

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO
TECNOLÓGICA DE SANTA CATARINA
GERÊNCIA EDUCACIONAL DE METAL MECÂNICA
CURSO TÉCNICO DE MECÂNICA



ELEMENTOS DE MÁQUINAS

PARTE II - Características dos Elementos

Prof. Eng. Mec. Norberto Moro
Téc. Mec. André Paegle Auras

FLORIANÓPOLIS - 2006

Sumário

1. ELEMENTOS DE FIXAÇÃO.....	4
1.1 Rebites	5
1.2 Pinos	8
1.3 Cavilha	8
1.4 Contrapino ou cupilha	9
1.5 Parafusos	10
1.6 Porcas	15
1.7 Arruelas	15
1.8 Anéis elásticos	17
1.9 Chavetas	19
2. ELEMENTOS ELÁSTICOS	22
2.1 Molas Helicoidais	22
2.2 Molas Planas	24
3. ELEMENTOS DE APOIO	26
3.1 Guias	26
3.2 Mancais	28
3.2.1 Buchas	29
3.2.2 Rolamentos	31
4. ELEMENTOS DE TRANSMISSÃO	37
4.1 Polia e Correia	37
4.2 Correntes	39
4.3 Cabos de Aço	41
4.4 Acoplamento	43
4.5 Roscas	47
4.6 Engrenagens	52
Tabelas	56
Bibliografia	65

Apresentação

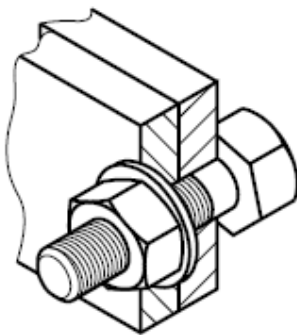
Esta segunda parte da apostila de Elementos de Máquinas irá tratar a respeito dos Elementos de Máquinas propriamente ditos, buscando ensinar os diversos tipos de elementos bem como suas variadas aplicações.

Esta segunda apostila utilizou muitos conceitos e figuras retiradas da apostila de Elementos de Máquinas, Volume I e II, do curso Técnico em Mecânica do Telecurso 2000 (disponível em www.bibvirt.futuro.usp.br). As demais bibliografias encontram-se no fim da apostila.

Apresentamo-na com o intuito de permanecê-la em constante desenvolvimento, através das críticas e sugestões advindas dos que a ela terão acesso. O seu auxílio beneficiará a muitos outros alunos que ainda aprenderão com esta apostila. O professor certamente está disposto a este tipo de ajuda.

Enfim, esperamos que este trabalho auxilie, da forma mais completa possível, na formação de novos profissionais, técnicos que saibam manejar a prática com a mais excelente teoria.

1. ELEMENTOS DE FIXAÇÃO



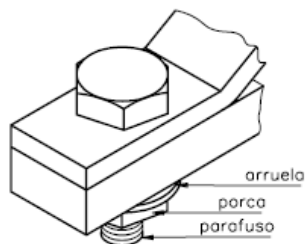
Na mecânica é muito comum a necessidade de unir peças como chapas, perfis e barras. Qualquer construção, por mais simples que seja, exige união de peças entre si. Para tanto, exige-se elementos próprios que proporcione a união, os quais denominaremos aqui de *elementos de fixação*¹. Os elementos de fixação mais usados são: rebites, pinos, cavilhas, parafusos, porcas, arruelas, anéis elásticos e chavetas.

Para projetar um conjunto mecânico é preciso escolher o elemento de fixação adequado ao tipo de peças que irão ser unidas ou fixadas. Elementos de fixação fracos e mal planejados poderá inutilizar toda a máquina. O bom planejamento evitará também concentração de tensão nas peças fixadas. Essas tensões causam rupturas nas peças por fadiga² do material.

A união pode ser de duas maneiras:

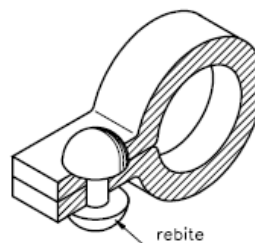
Móvel

Os elementos de fixação podem ser colocados ou retirados do conjunto sem causar qualquer dano às peças que foram unidas. Por exemplo: uniões com parafusos, porcas e arruelas.



Permanente

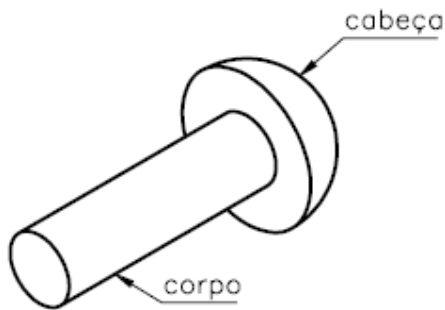
Os elementos de fixação não podem ser retirados sem que fiquem inutilizados. Por exemplo: uniões feitas com rebites.



¹ Obs.: Deve-se considerar que é possível outro tipo de união de peças numa máquina: a solda. Entretanto, ela não é considerada um elemento de máquina.

² Fadiga: É causado por esforços constantes que provocam queda na resistência do material.

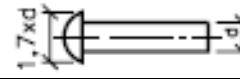
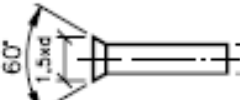
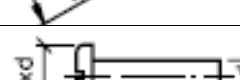
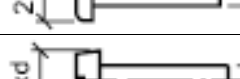
1.1 Rebites



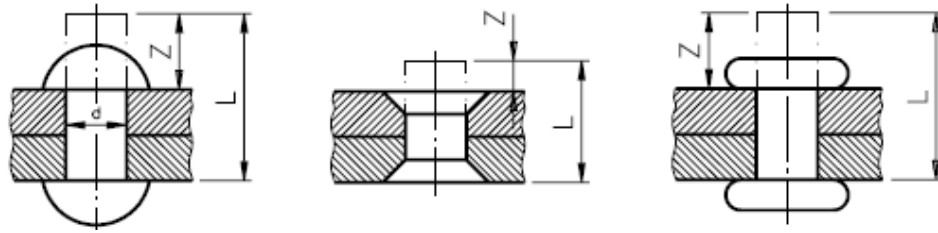
O que é: O rebite possui corpo cilíndrico e cabeça, sendo fabricado em aço (comum, inox, etc), alumínio, cobre ou latão. É usado para fixação permanente de duas ou mais peças.

Emprego: Em geral, seu emprego está em situações onde não é possível usar solda por um ou mais motivos: tipo de material, não admissão de tensões provenientes da solda, facilidade do processo de fabricação, etc. Na indústria aplica-se principalmente em: estruturas metálicas, reservatórios, caldeiras, máquinas, navios, aviões, veículos de transporte e treliças.

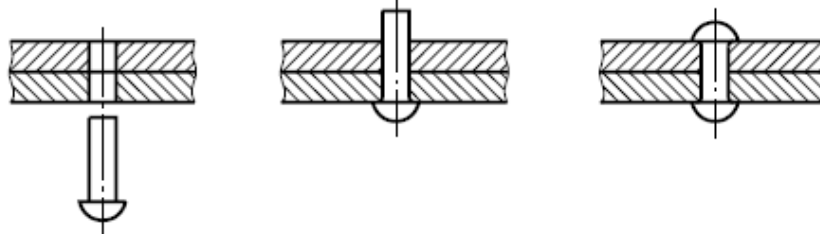
Tipos: Os tipos de pino são divididos pelo formato da cabeça. Pelos desenhos dos pinos abaixo, podemos perceber que há uma relação padronizada entre diâmetro (d) do corpo e da cabeça. Veja tabela abaixo:

Imagem	Tipo de Cabeça	Aplicação
	Redonda larga	Bastante utilizado pela grande resistência oferecida.
	Redonda estreita	
	Escareada chata larga	Unões que não admitem saliências
	Escareada chata estreita	
	Escareada com calota	Unões que admitem pequenas saliências
	Panela	
	Cilíndrica	Chapas com espessura máx. de 7 mm

Especificações: Para o uso de rebites, deve-se saber quatro especificações: material, tipo de cabeça, diâmetro do corpo e comprimento útil (é o comprimento do corpo - L, menos a sobra necessária - Z, que é o comprimento restante necessário para formar a outra cabeça do rebite. Ver figura abaixo:

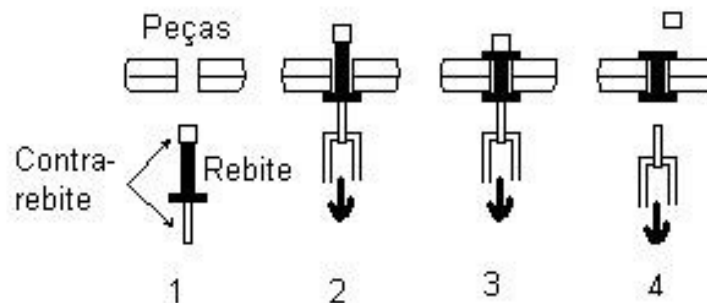
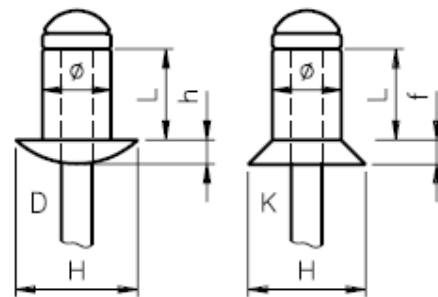


Rebitagem: é o processo de união de peças usando rebite. Ver figura abaixo:



Pode ser manual, com pancadas de martelo (uso em pequena escala), ou automático, com auxílio de martelo pneumático ou rebitadeiras pneumáticas ou hidráulicas. O processo ainda pode ser a quente ou a frio. Na rebitagem a quente, o rebite é antes aquecido em forno ou em chama até atingir cor vermelho-brilhante, sendo usado em rebites de aço com diâmetro maior que 6,35 mm, obtendo melhor preenchimento do espaço e menor aplicação de força.

Rebite de repuxo: É um rebite especial, mas amplamente utilizado em chapas que não sofrerão grandes esforços. Este rebite é furado, pelo qual passa um contra-rebite. Para a rebitagem utiliza-se um equipamento simples que puxa o contra-rebite formando a 2ª cabeça do rebite.



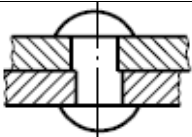
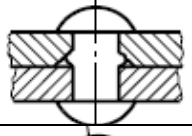
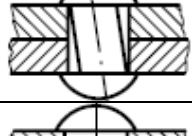
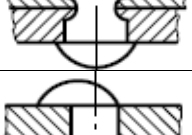
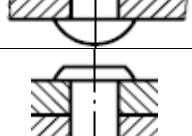
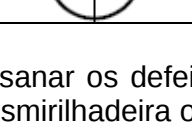
- (1) O rebite é colocado no furo das peças;
- (2) A rebitadeira puxa o contra-rebite enquanto segura a cabeça do rebite contra a peça;
- (3) a cabeça do contra-rebite forma a cabeça do rebite;
- (4) a cabeça do contra-rebite quebra-se e o corpo abandona o rebite.

