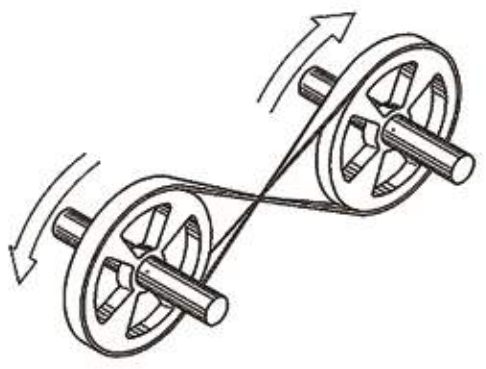
em termos de fabrico, os materiais mais utilizados são o couro, materiais fibrosos e sintéticos (à base de algodão, pelo de camelo, viscoso e nylon) e material combinado (couro e sintéticos).

Na transmissão por polias e correias, a polia que transmite movimento e força é chamada polia motora ou condutora. A polia que recebe movimento e força é a polia movida ou conduzida. A maneira como a correia é colocada determina o sentido de **rotação das polias**. Assim, temos:

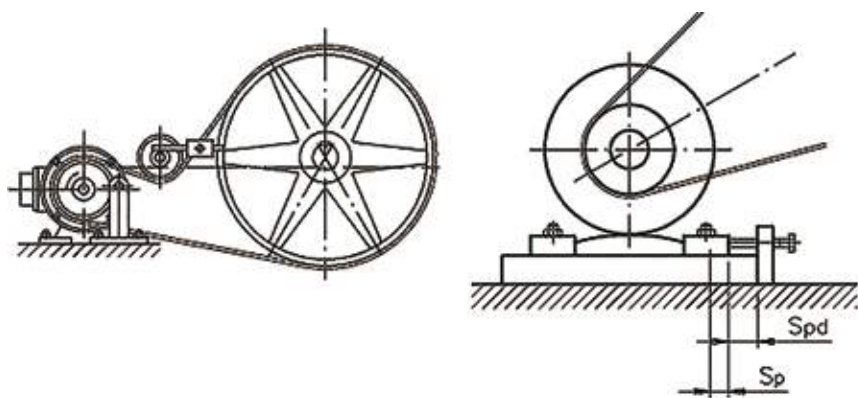
- **Sentido direto de rotação:** a correia fica reta e as polias têm o mesmo sentido de rotação;



- **Sentido de rotação inverso:** a correia fica cruzada e o sentido de rotação das polias inverte-se;



Para ajustar as correias nas polias mantendo tensão correcta, utiliza-se o esticador de correia.

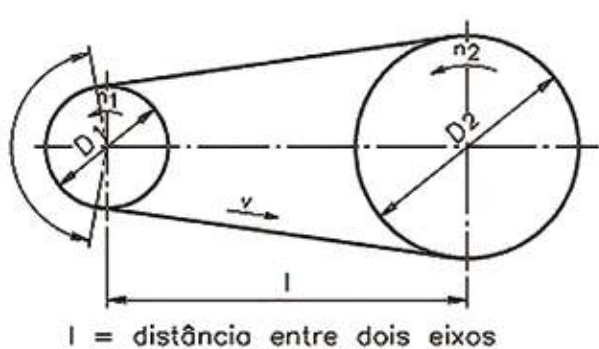


## Relação de Transmissão

Na transmissão por polias e correias e para que o funcionamento seja perfeito, é necessário obedecer alguns limites em relação ao diâmetro das polias e o número de voltas pela unidade de tempo. Para estabelecer esses limites precisamos estudar as relações de transmissão.

Costumamos usar a letra  $i$  para representar a relação de transmissão, sendo ela a relação entre o número de voltas das polias ( $n$ ) numa unidade de tempo e os seus diâmetros. A velocidade tangencial ( $V$ ) é a mesma para as duas polias e é calculada pela fórmula:

$$V = \pi \times D \times n$$



Como as duas velocidades são iguais, temos:

$$V_1 = V_2$$

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

$$D_1 \times n_1 = D_2 \times n_2$$



Ficamos então com

$$i = \frac{n1}{n2} = \frac{D2}{D1}$$

em que,

*D1 = diâmetro da polia menor*

*D2 = diâmetro da polia maior*

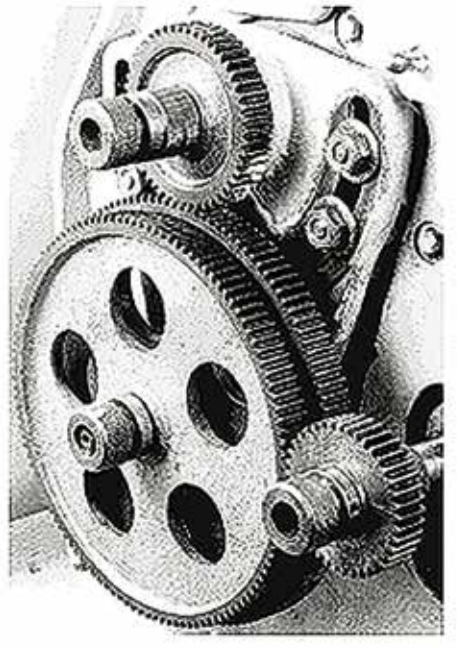
*n1 = número de rotações por minuto (rpm) da polia menor*

*n2 = número de rotações por minuto (rpm) da polia maior*

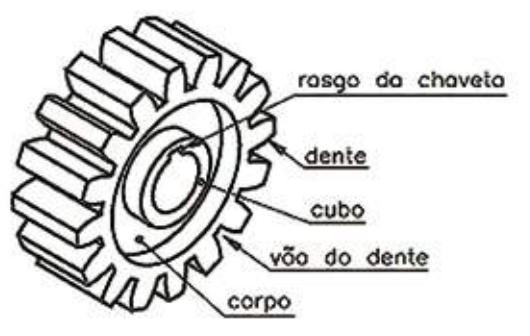
Na transmissão por correia plana, a relação de transmissão (*i*) não deve ser maior do que 6, e na transmissão por correia trapezoidal esse valor não deve ser maior do que 10.

## RODAS DENTADAS

As **rodas dentadas** são rodas com dentes padronizados que servem para transmitir movimento e força entre dois eixos. São muitas vezes usadas para variar o número de rotações e o sentido da rotação de um eixo para o outro.



Na figura seguinte podem ver-se as várias partes que compõem uma roda dentada típica.



Existem, no entanto, diversos tipos de corpos de rodas dentadas:



corpo em forma de disco  
com furo central



corpo em forma de disco  
com cubo e furo central



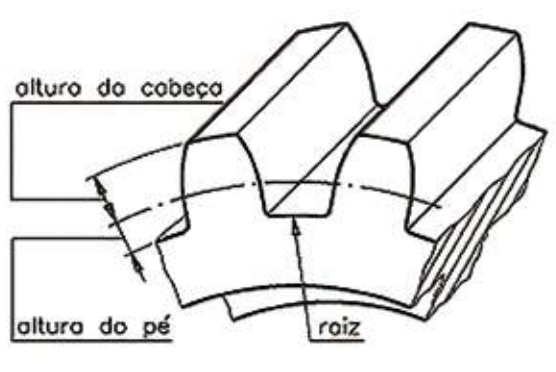
corpo com 4 furos,  
cubo e furo central



corpo com braços,  
cubo e furo central



Os dentes são um dos elementos mais importantes das rodas dentadas. Na figura seguinte são mostradas as partes principais dos dentes.



Para produzir o movimento de rotação as rodas devem estar engrenadas, o que acontece quando os dentes de uma roda se encaixam nos vãos dos dentes da outra engrenagem.



As rodas dentadas trabalham em conjunto mas podem ter tamanhos diferentes. Quando um par de rodas dentadas tem rodas de tamanhos diferentes, a engrenagem maior chama-se **coroa** e a menor chama-se **pinhão**.



Os materiais mais usados na fabricação das rodas dentadas são aço-liga fundido, ferro fundido, cromo-níquel, bronze fosforoso, alumínio e nylon.



## *Tipos de Rodas Dentadas*

Existem vários tipos de rodas dentadas, que são escolhidos de acordo com sua função.

### **Rodas Dentadas Cilíndricas**

As rodas dentadas cilíndricas têm a forma de cilindro e podem ter dentes retos ou helicoidais (inclinados).

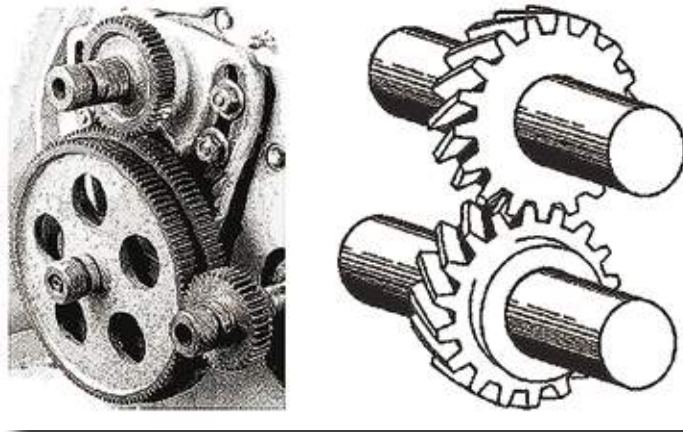


Vejamos agora a representação de uma roda dentada com dentes helicoidais.

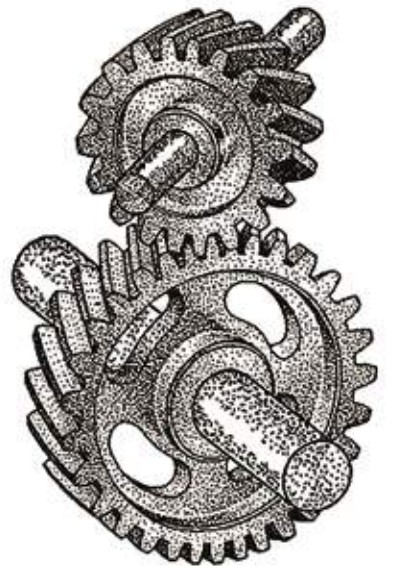


Os dentes helicoidais são paralelos entre si mas oblíquos em relação ao eixo da engrenagem. Já os dentes retos são paralelos entre si e paralelos ao eixo da engrenagem. As rodas dentadas cilíndricas servem para transmitir rotação entre eixos paralelos, como mostram os exemplos.