Cálculos: O cálculo de distribuição dos rebites deve levar em conta a finalidade da rebitagem, o esforço que as chapas sofrerão, o tipo de junta necessário e a dimensão das chapas, entre outros dados do projeto.

Dicas práticas:

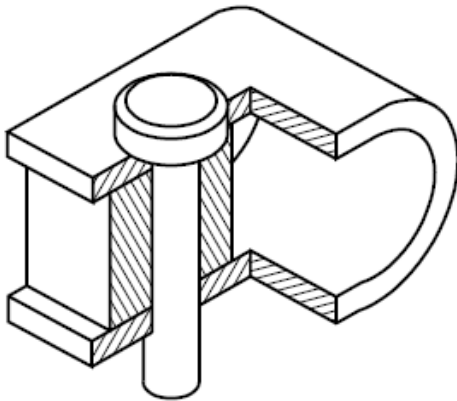
- A distância mínima entre centros dos rebites deverá ser de 3 vezes o diâmetro do rebite;
- Da lateral da chapa até o centro do primeiro furo, a distância deverá ter 2 vezes o diâmetro do rebite (válido na direção da força);
- Da lateral da chapa até o centro do primeiro furo, no sentido transversal da força, a distância deverá ter 1,5 vezes o diâmetro do rebite;
- O diâmetro do rebite deve ser de 1,5 vezes a espessura da chapa de menor espessura;
- O diâmetro do furo deve ser de 1,06 vezes o diâmetro do corpo do rebite.

Defeitos:

	Furos fora do eixo fazem o rebite preencher todo espaço, diminuindo sua resistência.
	Chapas mal encostadas engordam o rebite no vão entre chapas, afetando sua resistência.
	Diâmetro do furo maior do que o do rebite provoca eixo inclinado no corpo, que reduz a pressão de aperto.
	O aquecimento excessivo do rebite provoca folga, ocorrendo deslizamento de chapa.
	A rebitagem descentralizada produz uma das cabeças fora do eixo, diminuindo a força de aperto.
	A falta de material para formar a 2ª cabeça do rebite se dá pela escolha errada do comprimento do rebite.

Para sanar os defeitos deve-se retirar uma das cabeças do rebite com talhadeira, esmerilhadeira ou furadeira, para depois extrair o rebite.

1.2 Pinos



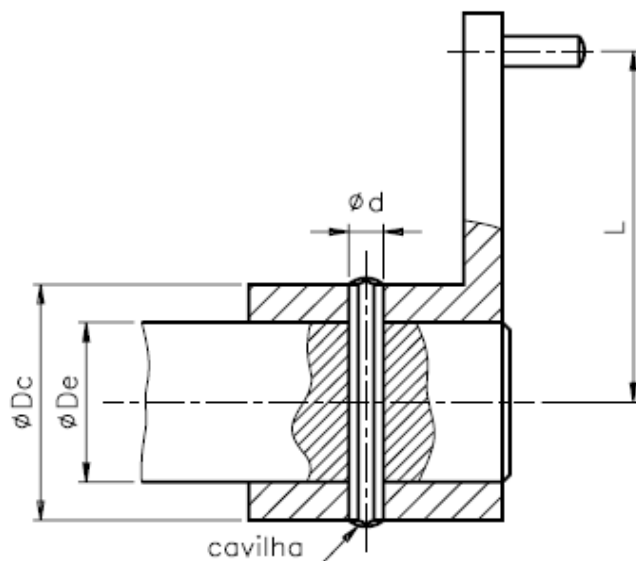
O que é: Pinos são elementos cilíndricos/cônicos geralmente de aço e que une peças articuladas.

Emprego: Nesse tipo de união as peças formam uma junção móvel, permitindo conjuntos que se articulam entre si. Na indústria aplica-se principalmente em: braços articulados (guindastes, etc), portas, entre outros.

Tipos: Ver tabela abaixo.

	Pino cônico – ação de centragem.
	Pino cônico – a ação de retirada do pino de furos cegos é facilitada por haste rosca (aperto de porca retira a haste).
	Pino cilíndrico – utilizado para forças cortantes, requer furo com tolerâncias rigorosas.
	Pino elástico – apresenta elevada resistência, podendo ser assentado em furos com variação de diâmetro.

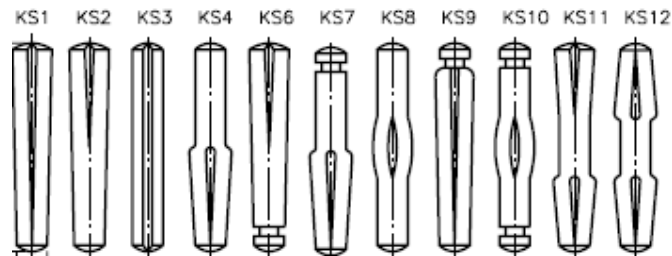
1.3 Cavilha



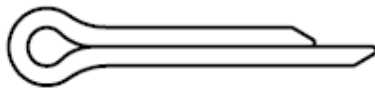
O que é: é uma peça cilíndrica, fabricada em aço, cuja superfície externa recebe três entalhes que formam ressaltos. A forma e o comprimento dos entalhes determinam os tipos de cavilha. Sua fixação é feita diretamente no furo aberto por broca, dispensando-se o acabamento e a precisão do furo alargado.

Emprego: A cavilha une peças que não são articuladas entre si.

TIPO	NORMA	UTILIZAÇÃO
KS 1	DIN 1471	Fixação e junção.
KS 2	DIN 1472	Ajustagem e articulação.
KS 3	DIN 1473	Fixação e junção em casos de aplicação de forças variáveis e simétricas, bordas de peças de ferro fundido.
KS 4	DIN 1474	Encosto e ajustagem.
KS 6 e 7	–	Ajustagem e fixação de molas e correntes.
KS 9	–	Utilizado nos casos em que se tem necessidade de puxar a cavilha do furo.
KS 10	–	Fixação bilateral de molas de tração ou de eixos de roletes.
KS 8	DIN 1475	Articulação de peças.
KS 11 e 12	–	Fixação de eixos de roletes e manivelas.
KN 4	DIN 1476	Fixação de blindagens, chapas e dobradiças sobre metal
KN 5	DIN 1477	
KN 7	–	Eixo de articulação de barras de estruturas, tramelas, ganchos, roletes e polias.

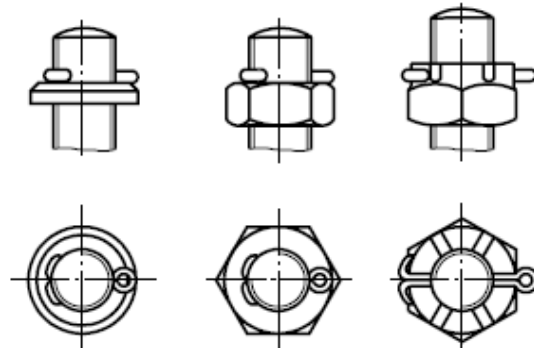


1.4 Contrapino ou cupilha

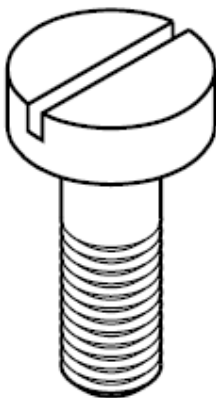


O que é: O contrapino ou cupilha é uma haste ou arame com forma semelhante à de um meio-cilindro, dobrado de modo a fazer uma cabeça circular e tem duas pernas desiguais.

Emprego: Introduz-se o contrapino ou cupilha num furo na extremidade de um pino ou parafuso com porca castelo. As pernas do contrapino são viradas para trás e, assim, impedem a saída do pino ou da porca durante vibrações das peças fixadas.



1.5 Parafusos

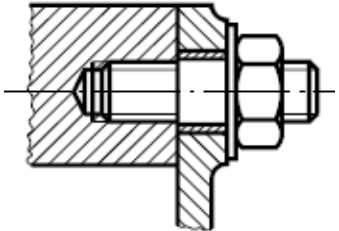


O que é: O parafuso é um elemento de ligação formada por um corpo cilíndrico, sendo cabeça (há parafusos sem) e rosca (há alguns com parte da haste sem rosca).

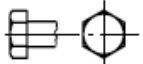
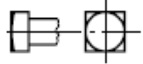
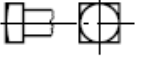
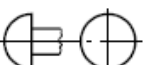
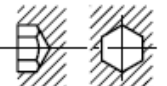
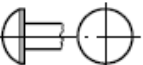
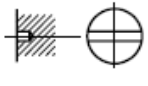
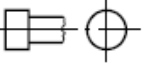
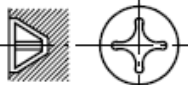
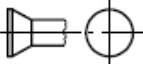
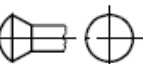
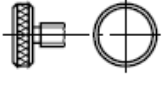
Emprego: É empregado para fixação de peças variadas, de forma não permanente e que podem ser facilmente montadas e desmontadas.

Classificação: Existem quatro grandes grupos de parafusos - passantes, não passantes, de pressão e prisioneiros.

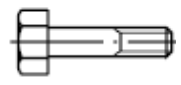
	Passante: atravessam as peças e são fixos com porcas.
	Não passante: a fixação da rosca é feita numa das peças, sem a necessidade de porca.
	Pressão: a pressão é exercida pelas pontas dos parafusos contra a peça a ser fixada.

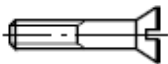
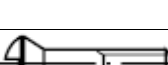
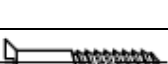
	Prisioneiros: são parafusos sem cabeça roscados em ambas pontas, para peças que exigem montagem e desmontagem freqüentes.
---	--

Tipos: Ver tabela abaixo.

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

Aplicações:

	Cabeça sextavada: usado com ou sem rosca, é aplicado para uniões que necessitam forte aperto (com chave de boca).
	Sextavado interno (Allen): é utilizado em uniões que necessitam forte aperto em locais com pouco espaço para manuseio de ferramentas.
	Sem cabeça e fenda/sextavado interno: é utilizado para travar elementos de máquinas não deixando saliências externas.

	Cabeça escareada chata com fenda: é usado em montagens que não sofrem grandes esforços e cuja cabeça não pode exceder a superfície.
	Cabeça redonda com fenda: usado em montagens que não sofrem grandes esforços, proporcionando bom acabamento superficial.
	Cabeça cilíndrica com fenda: usado na fixação de elementos nos quais existe a possibilidade de se fazer um encaixe profundo para a cabeça do parafuso e bom acabamento superficial.
	Cabeça escareada boleada com fenda: usado na fixação de elementos com pouca espessura ficando a cabeça embutida.
	Rosca soberba (vários tipos de cabeça): usado em madeira e em peças de alvenaria (junto com buchas plásticas).

Cálculos de união: Para união de peças com parafuso, deve-se considerar quatro fatores - profundidade do furo broqueado, profundidade do furo roscado, comprimento útil de penetração do parafuso e diâmetro do furo passante.

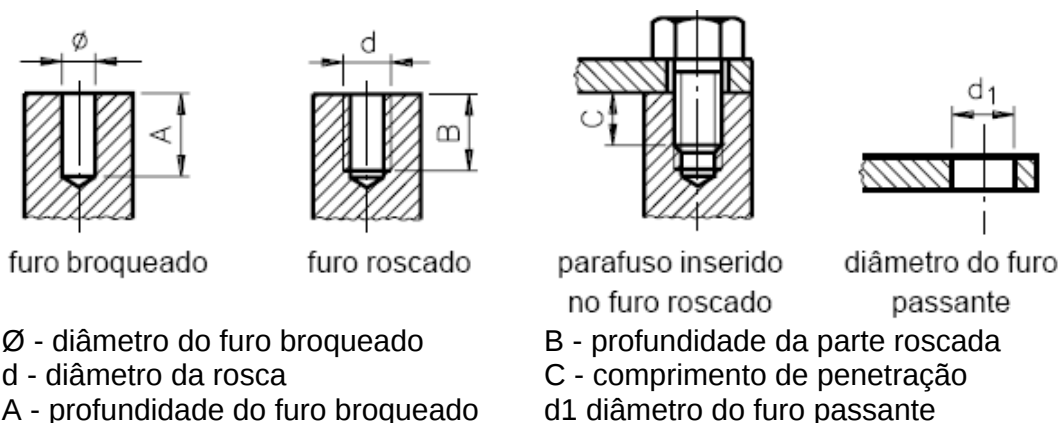
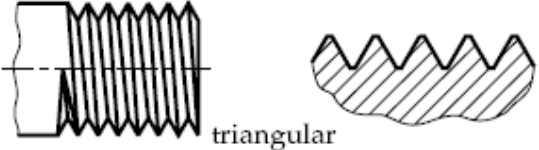
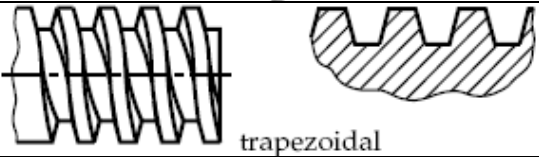
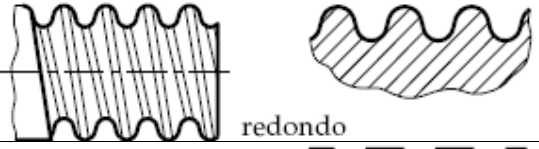


Tabela: Fatores a considerar ao unir peças com parafusos

Material	Profundidade do furo broqueado A	Profundidade da parte roscada B	Comprimento de penetração do parafuso C	Diâmetro do furo passante d1
aço	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	

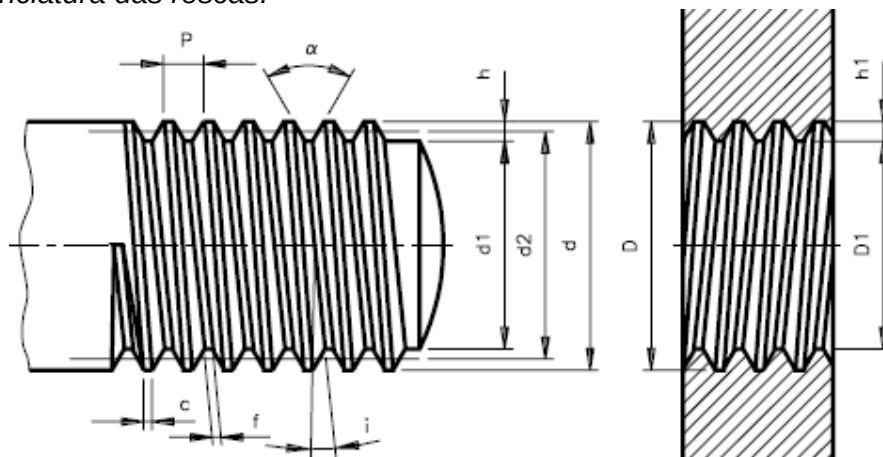
Roscas: O tipo de rosca usada num parafuso irá determinar a sua aplicação. Veja os tipos na tabela abaixo.

 triangular	Parafusos e porcas de fixação na união de peças (ex.: peças e máquinas em geral).
 trapezoidal	Fusos que transmitem movimento suave e uniforme (ex.: máquinas operatrizes).
 redondo	Parafusos de grandes diâmetros sujeitos a grandes esforços (ex.: equipamentos ferroviários).
 quadrado	Fusos que sofrem grandes esforços e choques (ex.: prensas e morsas).
 rosca dente-de-serra	Fusos que exercem grandes esforços num só sentido (ex.: macacos de catraca).

As roscas podem ter dois sentidos: à esquerda (quando o aperto se dá girando o parafuso à esquerda), ou à direita (quando o aperto se dá girando à direita). A grande maioria das roscas são à direita.

Elas ainda podem ter de uma a quatro entradas (aplicado somente a fusos). Quando existem quatro entradas, o máximo de rotação do eixo para entrada da rosca é 90° (isto é, 360° dividido por 4).

Nomenclatura das roscas:



P = passo

d = diâmetro externo

d1 = diâmetro interno

d2 = diâmetro do flanco

α = ângulo do filete

f = fundo do filete

i = ângulo da hélice

c = crista

D = diâmetro do fundo da porca

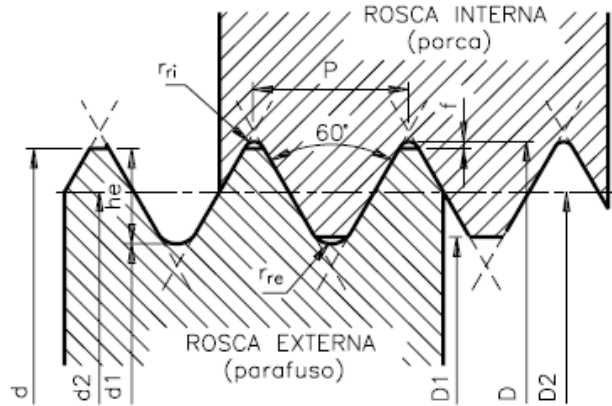
D1 = diâmetro do furo da porca

h1 = altura do filete da porca

h = altura do filete do parafuso

Os três tipos de rosca triangulares mais comuns são a *métrica*, *whitworth* e *americana*. As mais usadas no Brasil são a métrica e a whitworth.

Rosca métrica: É o padrão da norma ISO. Pode ser normal ou fina, sendo que a rosca métrica fina possui maior número de filetes e é usada em casos que é necessária melhor fixação devido a vibrações. Veja as fórmulas:



Ângulo do perfil da rosca:

$$\alpha = 60^\circ$$

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

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

Diâmetro efetivo do parafuso ($\varnothing$ médio):

$$d_2 = D_2 = d - 0,6495P$$

Folga entre a raiz do filete da porca e a crista do filete do parafuso:

$$f = 0,045P$$

Diâmetro maior da porca:

$$D = d + 2f$$

Diâmetro menor da porca (furo):

$$D_1 = d - 1,0825P$$

Diâmetro efetivo da porca ($\varnothing$ médio):

$$D_2 = d_2$$

Altura do filete do parafuso:

$$h_e = 0,61343P$$

Raio de arredondamento da raiz do filete do parafuso:

$$r_{re} = 0,14434P$$

Raio de arredondamento da raiz do filete da porca:

$$r_{ri} = 0,063P$$

Rosca whitworth: É o padrão inglês utilizado também nos EUA. Também possui rosca normal (BSW) e fina (BSF), sendo esta maior número de filetes por polegada. Veja fórmulas abaixo:

Fórmulas:

$$\alpha = 55^\circ$$

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

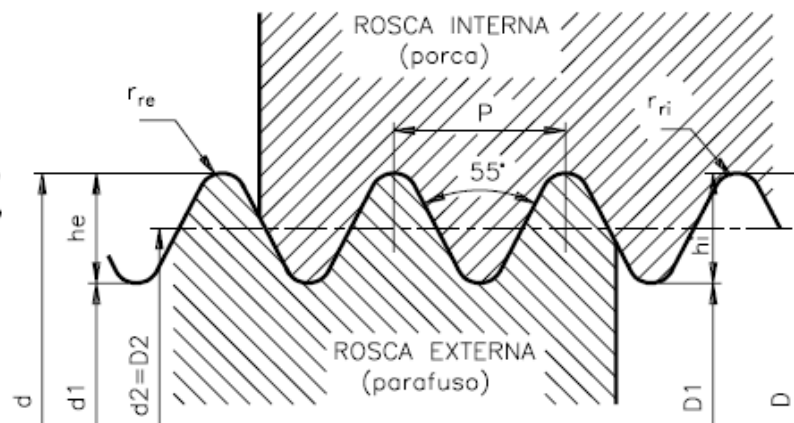
$$h_1 = h_e = 0,6403P$$

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

$$d = D$$

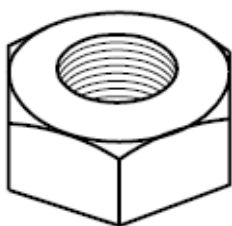
$$d_1 = d - 2h_e$$

$$D_2 = d_2 = d - h_e$$



É comum a consulta a tabelas, que facilitam a obtenção de valores (veja tabela no final da apostila).

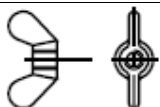
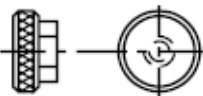
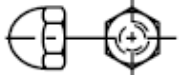
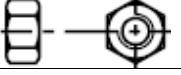
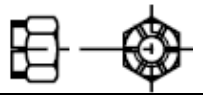
1.6 Porcas



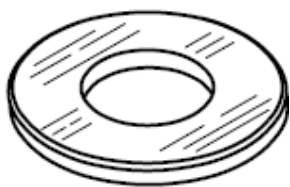
O que é: A porca é uma peça de forma prismática ou cilíndrica com furo roscado através do qual se encaixa o parafuso. É fabricado em metal ou plástico.