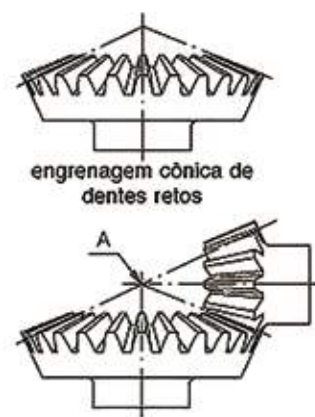


As rodas dentadas cilíndricas com dentes helicoidais transmitem também rotação entre eixos reversos (não paralelos). Funcionam mais suavemente que as rodas dentadas cilíndricas com dentes retos e, por isso, o ruído é menor.

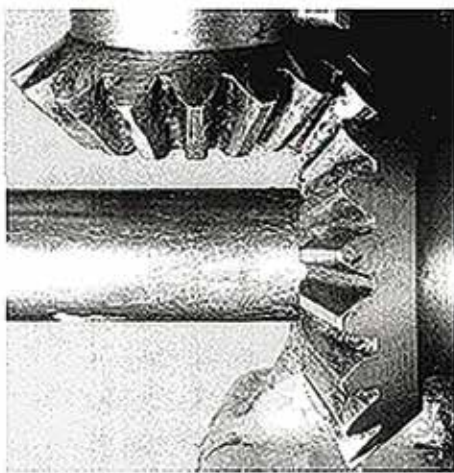


### Rodas Dentadas Cónicas

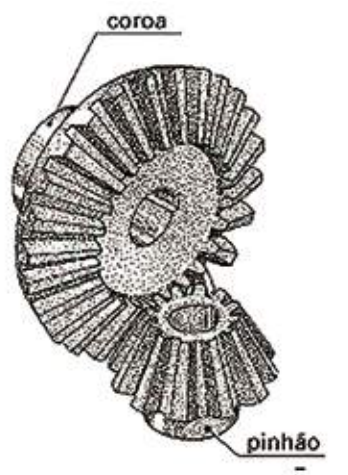
as rodas dentadas cónicas são aquelas que têm forma de tronco de cone, podem ter dentes retos ou helicoidais e transmitem rotação entre eixos concorrentes. Eixos concorrentes são aqueles que vão se encontrar em um mesmo ponto, quando prolongado (ponto A, na figura).







Tal como nas rodas dentadas cilíndricas, quando temos duas rodas dentadas de diâmetros diferentes chamamos coroa à de maior diâmetro e pinhão à que tem o diâmetro menor.

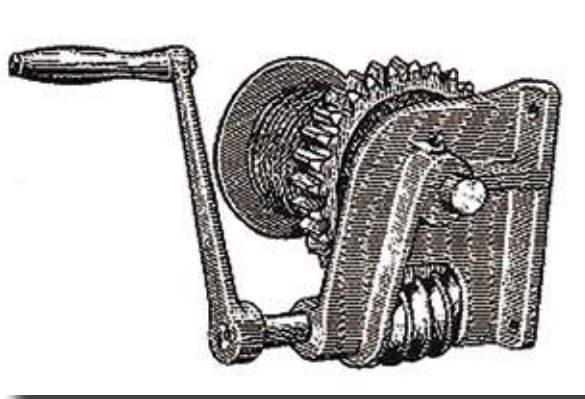


### Rodas Dentadas helicoidais

Nas rodas dentadas helicoidais, os dentes são oblíquos em relação ao eixo e a engrenagem para rosca sem-fim merece atenção especial porque essa engrenagem é usada quando se deseja uma redução de velocidade na transmissão do movimento.

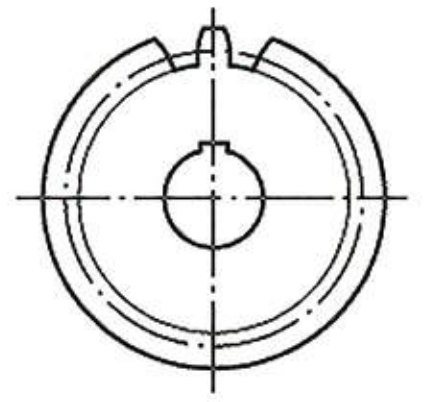


Repare-se que os dentes da roda dentada helicoidal para rosca sem-fim são côncavos porque são dentes curvos, ou seja, menos elevados no meio do que nas bordas. No engrenamento da rosca sem-fim com a engrenagem helicoidal, o parafuso sem-fim é o pinhão e a engrenagem é a coroa.



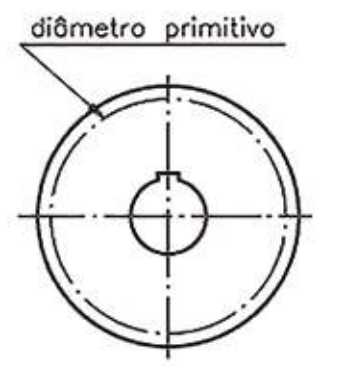
### Representação Esquemática

As rodas dentadas são representadas têm uma representação esquemática e normalizada nos desenhos técnicos. Como regra geral, a roda dentada é representada como uma peça sólida, sem dentes. Apenas um elemento da engrenagem, o diâmetro primitivo, é indicado por meio de uma linha estreita de traços e pontos, como mostra o desenho.

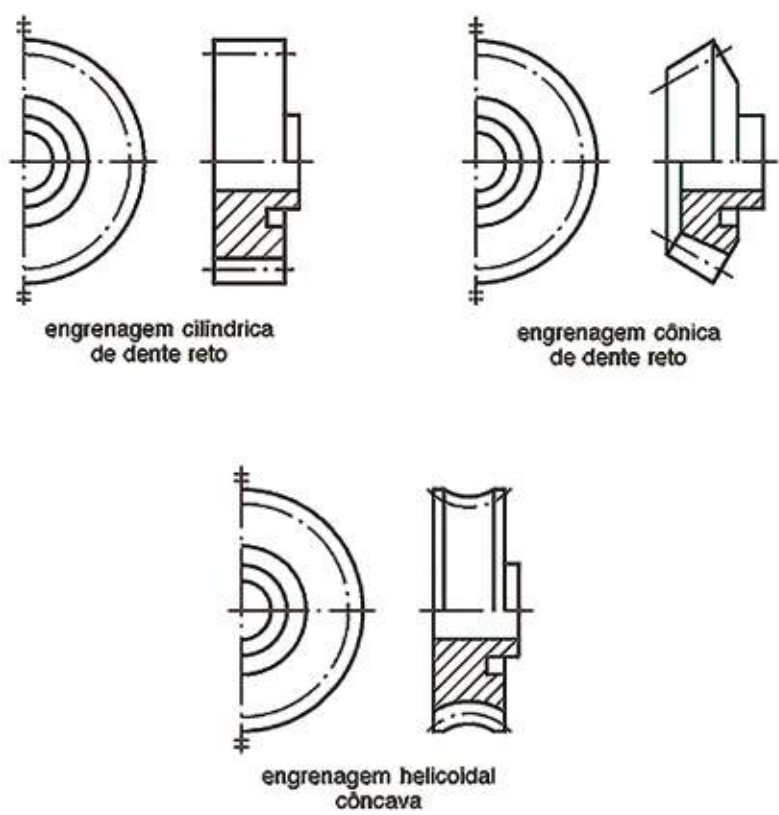


Na fabricação de engrenagens, o perfil dos dentes é padronizado. Os dentes são maquinados por ferramentas chamadas fresas. A escolha da fresa depende da altura da cabeça e do número de dentes da engrenagem. Por isso, não há interesse em representar os dentes nos desenhos. Quando, excepcionalmente, for necessário representar um ou dois dentes, eles devem ser desenhados com linha contínua larga.

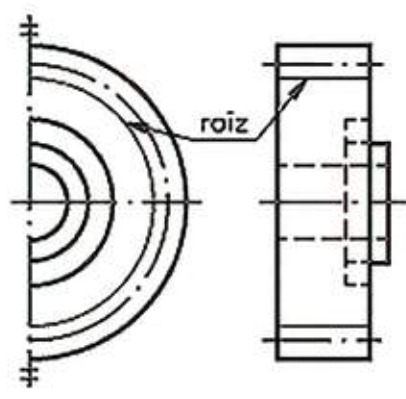
Contudo, nas representações em corte, os dentes atingidos no sentido longitudinal devem ser desenhados.



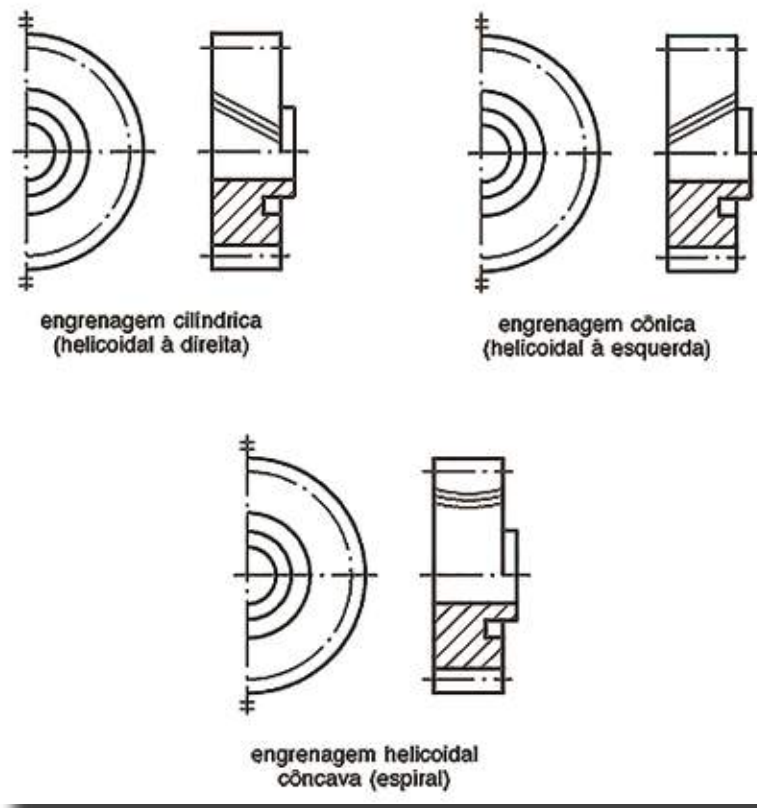
Nesses casos, os dentes são representados com omissão de corte, isto é, sem linhas de corte, como se mostra nas figuras seguintes.



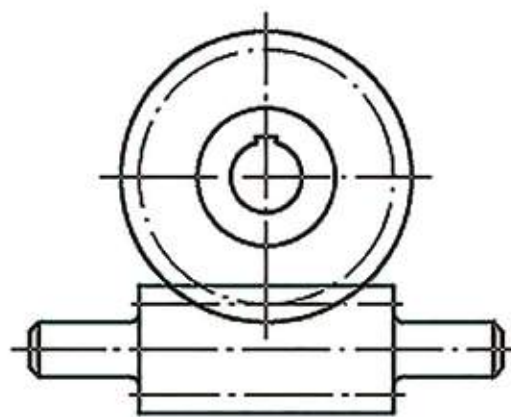
Analisando as vistas de cada engrenagem vemos que na vista frontal e na parte não representada em corte da vista lateral, a raiz do dente não aparece representada. Na parte em corte da vista lateral, a raiz do dente aparece representada pela linha contínua larga. Caso seja necessário representar a raiz do dente da engrenagem em uma vista sem corte, deve-se usar a linha contínua estreita, como no desenho seguinte.



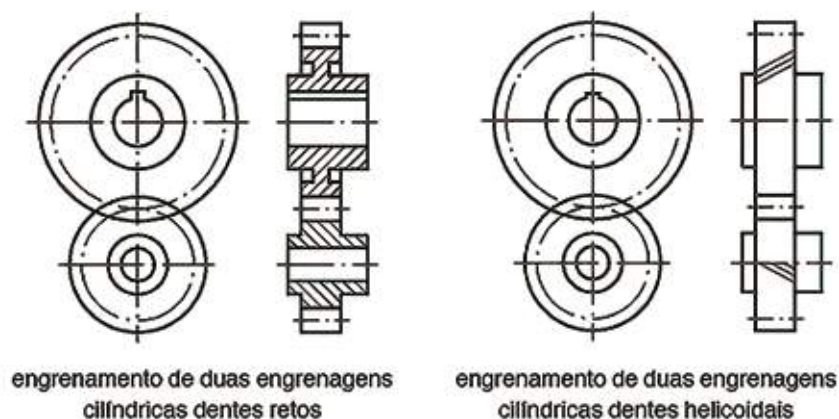
Quando, na vista lateral da engrenagem, aparecem representadas três linhas estreitas paralelas, essas linhas indicam a direção de inclinação dos dentes helicoidais.



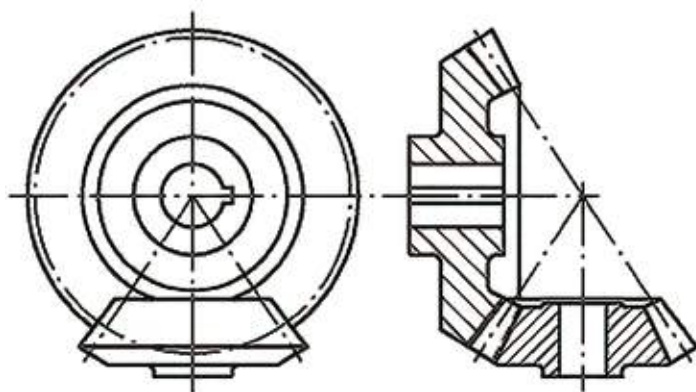
Estas regras são também válidas para a representação de pares de engrenagens ou para as representações em desenhos de conjuntos. Quando o engrenamento acontece no mesmo plano, nenhuma das engrenagens encobre a outra. Observe no desenho da engrenagem helicoidal côncava e da rosca sem-fim que todas as linhas normalizadas são representadas.



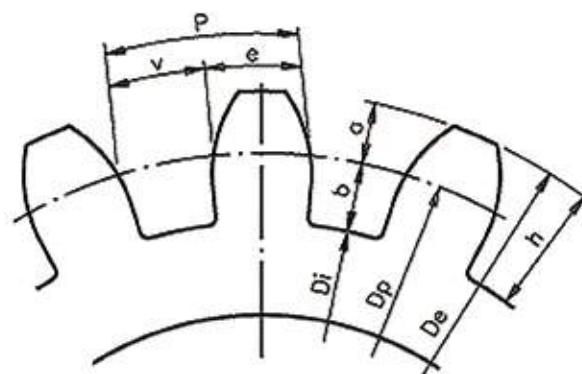
O mesmo acontece na montagem das engrenagens cilíndricas mostradas de seguida.



Quando uma das engrenagens está localizada em frente da outra, no desenho técnico, é omitida a parte da engrenagem que está encoberta. As duas engrenagens cónicas, representadas a seguir, encontram-se nessa situação. Note que o pinhão encobre parcialmente a coroa e apenas o diâmetro primitivo da coroa é representado integralmente.



Os dentes constituem uma parte importante das engrenagens. Por isso, o estudo das engrenagens deve ter em conta as características dos dentes:



As características dos dentes da engrenagem são:

$e = \text{espessura}$  - é a medida do arco limitada pelo dente, sobre a circunferência primitiva (determinada pelo diâmetro primitivo);

$v = \text{vão}$  - é o vazio que fica entre dois dentes consecutivos também delimitados por um arco do diâmetro primitivo;

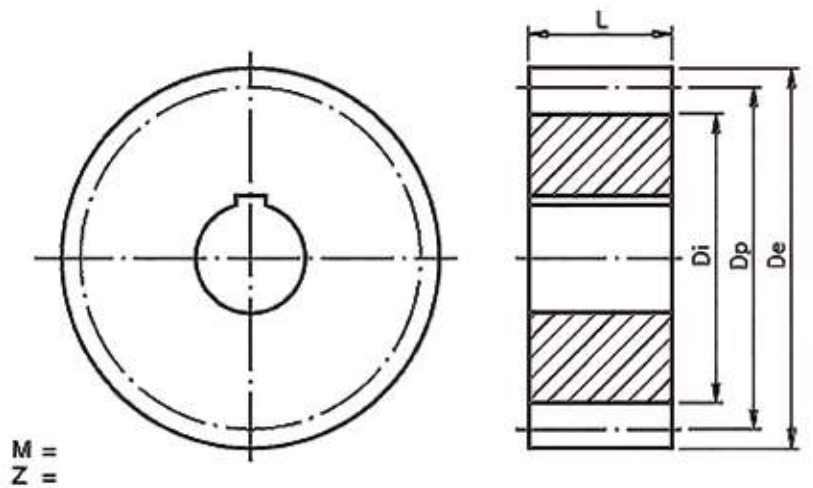
$P = \text{passo}$  - é a soma dos arcos da espessura e do vão ( $P = e + v$ );

$a = \text{cabeça}$  - é a parte do dente que fica entre a circunferência primitiva e a circunferência externa da engrenagem;

$b = \text{pé}$  - é a parte do dente que fica entre a circunferência primitiva e a circunferência interna (ou raiz);

$h = \text{altura}$  - corresponde à soma da altura da cabeça mais a altura do pé do dente.

No caso de termos uma engrenagem cilíndrica com dentes retos,



As características da engrenagem cilíndrica com dentes retos são dadas por:

$D_e$ : diâmetro externo

$D_p$ : diâmetro primitivo

$D_i$ : diâmetro interno

$M$ : módulo

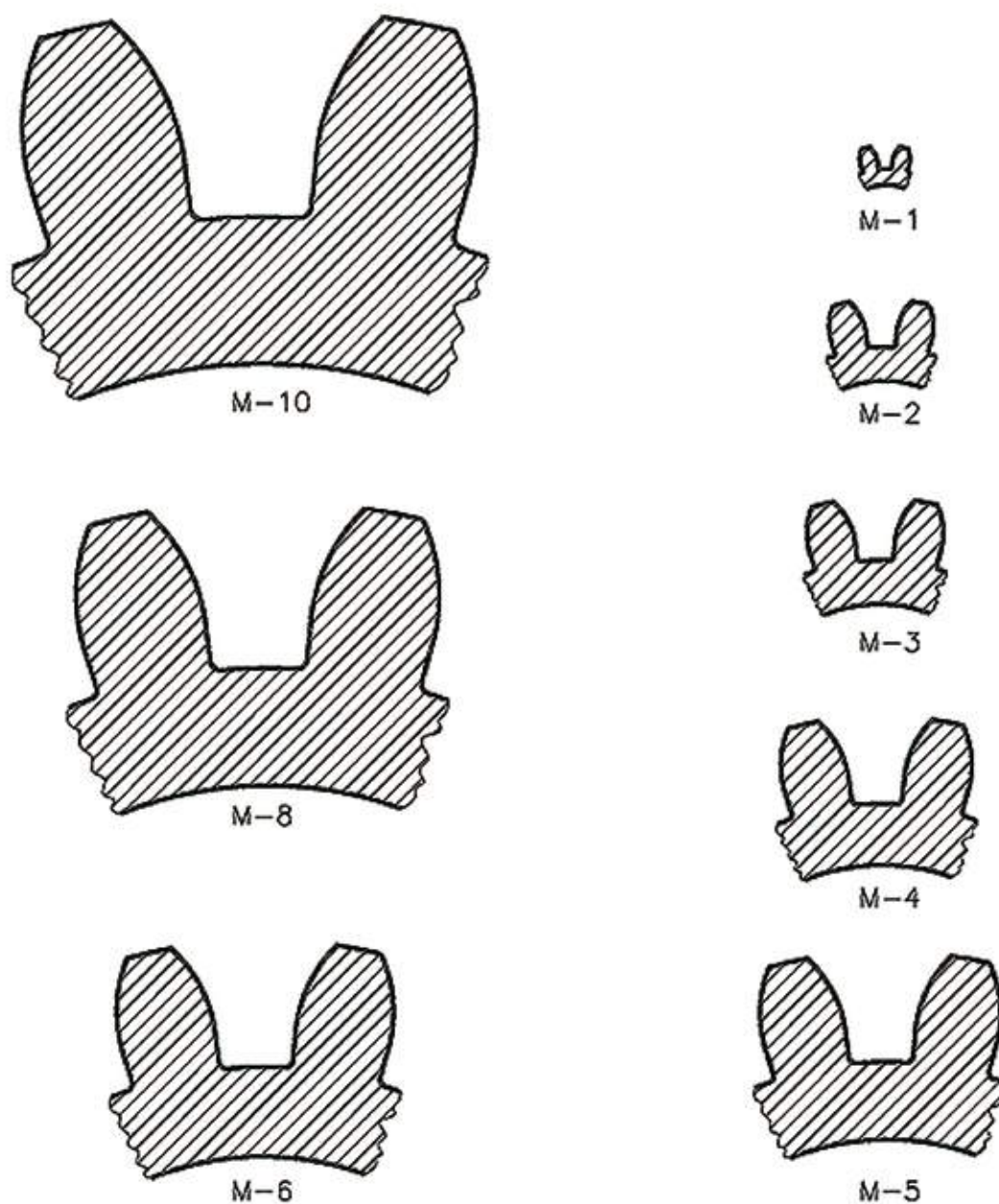
$Z$ : número de dentes

$L$ : largura da engrenagem

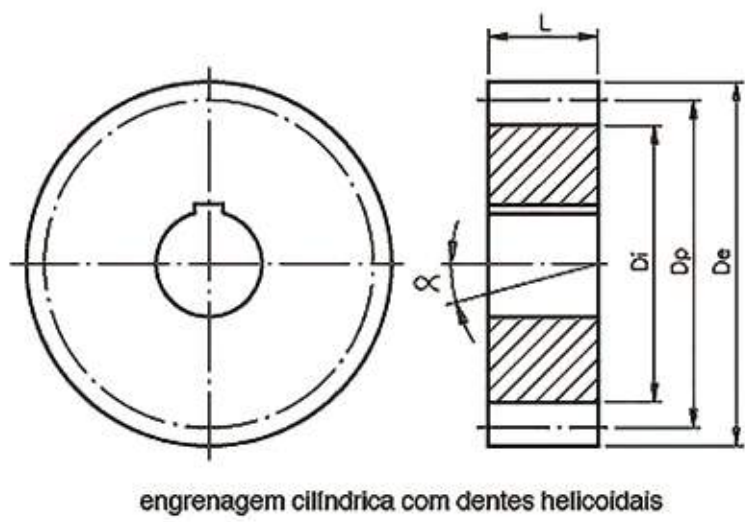


O **módulo** corresponde à altura da cabeça do dente ( $M = a$ ) e serve de base para calcular as outras dimensões dos dentes. É com base no módulo e no número de dentes que o fresador escolhe a ferramenta para maquinar os dentes da engrenagem. Mais tarde, a verificação da peça executada também é feita em função dessas características.