Emprego: É usado em conjunto com o parafuso, para a fixação deste.

Tipos: Veja tabela abaixo.

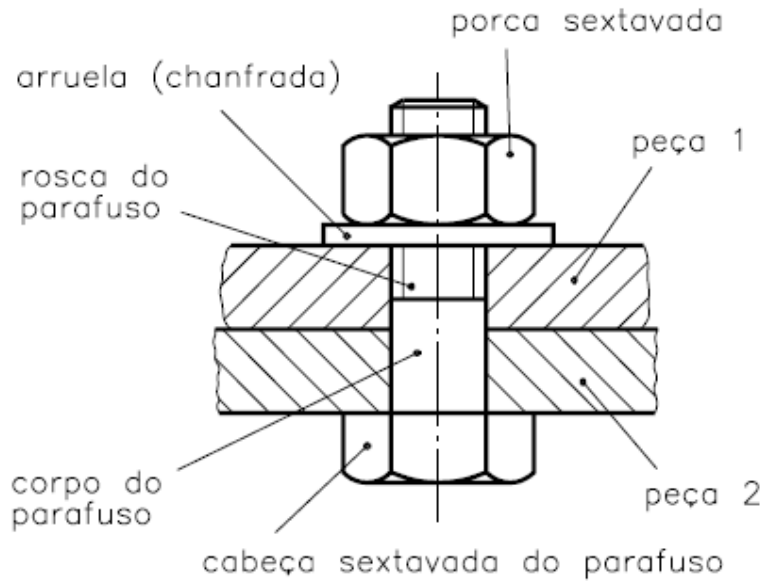
Desenho	Descrição	Aplicação
	Porca borboleta.	Aperto manual (arco de serra).
	Porca recartilhada.	
	Porca cega.	Para bom acabamento.
	Porca quadrada.	Para fixações diversas.
	Porca quadrada.	
	Porca castelo.	Utilizado com cupilha para evitar que vibrações soltem-na.

1.7 Arruelas



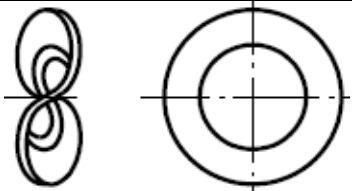
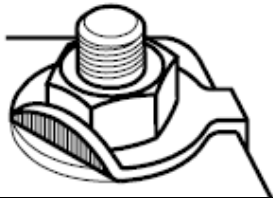
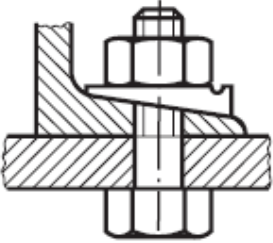
O que é: A arruela é um disco metálico com um furo no centro. O parafuso passa por esse furo.

Emprego: A têm a função de distribuir igualmente a força de aperto entre a porca, o parafuso e as partes montadas.

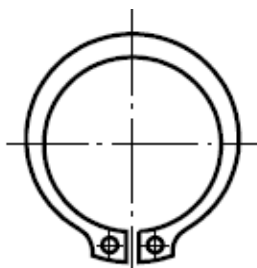


Tipos: Veja tabela abaixo.

Desenho	Descrição	Aplicação
	Arruela lisa.	Distribui igualmente o aperto, sendo utilizado em apertos com pouca vibração.
	Arruela de pressão.	Evita o afrouxamento do parafuso e da porca. Para conjuntos com grandes vibrações e esforços.
	Arruela dentada.	Para conjuntos com grandes vibrações, mas pequenos esforços.
	Arruela serrilhada.	Para conjuntos com grandes vibrações e esforços médios.

	Arruela ondulada.	Similar à anterior, mas usado sobre superfícies pintadas, evitando danificação do acabamento.
	Arruela de travamento com orelha.	Dobra-se a orelha num canto vivo e uma aba num dos cantos do parafuso, evitando que este venha afrouxar.
	Arruela para perfilados.	Compensa o ângulo de perfis, proporcionando maior área de contato com a porca.

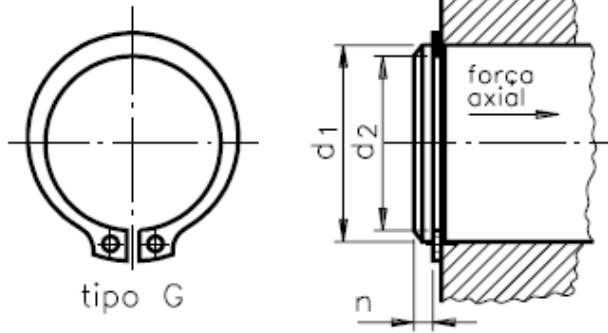
1.8 Anéis elásticos

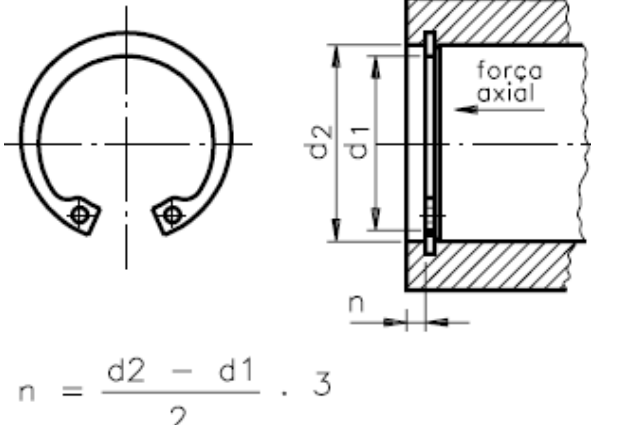
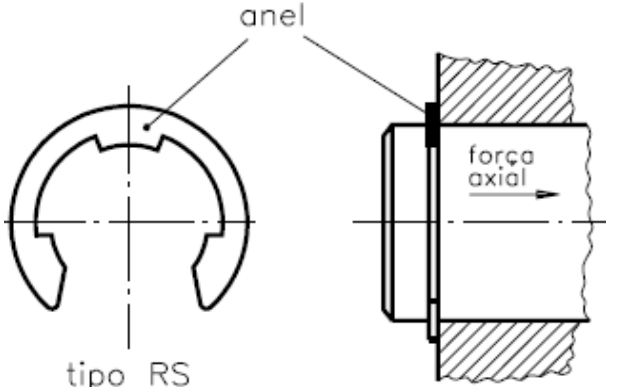
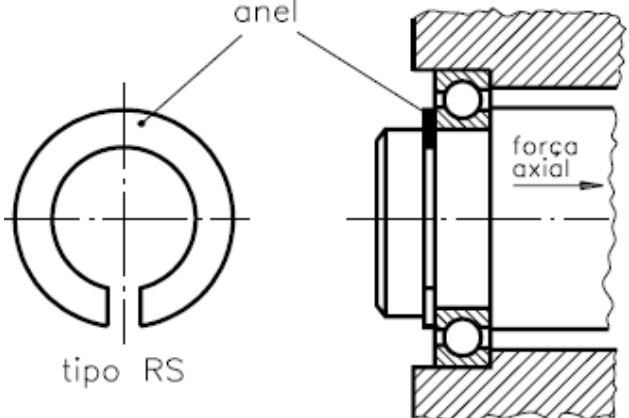
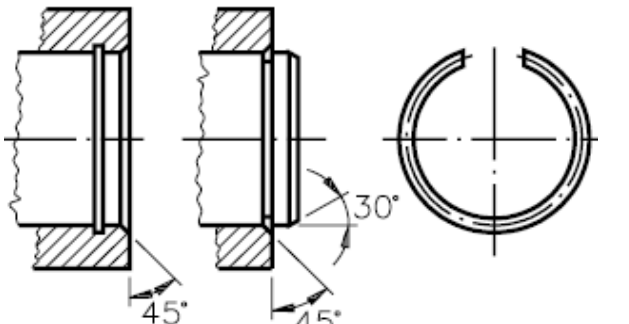


O que é: O anel elástico, conhecido também como anel de trava, retenção ou segurança, é uma espécie de arruela incompleta, cuja abertura serve para que seja encaixada em um ressalto num eixo.

Emprego: É usado para impedir o deslocamento axial de eixos, e também, para posicionar ou limitar o curso de uma peça que desliza sobre um eixo.

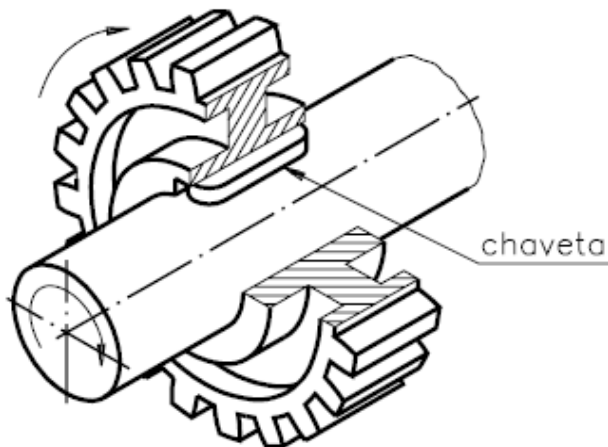
Tipos: Veja tabela abaixo.

Desenho	Aplicação
 tipo G $n = \frac{d1 - d2}{2} \cdot 3$	Para eixos com diâmetro entre 4 e 1000 mm.

 $n = \frac{d2 - d1}{2} \cdot 3$	Para furos com diâmetro entre 9,5 e 1000 mm.
 anel tipo RS	Para eixos com diâmetro entre 8 e 24 mm.
 anel tipo RS	Para eixos com diâmetro entre 4 e 390 mm fixando rolamento.
	Anéis de seção circular são usados para pequenos esforços axiais.

Para facilitar a escolha, existem tabelas para consulta (ver tabela no fim da apostila).