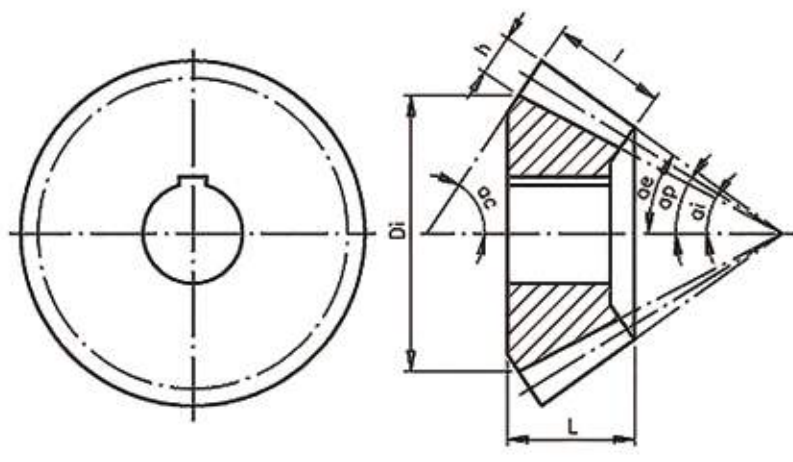
Nas figuras a seguir estão mostrados alguns perfis de dentes no sistema módulo, que consiste na relação entre o diâmetro primitivo, em milímetros, e o número de dentes.



Vamos ver agora as características de uma engrenagem cilíndrica com dentes helicoidais.



Neste tipo de engrenagem, a única característica nova que aparece indicada no desenho é  $\alpha$ , ou seja, o ângulo de inclinação da hélice. Além das características já faladas, a engrenagem cônica com dentes retos possui outras que são mostradas no desenho a seguir.



As características da engrenagem cônica são:

$\alpha_e$ : ângulo externo

$\alpha_p$ : ângulo primitivo

$\alpha_i$ : ângulo interno

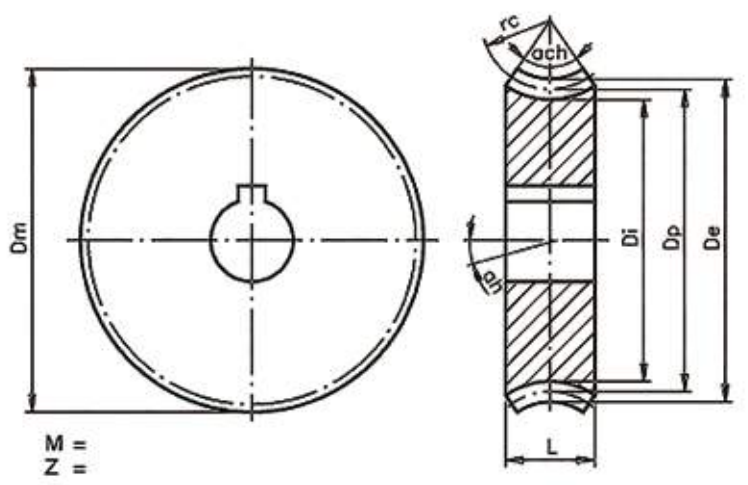
$\alpha_c$ : ângulo do cone complementar

$l$ : largura do dente





Por fim, temos a engrenagem helicoidal para rosca sem-fim.



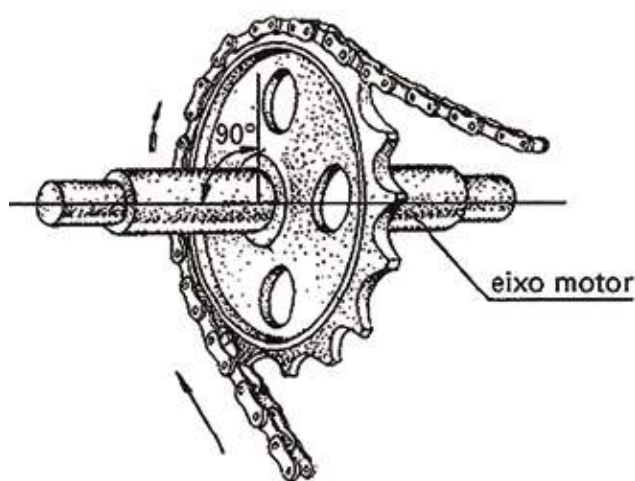
$D_m$ : diâmetro máximo da engrenagem

$ach$ : ângulo de chanfro

$r_c$ : raio da superfície côncava

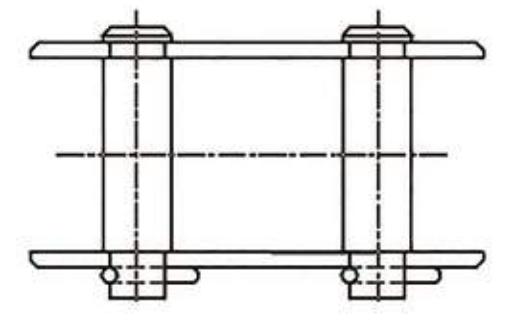
## CORRENTES

As **correntes** são elementos de transmissão, geralmente metálicos, constituídos de uma série de anéis ou elos. Existem vários tipos de corrente e cada tipo tem uma aplicação específica e podem suportar mais carga do que as correias.

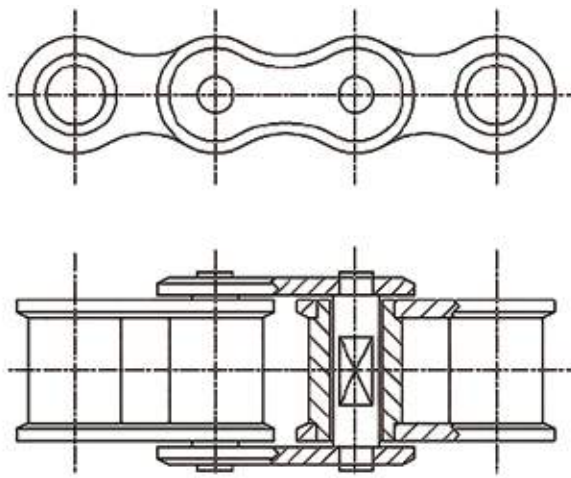


A transmissão ocorre por meio do acoplamento dos elos da corrente com os dentes da engrenagem. A junção desses elementos gera uma pequena oscilação durante o movimento. Isso pode ser reduzido com uso de amortecedores especiais.

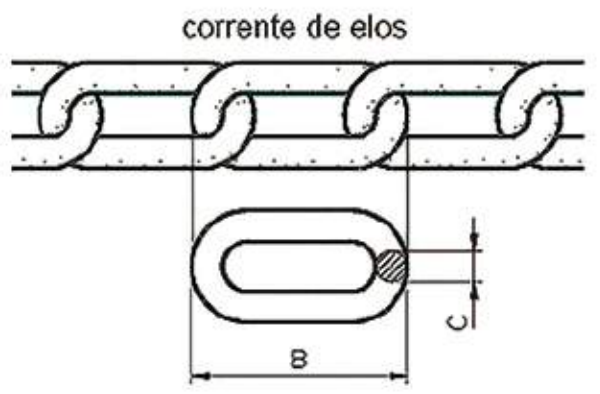
**Corrente de Rolo:** São constituídos de pinos e talas, sendo estes travados nestes com troços ou pinos elásticos. Os rolos ficam sobre buchas e estas correntes são utilizadas em casos em que é necessária a aplicação de grandes esforços para baixa velocidade como, por exemplo, na movimentação de rolos para esteiras transportadoras.



**Corrente de Buchas:** Essa corrente não tem rolos. Por isso, os pinos e as buchas são feitos com diâmetros maiores, o que confere mais resistência a esse tipo de corrente do que à corrente de rolo. No entanto, a corrente de bucha desgasta-se mais rapidamente e provoca mais ruído.



**Corrente de Elos:** São constituídas de simples elos de aço e são utilizadas no transporte de grandes cargas e com baixa velocidade.