1.9 Chavetas



O que é: A chaveta tem geralmente perfil retangular ou semicircular, podendo ter faces paralelas ou inclinadas, em função da grandeza do esforço e do tipo de movimento que deve transmitir. Alguns autores classificam a chaveta como elementos de fixação e outros autores, como elementos de transmissão. Na verdade, a chaveta desempenha as duas

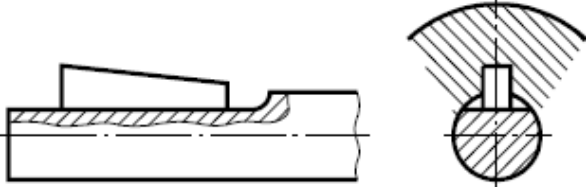
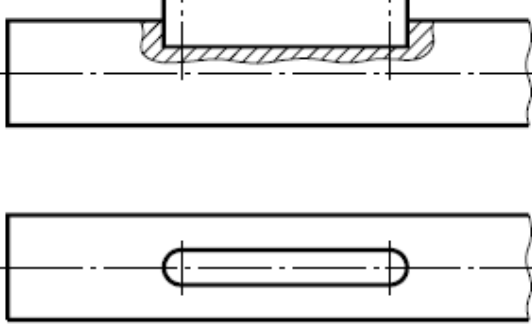
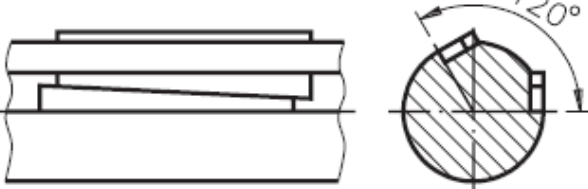
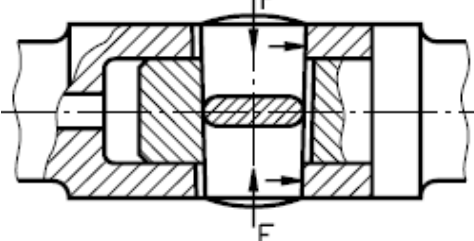
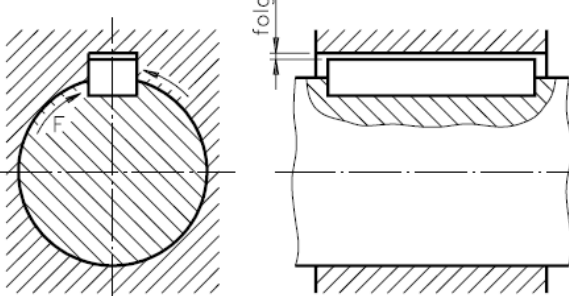
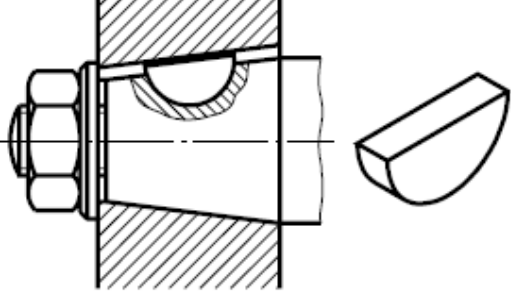
funções.

Emprego: A chaveta se interpõe nas cavidades de um eixo e uma peça, afim de fixar a peça ao eixo e vice-versa. É muito usado para fixação de engrenagens num eixo.

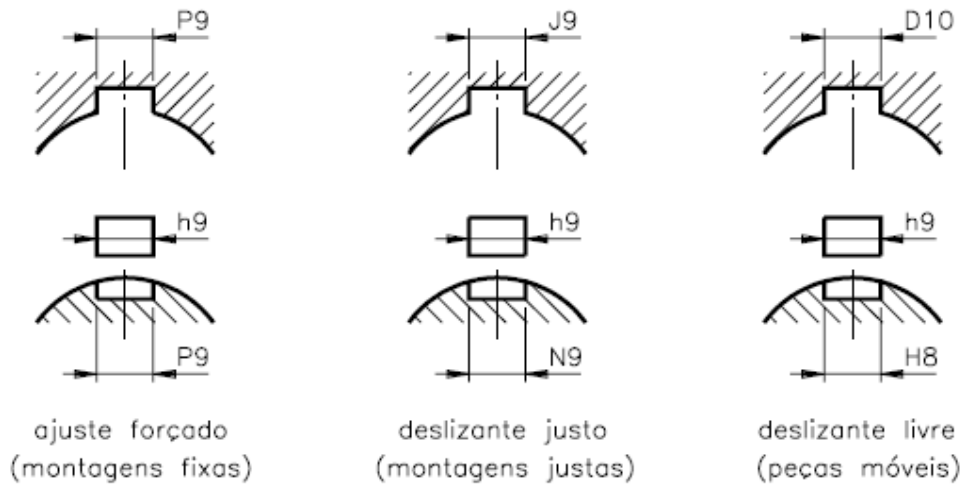
Classificação: As chavetas se classificam em três tipos - de cunha, paralelas e de disco. A de cunha possui uma das faces inclinadas, para facilitar a união. Tais se dividem em longitudinais (colocadas na extensão do eixo para unir roldanas, rodas, volantes, etc) e transversais (união de peças que transmitem movimentos rotativos e retilíneos alternativos). A paralela não possui face inclinada, possuindo folga em sua face superior. A de disco (ou meia lua) é usada em eixos cônicos por se adaptar à conicidade e ter fácil montagem.

Tipos: Ver tabela abaixo.

Desenho	Descrição
	Cunha longitudinal encaixada: é a forma mais simples do tipo cunha. O rasgo do eixo deve ser maior que o comprimento da chaveta.
	Cunha longitudinal meia-cana: possui base côncava com mesmo raio do eixo. O eixo não é rasgado, e a transmissão se dá por atrito. Quando a força é grande, o movimento não é transmitido.

	Cunha longitudinal plana: similar à encaixada, não se abre rasgo no eixo, apenas um rebaixo plano.
	Cunha longitudinal embutida: possui os extremos arredondados e o rasgo do eixo possui a mesma dimensão da chaveta.
	Cunha longitudinal tangencial: é formada por um par de cunhas, sendo usado para fortes cargas com mudanças e golpes.
	Cunha transversal: para peças com movimentos rotativos e retílineos alternativos.
	Paralelas: o ajuste é feito pelas laterais da chaveta, estando a face superior com folga.
	Disco (meia-lua): adapta-se à conicidade.

Tolerâncias: O ajuste da chaveta é feito em função das características do trabalho, sendo três tipos mais comuns.



2. ELEMENTOS ELÁSTICOS

Os elementos elásticos, chamados de molas, são todos aqueles que, pelo formato ou instalação, proporciona movimentação dentro do campo de deformação elástica, ou seja, que se movimenta sem deformar-se permanentemente.

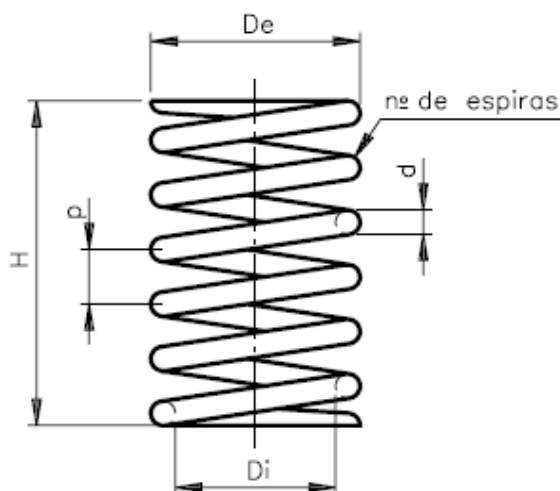
As molas são usadas, principalmente, nos casos de armazenamento de energia (acionar mecanismos de relógios, de brinquedos, de retrocesso das válvulas de descarga e aparelhos de controle), amortecimento de choques (suspensão e pára-choques de veículos, em acoplamento de eixos, proteção de instrumentos sensíveis), distribuição de cargas (estofamentos de poltronas, colchões, estrados de camas, veículos), limitação de vazão (regulam a vazão de água em válvulas e registros e a vazão de gás em bujões ou outros recipientes), preservação de junções ou contatos (preservar peças articuladas, alavancas de contato, vedações, etc. que estejam em movimento ou sujeitas a desgastes).

Os elementos elásticos podem ser classificados quanto à forma geométrica (helicoidais ou planas). Muitas indústrias de molas fabricam por encomenda molas especiais, projetadas de acordo com a necessidade de fixação, espaço, etc, ainda que permanecendo o princípio funcional. A seleção de uma mola depende das respectivas formas e solicitações mecânicas.

2.1 Molas Helicoidais

Em geral são feitas de barra de aço, enrolada em forma de hélice cilíndrica ou cônica. A barra de aço pode ter seção de perfis variados. Em geral, a mola helicoidal é enrolada à direita, podendo ser também à esquerda. É classificada quanto à resistência a esforços (tração, compressão ou torção).

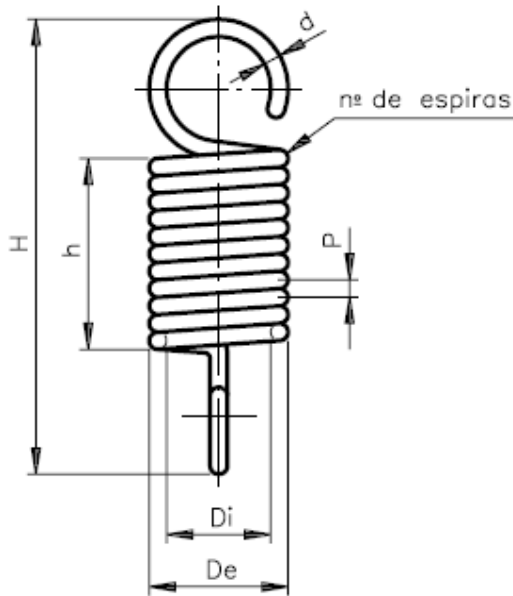
Helicoidal cilíndrica de compressão



Esta mola é muito usada em várias situações, como por exemplo, na absorção de impactos em automóveis.

H - comprimento
 D_e - diâmetro externo
 D_i - diâmetro interno
 d - diâmetro da seção
 p - passo

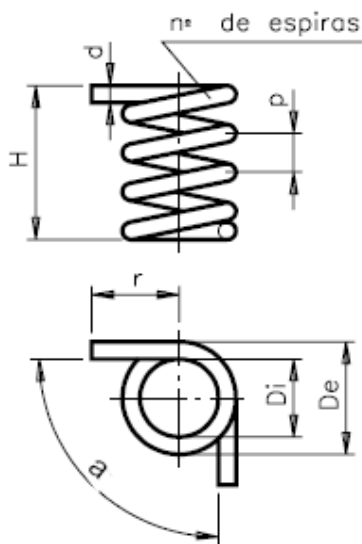
Helicoidal cilíndrica de tração



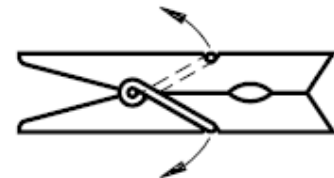
As características são similares à de compressão, havendo diferença apenas no comprimento: um útil (da mola) e um total (incluindo ganchos de fixação).

Aplica-se em casos de necessidade de resistência à esforços de tração.