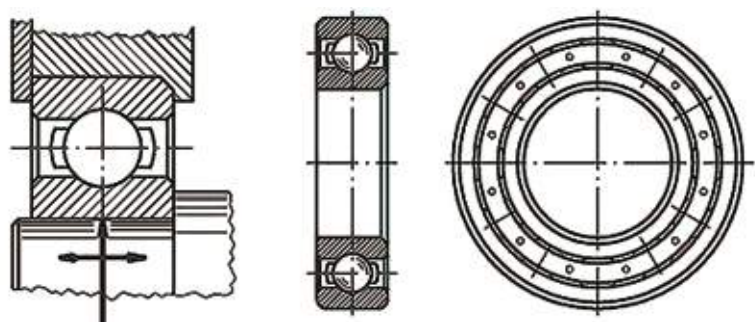


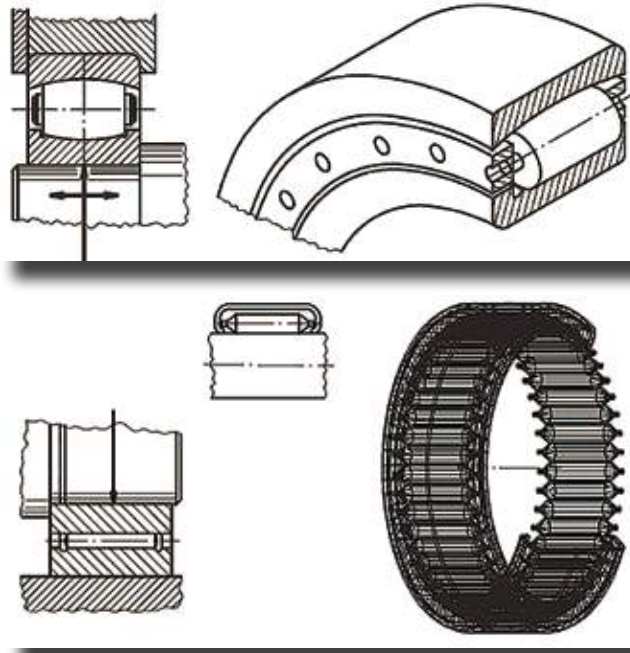
# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** Indique quais destes rolamentos correspondem às características abaixo descritas: **rolamentos de esferas, rolamentos de rolos, rolamentos radiais, rolamentos mistos, rolamentos de agulhas e rolamentos axiais.**

- Não suportam cargas axiais e impedem o deslocamento no sentido transversal ao eixo:
- não podem ser submetidos a cargas radiais. Impedem o deslocamento no sentido axial, isto é, longitudinal ao eixo:
- suportam tanto carga radial como axial. Impedem o deslocamento nos sentidos transversal e axial:
- os corpos rolantes são esferas e são apropriados para rotações mais elevadas:
- os corpos rolantes são formados de cilindros, rolos cónicos ou barriletes. Esses rolamentos suportam cargas maiores e devem ser usados em velocidades menores:
- os corpos rolantes são de pequeno diâmetro e grande comprimento. São recomendados para mecanismos oscilantes, onde a carga não é constante e o espaço radial é limitado:

**EXERCÍCIO 2.** Identifique os rolamentos indicados nas figuras.





**EXERCÍCIO 3.** Indique as vantagens e as desvantagens com a utilização dos rolamentos.

**EXERCÍCIO 4.** Assinale as palavras corretas:

- A mola helicoidal é a mais usada em mecânica. Em geral, ela é feita de barra de **aço/alumínio/cobre** enrolada em forma de hélice cilíndrica ou cônica;
- Em geral, a mola helicoidal é enrolada à **direita/esquerda**. Quando a mola helicoidal for enrolada à **direita/esquerda**, o sentido da hélice deve ser indicado no desenho;
- As molas helicoidais podem funcionar por compressão, por tração ou por torção. A mola helicoidal de **compressão/tração/torção** é formada por espirais. Quando esta mola é comprimida por alguma força, o espaço entre as espiras diminui, tornando menor o seu comprimento;
- A mola helicoidal de **compressão/tração/torção** possui ganchos nas extremidades, além das espiras. Os ganchos são também chamados de olhais. Para a mola helicoidal de tração desempenhar sua função, deve ser esticada, aumentando seu comprimento. Em estado de repouso, ela volta ao seu comprimento normal.
- A mola helicoidal de **compressão/tração/torção** tem dois braços de alavancas, além das espiras. Um exemplo muito comum desta aplicação desta mola é nas molas da roupa;

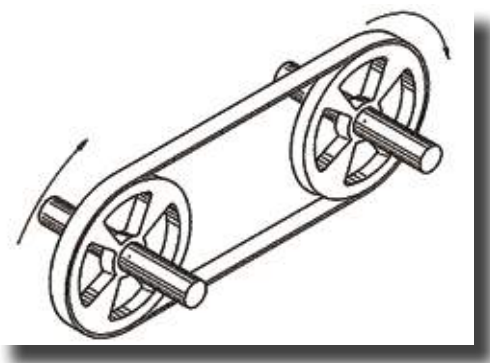


**EXERCÍCIO 5.** As molas são geralmente fabricadas em aço-mola. Quais as principais propriedades mecânicas que estes aços devem ter?

**EXERCÍCIO 6.** Indique o tipo de mola mais utilizado para cada um dos exemplos descritos: molas de borracha, molas em espiral, molas de lâminas, molas helicoidais.

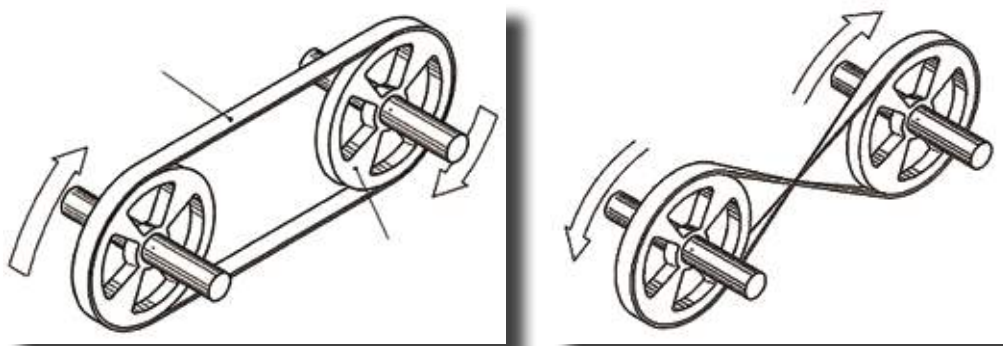
- Construção de máquinas:
- Amortecedores de vibrações e ruídos e em suspensão de veículos:
- Em veículos, em zonas de pequena altura:
- relógios:

**EXERCÍCIO 7.** Considere a figura seguinte. Indique na figura a correia e a polia.

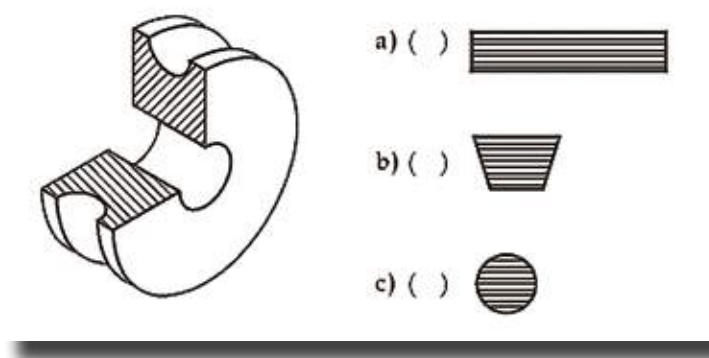


**EXERCÍCIO 8.** Qual a diferença entre a polia motora e a movida?

**EXERCÍCIO 9.** Considere as figuras seguintes. Indique qual a que representa o sentido direto de rotação e o sentido inverso.

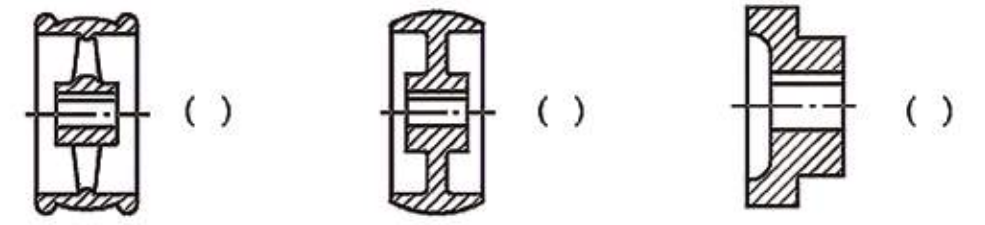


**EXERCÍCIO 10.** Analise o desenho e assinale com um X o perfil de correia adequado à polia representada.

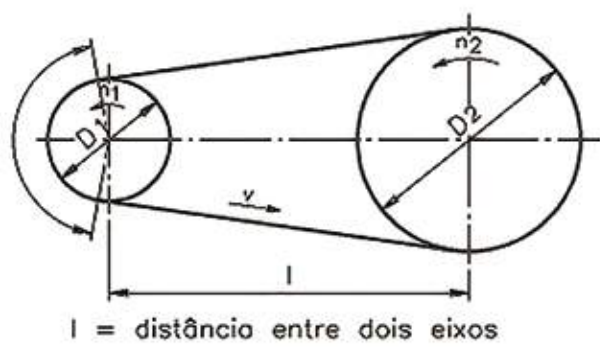


**EXERCÍCIO 11.** Analise as representações de polias. A seguir, escreva nos ( ) a letra que identifica corretamente cada uma:

- a. polia com guia;
- b. polia de aço abaulado;
- c. polia em V múltipla;
- d. polia escalonada de aço plano;
- e. polia para correia redonda.



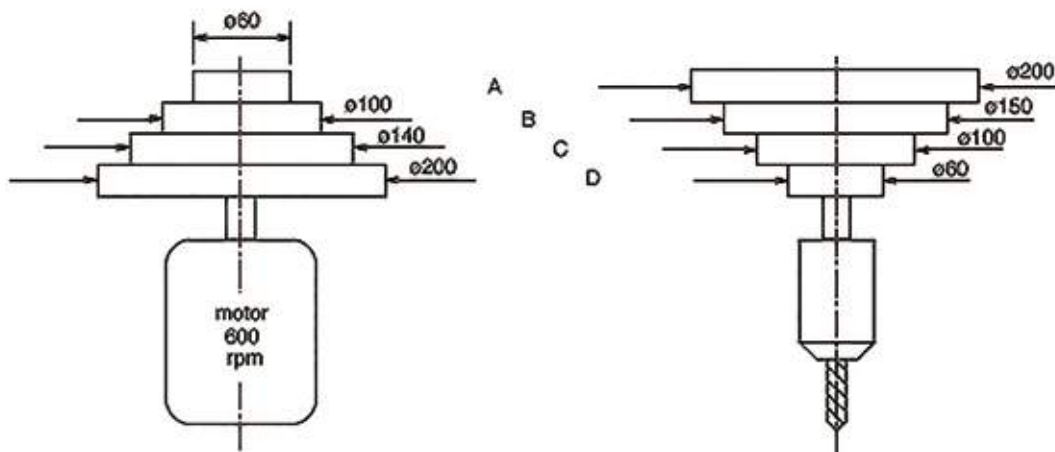
**EXERCÍCIO 12.** Considere a figura seguinte e efetue os cálculos indicados.



- a.  $D_1 = 80 \text{ mm}$ ;  $n_1 = 100 \text{ rpm}$ ;  $n_2 = 50 \text{ rpm}$ ;  $D_2 = ?$



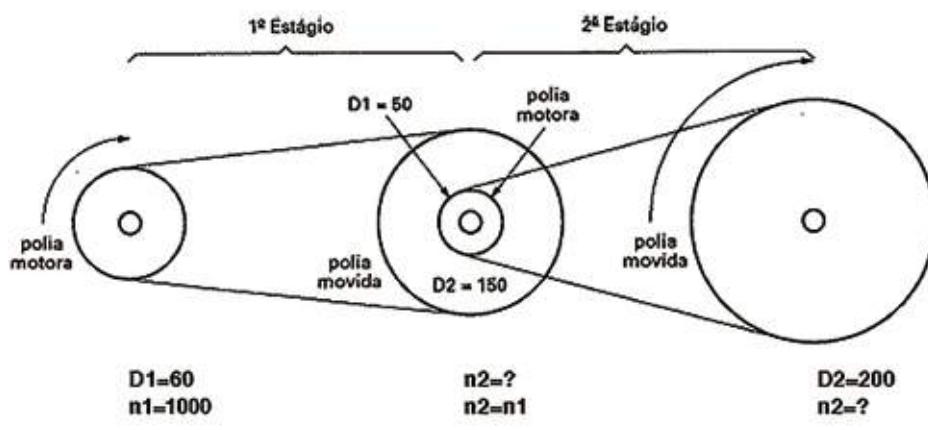
**EXERCÍCIO 13.** Um operador está a reparar um engenho de furar antigo e a placa de identificação das rpm da máquina desapareceu. Um dos seus trabalhos é descobrir as várias velocidades da máquina e fazer uma placa nova. A máquina tem quatro conjuntos de polias, semelhante ao mostrado na figura.



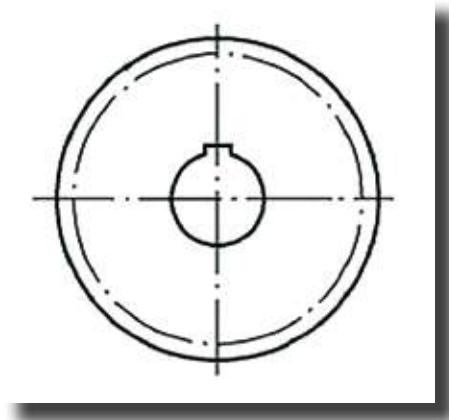
Os dados que o operador tem são a velocidade do motor e os diâmetros das polias movidas. Como as polias motoras são de tamanho diferente das polias movidas, a velocidade das polias movidas será sempre diferente da velocidade das polias motoras. Desta forma, calcule:

- as velocidades das polias motoras;
- Diâmetro da polia movida do conjunto A.

**EXERCÍCIO 14.** Os conjuntos redutores de velocidade agrupam polias de tamanhos desiguais, como se mostra na figura. Calcule a velocidade final  $n_2$  do conjunto.



**EXERCÍCIO 15.** Considere a figura da representação simbólica de uma roda dentada. Assinale na figura qual a circunferência que representa o diâmetro primitivo.



**EXERCÍCIO 16.** Defina o que são rodas dentadas.

**EXERCÍCIO 17.** Considere os seguintes corpos de rodas dentadas:

- disco com furo central;
- corpo com braços, cubo e furo central;
- corpo com 4 furos, cubo e furo central;
- disco com cubo e furo central.

Identifique cada um deles na figura.





- disco com furo central; disco com cubo e furo central;
- corpo com 4 furos, cubo e furo central; corpo com braços, cubo e furo central.

**EXERCÍCIO 18.** O que distingue uma coroa de um pinhão numa engrenagem? Identifique-os na figura.



**EXERCÍCIO 19.** Enumere os principais tipos de rodas dentadas que conhece, de acordo com a sua função.

**EXERCÍCIO 20.** O que é o módulo de uma roda dentada e qual a sua importância para o seu fabrico.

**EXERCÍCIO 21.** Defina corrente de transmissão.

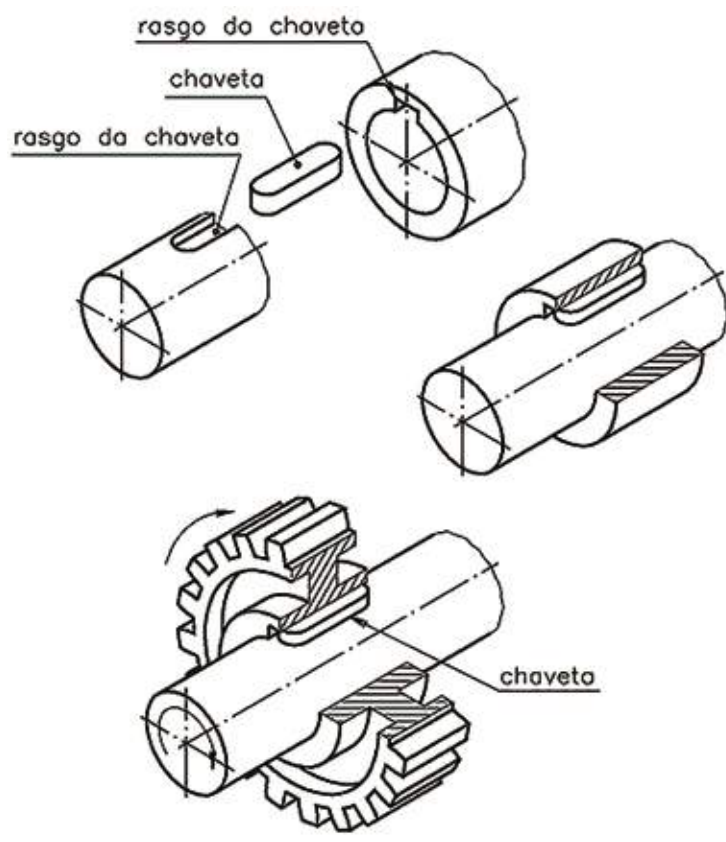
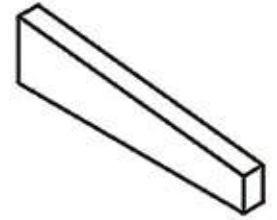
**EXERCÍCIO 22.** Enumere os vários tipos de correntes que conhece.



# ELEMENTOS DE POSICIONAMENTO

## CHAVETAS

As **chavetas** são elementos mecânicos fabricados em aço, de uma forma, em geral, retangular ou semicircular. A chaveta é colocada na cavidade de um eixo e de uma peça e tem como finalidade ligar dois elementos mecânicos.



As chavetas pode ser de vários tipos:

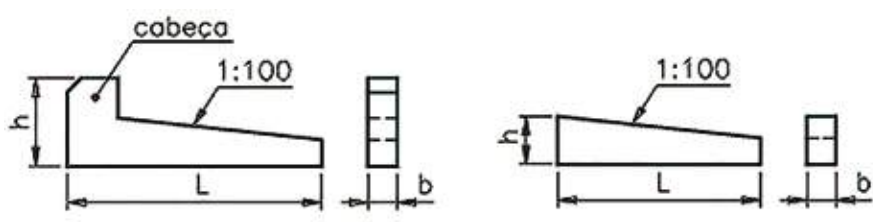
### Chavetas de Cunha

As chavetas têm esse nome porque são parecidas com uma cunha, em que uma das faces é inclinada, para facilitar a união de peças. As chavetas de cunha classificam-se em dois grupos:

- Chavetas longitudinais;
- Chavetas transversais.



As chavetas longitudinais são colocadas na extensão do eixo para unir roldanas, rodas, volantes etc. Podem ser com ou sem cabeça e são de montagem e desmontagem fácil.

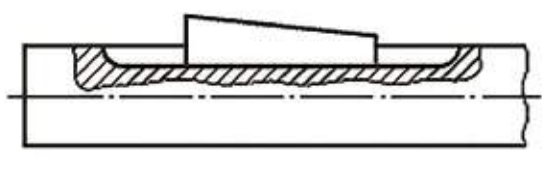


No caso da chaveta da figura anterior, a sua inclinação é de 1:100 e as suas medidas principais são dadas por:

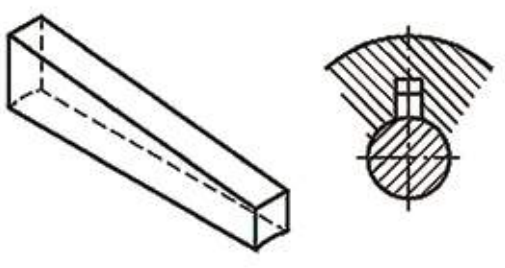
- Altura (h);
- Comprimento (L);
- Largura (b).

As **chavetas longitudinais** podem ser de diversos tipos:

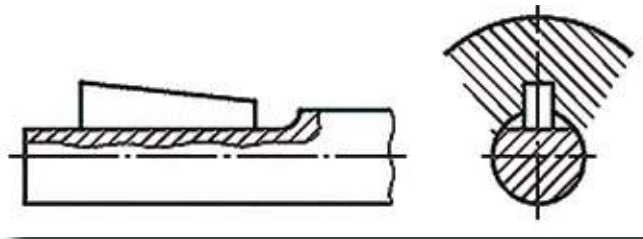
- **Encaixada:** Tem uma grande aplicação e a sua forma corresponde à do tipo mais simples de chaveta de cunha. Para possibilitar o seu emprego, o rasgo do eixo é sempre mais comprido que a chaveta;



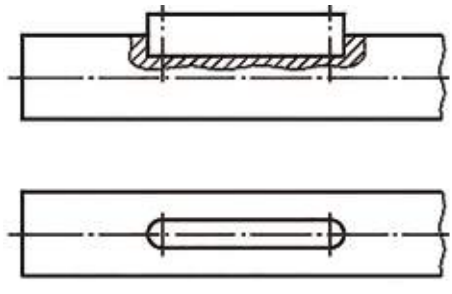
- **Meia-cana:** A sua base é côncava (com o mesmo raio do eixo). a sua inclinação é de 1:100, com ou sem cabeça. Não é necessário rasgo na árvore, pois a chaveta transmite o movimento por efeito do atrito. Desta forma, quando o esforço no elemento conduzido for muito grande, a chaveta desliza sobre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



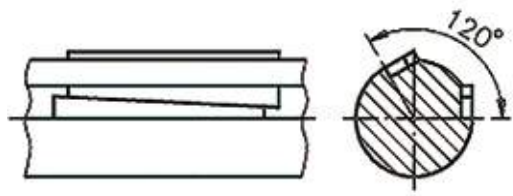
- **Plana:** A forma é similar à da chaveta encaixada, porém, para facilitar a sua montagem, não se abre rasgo no eixo, sendo feito um rebaixo plano;



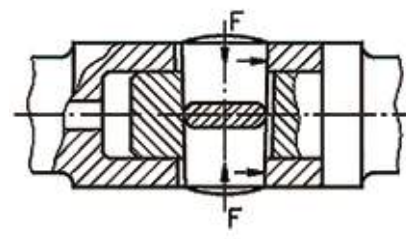
- **Embutida:** Tem os cantos arredondados, e o rasgo para o seu alojamento no eixo possui o mesmo comprimento da chaveta. As chavetas embutidas nunca têm cabeça;



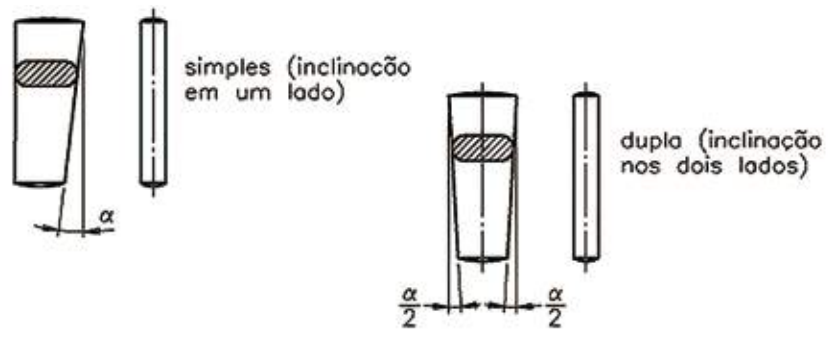
- **Tangencial:** É formada por um par de cunhas, colocado em cada rasgo. São sempre utilizadas duas chavetas e os rasgos são posicionados a 120°. Transmitem fortes cargas e são utilizadas, sobretudo, quando o eixo está submetido a mudança de carga ou golpes.