Helicoidal de torção

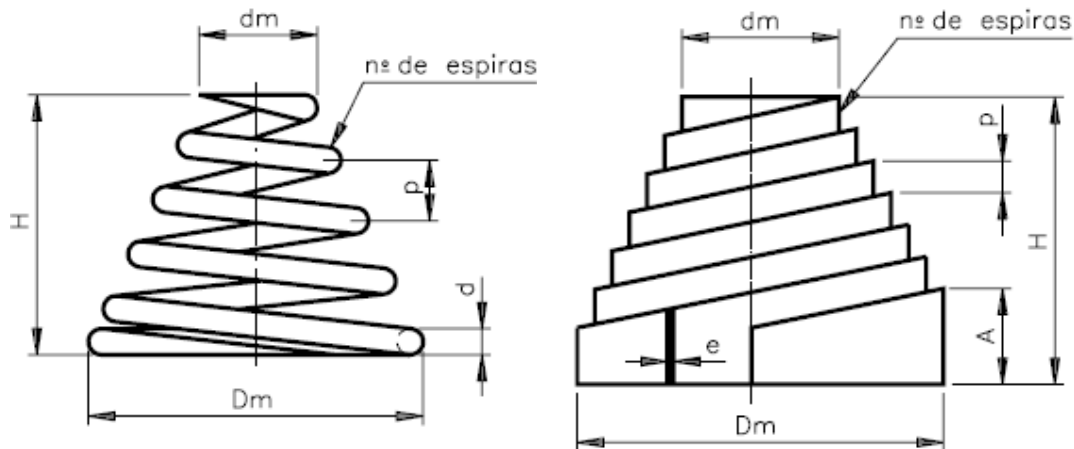


Este tipo de mola possui as seguintes características a mais: comprimento do braço de alavanca (r); e ângulo entre pontas (a).



Helicoidal cônica de compressão

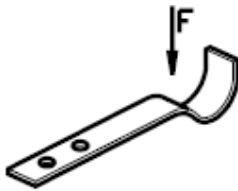
Molas cônicas podem ter seções variadas. Resistem a esforços de compressão e possuem aplicações para projetos específicos.



2.2 Molas Planas

São confeccionadas de material plano ou em fita. Foram projetadas para receberem esforços em um só sentido.

Simplex



Esse tipo de mola é empregado 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 em direção oposta.

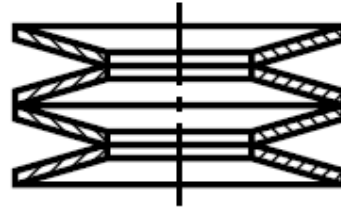
Prato



Em geral, as molas prato funcionam associadas entre si, empilhadas, formando colunas. O arranjo das molas nas colunas depende da necessidade que se tem em vista.



molasses prato acopladas
no mesmo sentido



molasses prato acopladas
em sentido alternado

Feixe de molasses



O feixe de molasses é feito de diversas peças planas de comprimento variável, moldadas de maneira que fiquem retas sob a ação de uma força. É empregado em pequenos espaços (altura), especialmente em veículos pesados (caminhões).

Espiral



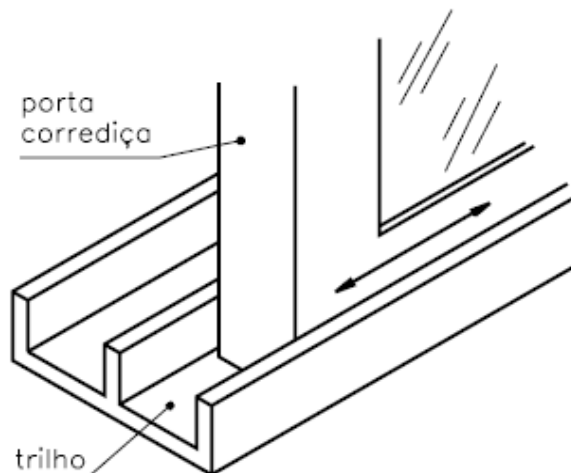
A mola espiral tem a forma de espiral ou caracol. Em geral ela é feita de barra ou de lâmina com seção retangular. A mola espiral é enrolada de tal forma que todas as espiras fiquem concêntricas e coplanares. Esse tipo de mola é muito usado em relógios e brinquedos.

3. ELEMENTOS DE APOIO

São elementos que suportam (apóiam) outros elementos de máquinas. São constituídos por guias e mancais (buchas e rolamentos).

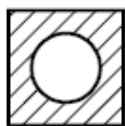
3.1 Guias

Guia é um elemento de máquina que mantém uma trajetória rigorosa de determinadas peças. Um bom exemplo são portas corredeiras que mantêm uma trajetória através de guias. São geralmente fabricados em ferro fundido (pela dureza e auto lubrificação em função da alta taxa de Carbono), mas ainda assim devem ser lubrificadas, mantendo-se uma película lubrificante entre as partes deslizantes.

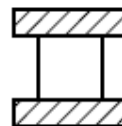


Classificação

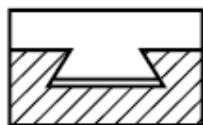
As guias classificam-se em dois tipos: de deslizamento ou de rolamento. No primeiro caso, a peça pode passar por dentro da guia (segundo perfil da peça) ou apenas apoiá-la. Veja alguns exemplos de guias de deslizamento abaixo.



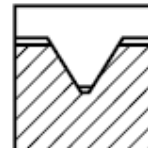
formas cilíndricas



par de faces paralelas

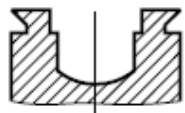
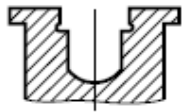
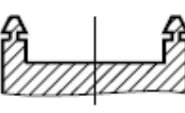
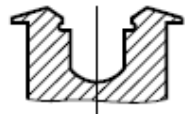
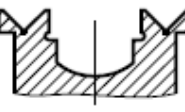
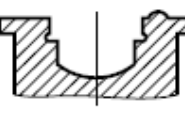
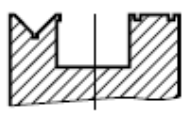


rabo de andorinha



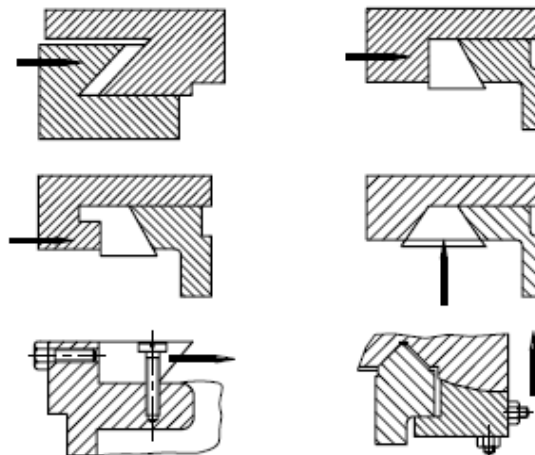
guias prismáticas em V

Em máquinas, as guias são também chamadas de barramentos. Veja quadro a seguir com perfis e aplicações de guias em máquinas:

DENOMINAÇÃO	APLICAÇÃO	FORMA
Rabo de andorinha	Carro porta-ferramenta	
Via plana	Torno-revólver	
Via prismática dupla	Carro longitudinal	
Via em forma de telhado	Guia de mesa	
Via dupla em v	Guia de mesa	
Vias prismáticas e planas	Tornos mecânicos	
Vias plana e em V	Guia de mesa	

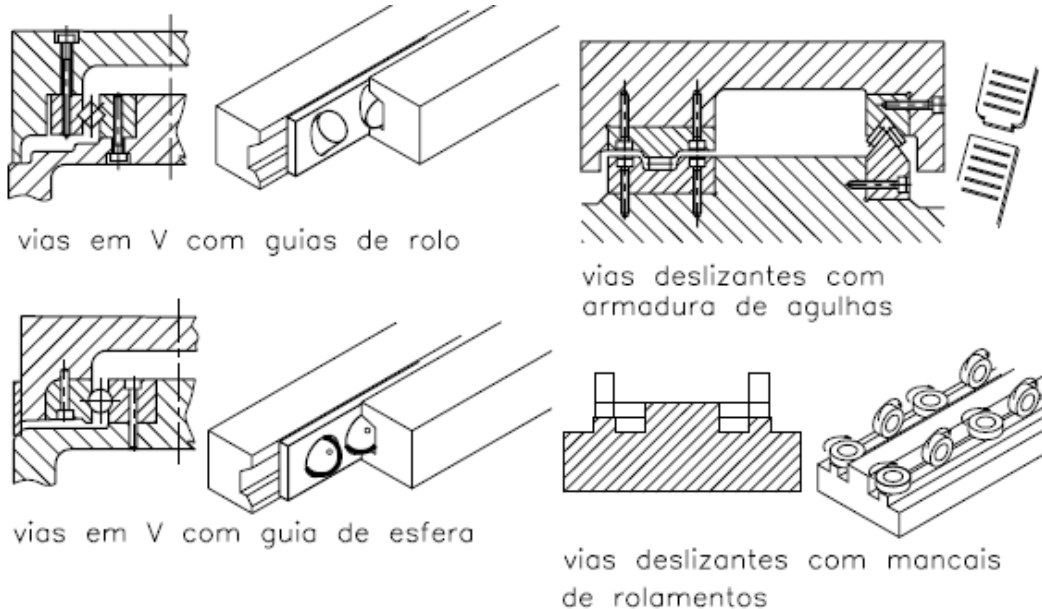
Réguas de Ajuste

Ainda que bem lubrificadas, as guias em contato com as peças geram atrito e desgaste das mesmas. Para compensar o desgaste acentuado, são colocadas réguas de ajuste, que nada mais são do que calços para retirar folgas de guias.



Guias rolantes

Estas guias não se movimentam por escorregamento, mas por rolagem, ou seja, possuem elementos rolantes (rolos, agulhas, esferas). Isso diminui muito o atrito, e conseqüentemente, diminui o desgaste. Atualmente são usadas em máquinas por comando numérico computadorizado (CNC).



3.2 Mancais

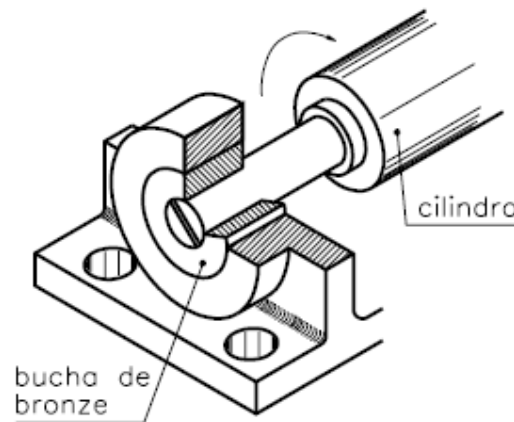
Mancal é o elemento que suporta um eixo qualquer. Podem ser classificados como mancais de deslizamento (buchas) ou mancais de rolamento (rolamentos). O primeiro tipo é utilizado para máquinas pesadas ou equipamentos de baixa rotação, pois a baixa velocidade evita superaquecimento e desgaste pelo grande atrito. A vantagem desse elemento é o baixo custo. O segundo caso possui um custo mais elevado, mas é utilizado para velocidades de média a altíssimas, devido ao baixo atrito gerado pela rolagem dos elementos rolantes. A escolha entre um mancal e outro dependerá do custo x benefício que há entre um e outro.