As **chavetas transversais** são aplicadas em união de peças que transmitem movimentos rotativos e retílineos alternativos.

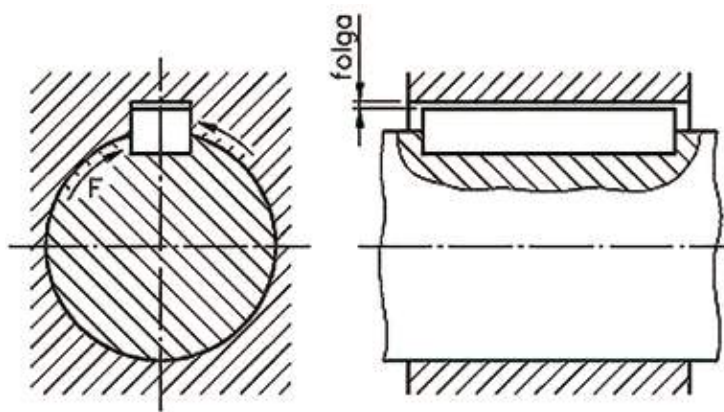


Quando as chavetas transversais são utilizadas em uniões permanentes, a sua inclinação varia entre 1:25 e 1:50. Se a união se submete a montagem e desmontagem frequentes, a inclinação pode ser de 1:6 a 1:15.

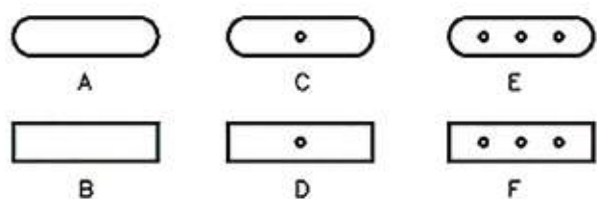


### Chavetas Paralelas

Essas chavetas têm as faces paralelas, portanto, não têm inclinação. A transmissão do movimento é feita pelo ajuste das suas faces laterais às laterais do rasgo da chaveta. Fica uma pequena folga entre o ponto mais alto da chaveta e o fundo do rasgo do elemento conduzido.

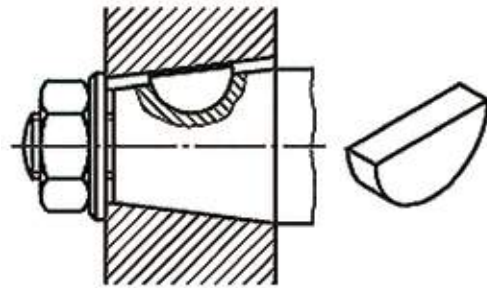


As chavetas paralelas não possuem cabeça. Quanto à forma de seus extremos, eles podem ser retos ou arredondados. Podem, ainda, ter parafusos para fixarem a chaveta ao eixo.



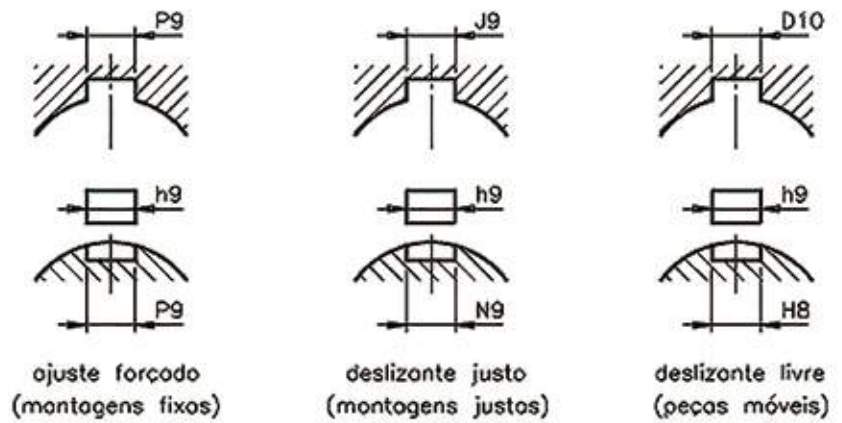
**Chaveta de Disco ou Meia-Lua (Tipo Woodruff)**

É uma variante da chaveta paralela e tem esse nome porque a sua forma corresponde à de um segmento circular. É utilizada normalmente em eixos cónicos por facilitar a montagem e se adaptar à conicidade do fundo do rasgo do elemento externo.



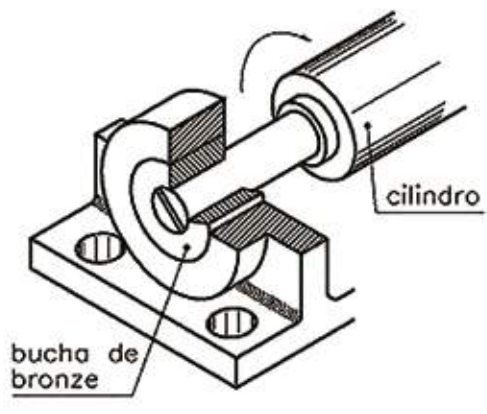
**Tolerâncias para Chavetas**

O ajuste da chaveta deve ser feito em função das características do trabalho. A figura seguinte mostra os três tipos mais comuns de ajustes e tolerâncias para chavetas e rasgos.

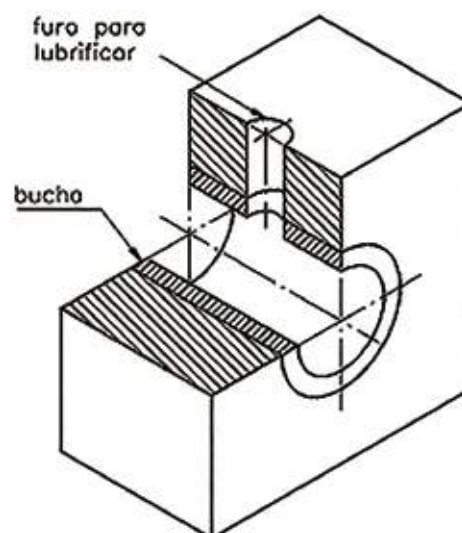


**BUCHAS**

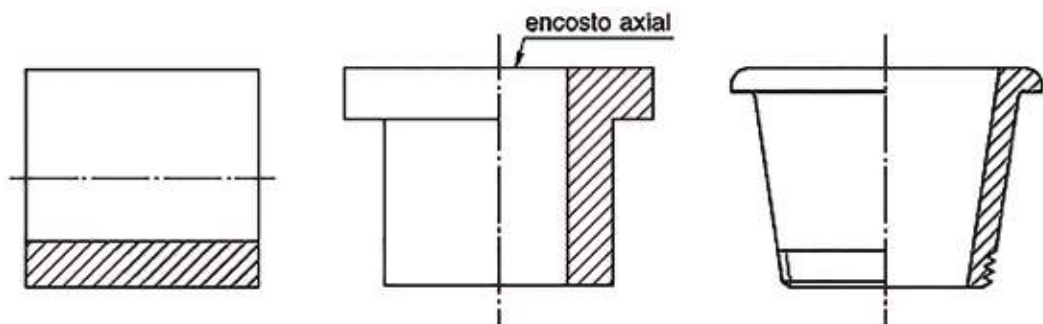
Com a invenção da roda, surgiu o eixo acoplado à roda. O movimento rotativo entre as rodas e os eixos gera problemas de atrito que, por sua vez, causam desgaste tanto dos eixos como das rodas. Para evitar esse problema nas rodas modernas, surgiu a ideia de se colocar um anel de metal entre o eixo e a roda, chamado **bucha** ou **casquilho**.



As buchas são elementos de máquinas de forma cilíndrica ou cônica e servem para apoiar eixos e guiar brocas e alargadores. Nos casos em que o eixo desliza dentro do casquilho, deve haver lubrificação. Podem ser fabricadas de metal antifricção (ligas de cobre, zinco, estanho, chumbo e antimônio) ou de materiais plásticos. Normalmente, a bucha deve ser fabricada com material menos duro que o material do eixo.



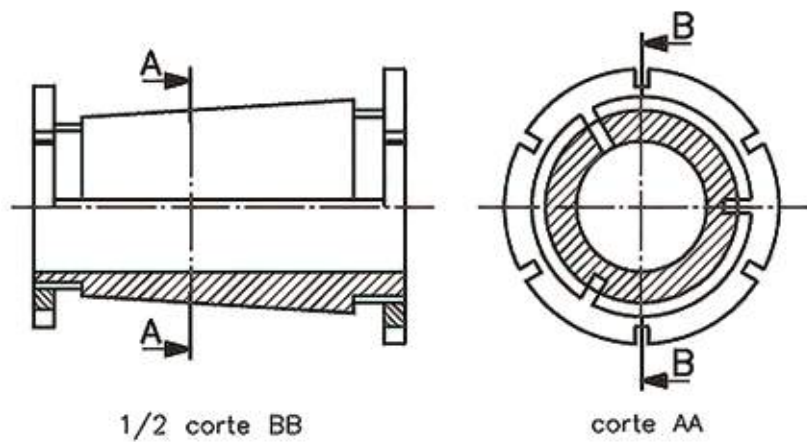
As buchas podem ser classificadas quanto ao tipo de solicitação. Desta forma, podem ser de fricção radial para esforços radiais, de fricção axial para esforços axiais e cônicas para esforços nos dois sentidos.



### *Bucha de Fricção Radial*

Estas buchas podem ter várias formas. As mais comuns são feitas de um corpo cilíndrico furado, para permitir a entrada de lubrificantes. São usadas em peças para cargas pequenas e em lugares onde a manutenção seja fácil. Em alguns casos, as buchas são cilíndricas na parte interior e cônicas na parte exterior. Os extremos são roscados e têm três rasgos longitudinais, o que permite o reajuste das buchas nas peças.



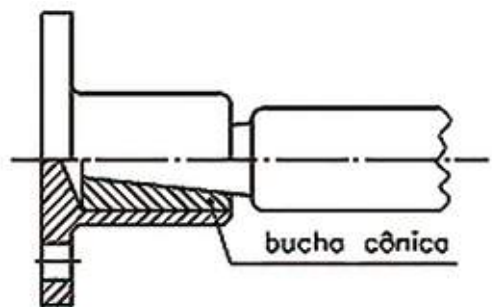


### Bucha de Fricção Axial

Esta bucha é usada para suportar o esforço de um eixo em posição vertical.

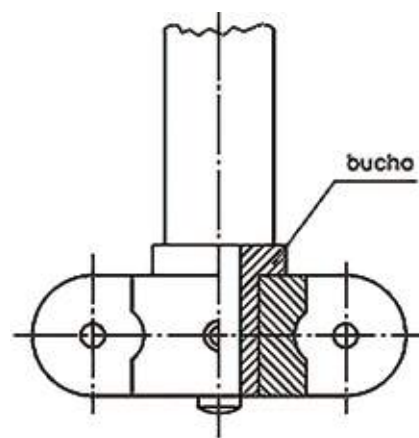
### Bucha Cônica

Este tipo de bucha é usada para suportar um eixo do qual se exigem esforços radiais e axiais. Quase sempre requerem um dispositivo de fixação e, por isso, são pouco utilizados.

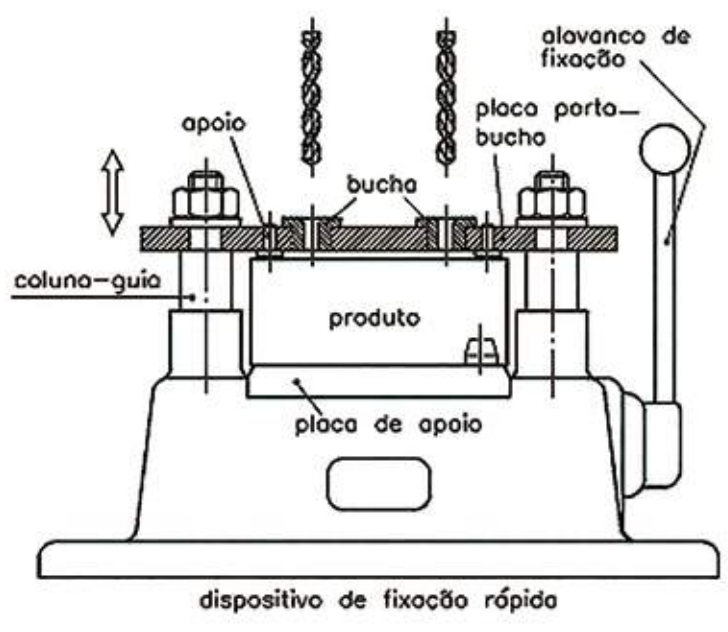


### Bucha-Guia

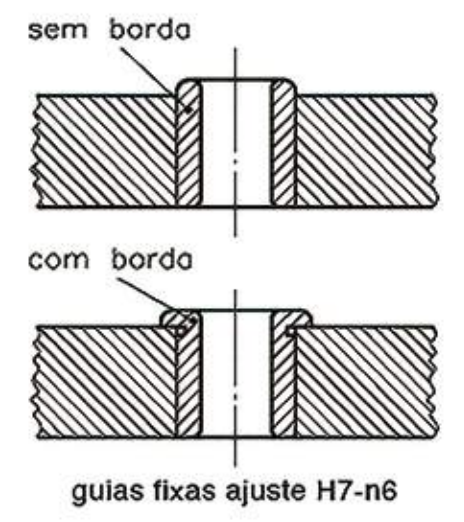
Nos dispositivos para furação, a bucha-guia orienta e possibilita o autoposicionamento da ferramenta em trabalho na peça. Desta forma, obtém-se a posição correta das superfícies maquinadas.







As buchas-guia são elementos de precisão, sujeitos a desgaste por atrito. Por isso, são feitas em aço duro, com superfícies bem lisas, de preferência retificadas.

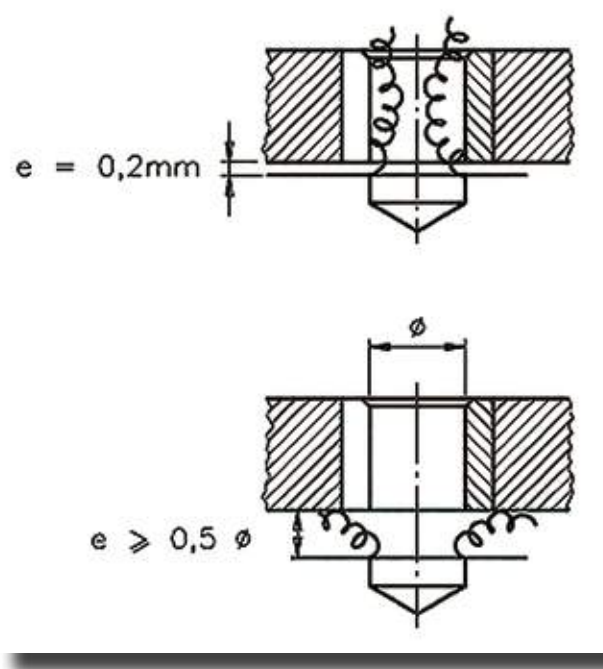


as buchas até 20 mm de diâmetro são feitas em aço-carbono, temperado ou nitruado e as maiores são feitas em aço cementado. A distância entre a bucha-guia e a peça baseia-se em dois parâmetros:

- Quando a avara deve passar pelo interior da bucha-guia, a distância será de 0,2 mm;



- Quando a apara deve sair por baixo da bucha-guia, a distância será igual ou maior que 0,5 mm, multiplicado pelo diâmetro do furo da bucha.



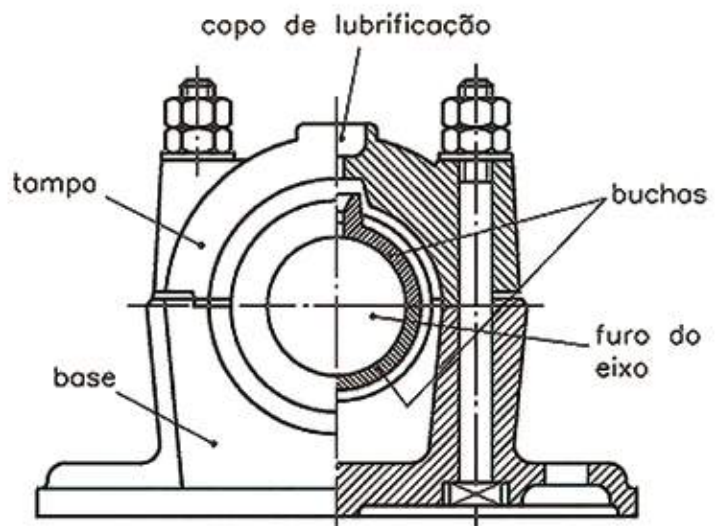
## MANCAIS

O **mancal** pode ser definido como suporte ou guia em que se apoia o eixo. No ponto de contacto entre a superfície do eixo e a superfície do mancal ocorre atrito. Dependendo da solicitação de esforços, os mancais podem ser de deslizamento ou de rolamento.

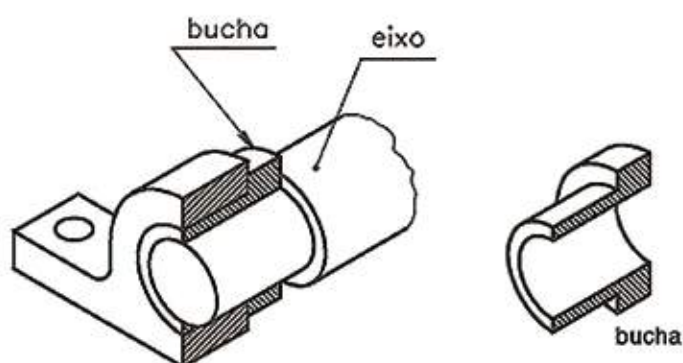
### Mancais de Deslizamento

Geralmente, os mancais de deslizamento são constituídos por uma bucha fixada num suporte. Esses mancais são usados em máquinas pesadas ou em equipamentos de baixa rotação, porque a baixa velocidade evita superaquecimento dos componentes expostos ao atrito.





O uso de buchas e de lubrificantes permite reduzir esse atrito e melhorar a rotação do eixo. As buchas são, em geral, corpos cilíndricos ocos que envolvem os eixos, permitindo-lhes uma melhor rotação. São feitas de materiais macios, como o bronze e ligas de metais leves.



### *Mancais de Rolamento*

Quando o veio tem de trabalhar com maior velocidade e menos atrito, o mancal de rolamento é o mais adequado. Os rolamentos são classificados em função dos seus elementos rolantes.



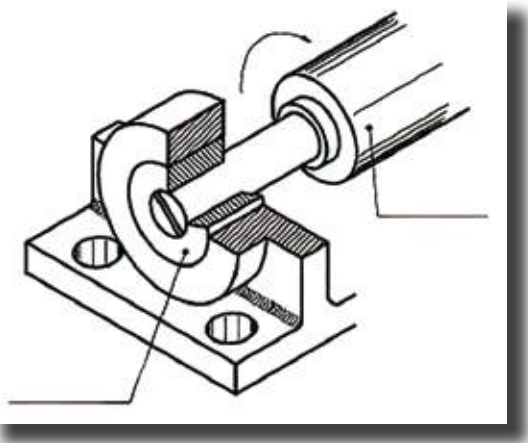
# EXERCÍCIOS TEÓRICOS

**EXERCÍCIO 1.** O que são as chavetas e qual a sua finalidade?

**EXERCÍCIO 2.** Quais os tipos de chavetas que existem?

**EXERCÍCIO 3.** Qual a importância da utilização das buchas como elementos de máquinas?

**EXERCÍCIO 4.** Indique qual das peças assinaladas na figura representa uma bucha.



**EXERCÍCIO 5.** O que é um mancal?



# BIBLIOGRAFIA/OUTROS RECURSOS

Mechanical Engineering Design, Shigley & Mischke, McGraw-Hill, 2001.

Fundamentals of Machine Elements, B. Hamrock, B. Jacobson & S. Schmid, McGraw-Hill, 2000.