VANTAGENS DE CADA TIPO DE MANCAL	
Buchas	Rolamentos
- Menor sensibilidade a choques	- Menor atrito e aquecimento
- Menor custo de fabricação	- Baixa exigência de lubrificação
- Tolerâncias maiores	- Pequeno aumento de folga em vida útil
- Suporta cargas elevadas	- Intercambialidade internacional

3.2.1 Buchas

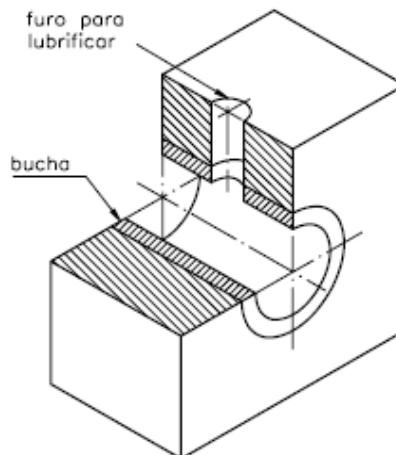
As buchas são elementos de máquinas de forma cilíndrica ou cônica que servem para apoiar eixos. Tais elementos foram criados a fim de evitar o atrito peça-peça e conseqüente desgaste entre as mesmas. Sendo constituída de material com baixo coeficiente de atrito (ligas metálicas como bronze ou materiais plásticos), causam menos desgaste, além de serem peças de menor custo quando comparadas às que suporta. Isto quer dizer que, é mais fácil trocar uma bucha de material barato que a cada tempo ter de trocar ou retificar um eixo.

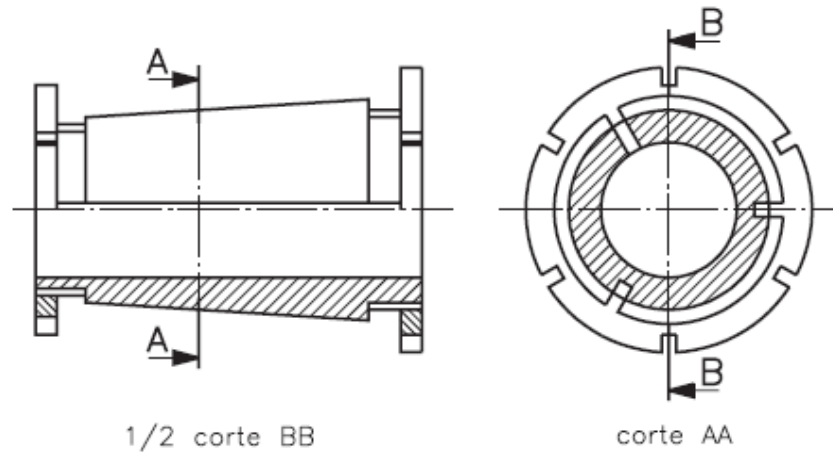
Nos casos em que o eixo desliza dentro da bucha, deve haver lubrificação. São classificadas em radiais (para esforços transversais), axiais (para esforços normais) ou mista.



Buchas Radiais

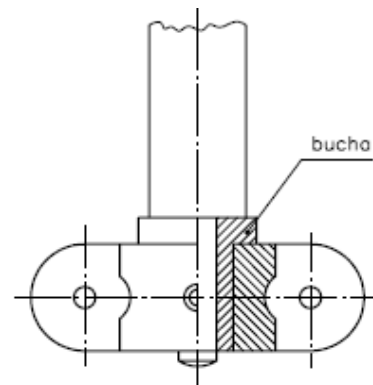
Essas buchas podem ter várias formas. As mais comuns são feitas de um corpo cilíndrico furado, sendo que o furo possibilita a entrada de lubrificantes. São usadas em peças para cargas pequenas e em lugares onde a manutenção seja fácil. Em alguns casos, essas buchas são cilíndricas na parte interior e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





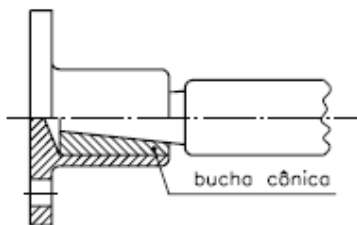
Buchas Axiais

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



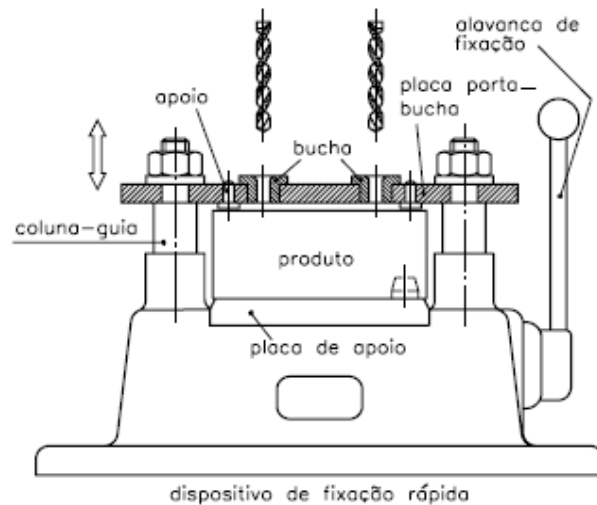
Mista (cônica)

Esse tipo de bucha é usado para suportar um eixo do qual se exigem esforços radiais e axiais. Quase sempre essas buchas requerem um dispositivo de fixação e, por isso, são pouco empregadas.



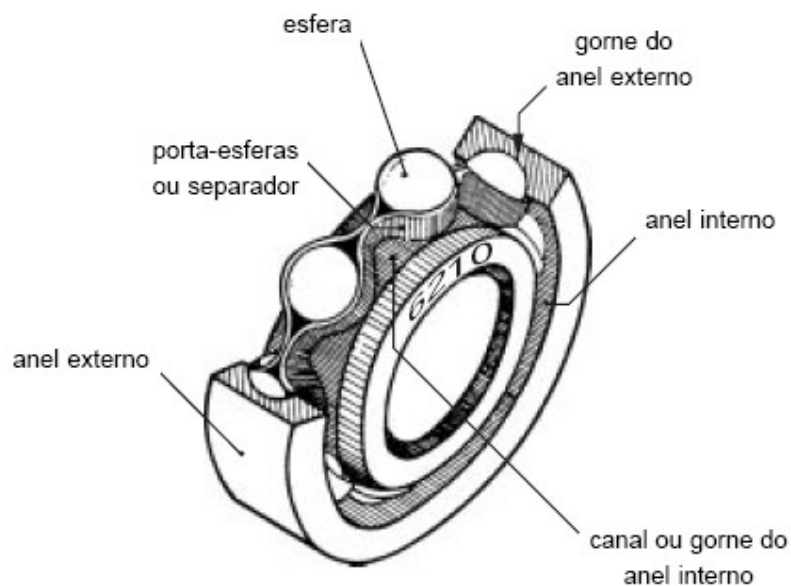
Buchas Guias

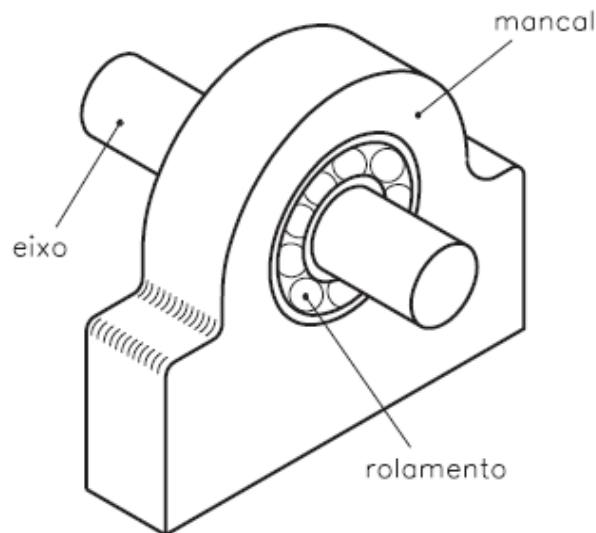
As buchas também servem como guias para furação e alargamento, sendo chamadas, neste caso, de buchas-guia. Instaladas em placas porta buchas, proporcionam posição correta de usinagem. São elementos de precisão, sujeitas a desgaste por atrito. Por isso, elas são feitas em aço duro com baixa rugosidade superficial, às vezes retificada.



3.2.2 Rolamentos

São elementos criados com a finalidade de diminuir ao máximo as perdas de energia causadas pelo atrito. São geralmente constituídos de dois anéis concêntricos, entre os quais são colocados elementos rolantes como esferas, roletes e agulhas. O anel externo é fixado num mancal externo, enquanto que o anel interno é fixo no eixo.



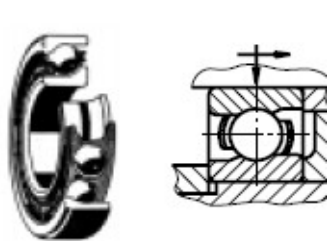
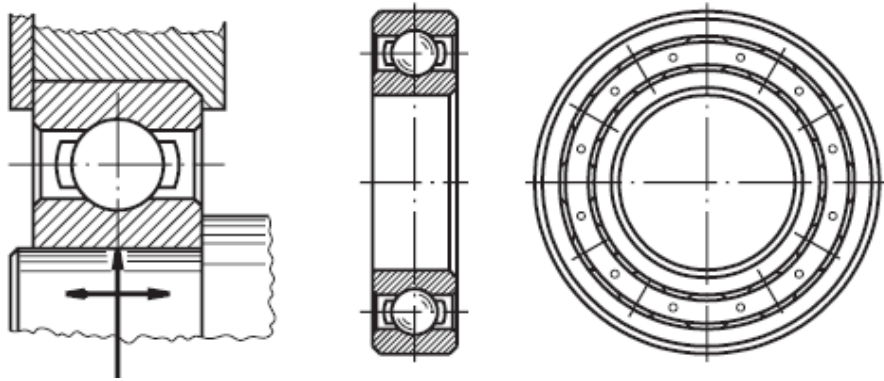


Em geral a normalização do rolamento é feito pelo diâmetro interno (diâmetro do eixo). E para cada diâmetro são definidas séries com base nas cargas a serem aplicadas (leves, médias ou pesadas). São classificados em: radiais, axiais ou mistos.

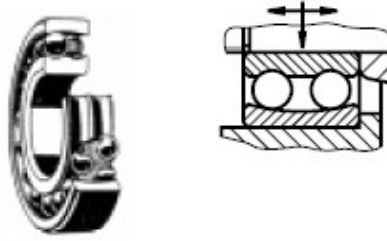
Radiais: Impedem o deslocamento no sentido transversal do eixo.	Axiais: Impedem o deslocamento no sentido axial do eixo.	Mistos: Suportam tanto cargas axiais (num dado sentido) como transversais.

TIPOS (conforme elementos rolantes):

Esferas: Para rotações mais elevadas com cargas leves à médias (bicicletas, motores elétricos, automóveis, etc). Podem ser de uma ou duas carreiras de esferas (para cargas mais elevadas). Podem possuir placas de proteção/vedação, que não necessita de lubrificação. Pode ainda ter contato angular das esferas, para suportar certa carga axial (usado por exemplo em furadeiras). E pode ainda ser auto compensador, que pode suportar um pequeno deslocamento angular do eixo, como resultado da flexão do mesmo.

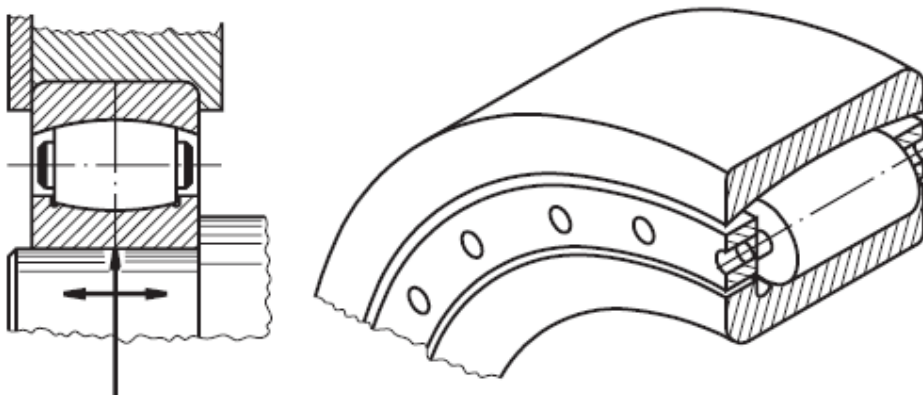


Contato angular

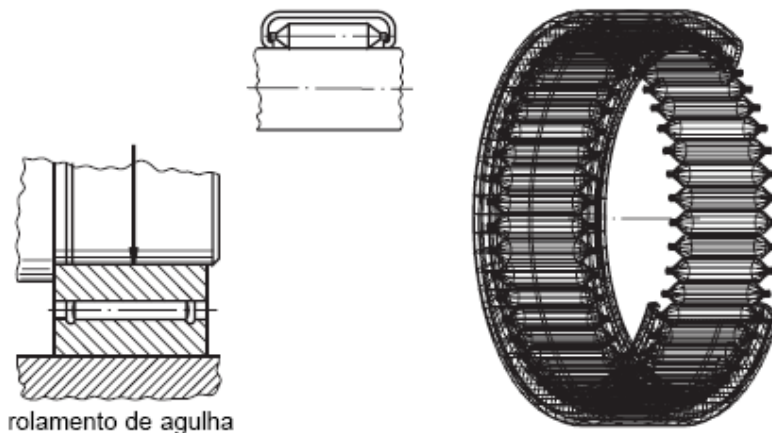


Auto compensador

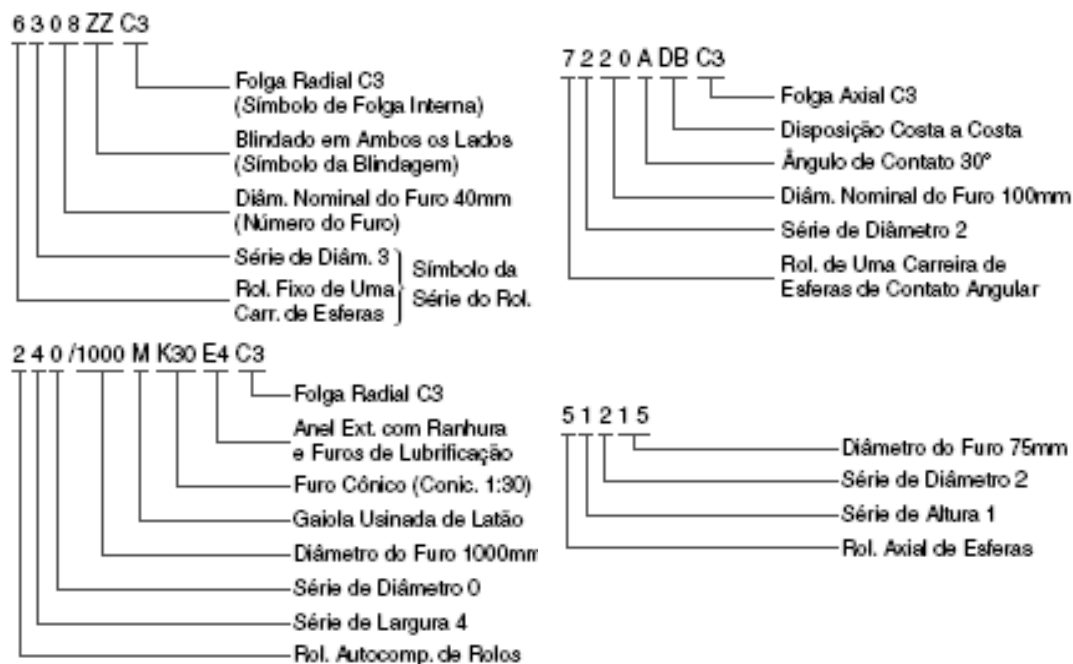
Rolos: Cilindros, rolos cônicos ou barriletes para maior carga e menor velocidade (caminhões, etc). os rolos podem ter formato de barriletes, sendo utilizado como rolamento auto-compensador, suportando deslocamentos angulares em ambas direções. Podem possuir mais de uma carreira, sendo sua aplicação em máquinas pesadas e laminadores. No caso de utilização de rolos cônicos, a aplicação se dá para cargas radiais e axiais ao mesmo tempo.



Agulhas: Indicados para carga não constante e espaço radial limitado. Pode ser usado sem os dois anéis, já que está fixo em uma “gaiola”.



Nomenclatura: Os números de identificação dos rolamentos são designações que expressam, o tipo do rolamento, as dimensões principais, a precisão dimensional e de giro, a folga interna e outras especificações, sendo constituídos pelo número básico e símbolos suplementares alfanuméricos. As dimensões principais dos rolamentos normalmente usados, em grande parte dos casos, são baseadas no plano geral das dimensões principais da norma ISO, os números de identificação destes rolamentos normais são regulamentados pela JIS B 1513 (Números de Identificação dos Rolamentos). No final da apostila há uma tabela com símbolos das séries de rolamentos (dimensões e tipos). Veja alguns exemplos de nomenclatura.



Defeitos:

Os defeitos comuns ocorrem por:

- desgaste;
- fadiga;
- falhas mecânicas.

1. Desgaste

O desgaste pode ser causado por:

- deficiência de lubrificação;
- presença de partículas abrasivas;
- oxidação (ferrugem);
- desgaste por patinação (girar em falso);
- desgaste por brinelamento.

2. Fadiga

A origem da fadiga está no deslocamento da peça, ao girar em falso. A peça se descasca, principalmente nos casos de carga excessiva. Descascamento parcial revela fadiga por desalinhamento, ovalização ou por conificação do alojamento.

3. Falhas mecânicas

	O brinelamento é caracterizado por depressões correspondentes aos roletes ou esferas nas pistas do rolamento. Resulta de aplicação da pré-carga, sem girar o rolamento, ou da prensagem do rolamento com excesso de interferência.
	Goivagem é defeito semelhante ao anterior, mas provocado por partículas estranhas que ficam prensadas pelo rolete ou esfera nas pistas.
	Sulcamento é provocado pela batida de uma ferramenta qualquer sobre a pista rolante.
	Queima por corrente elétrica é geralmente provocada pela passagem da corrente elétrica durante a soldagem. As pequenas áreas queimadas evoluem rapidamente com o uso do rolamento e provocam o deslocamento da pista rolante.
	As rachaduras e fraturas resultam, geralmente, de aperto excessivo do anel ou cone sobre o eixo. Podem, também, aparecer como resultado do girar do anel sobre o eixo, acompanhado de sobrecarga.
-	O engripamento pode ocorrer devido a lubrificante muito espesso ou viscoso. Pode acontecer, também, por eliminação de folga nos roletes ou esferas por aperto excessivo.

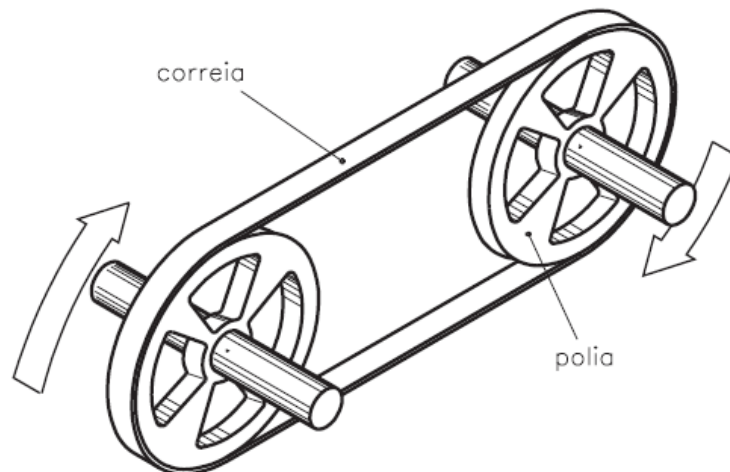
Inspeção visual do estado de um rolamento:

Som	Suave	Rolamento bom.
	Metálico uniforme	Necessita lubrificação.
	Metálico não uniforme	Deve-se trocar
Temperatura	Alta	Falta ou excesso de lubrificante, sujeira, sobrecarga, fadiga, folga ou pressão.
Observação	Vazamento de lubrificante	Trocar vedadores e lubrificante.

4. ELEMENTOS DE TRANSMISSÃO

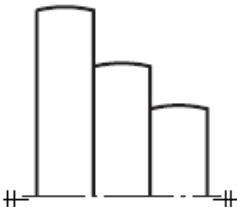
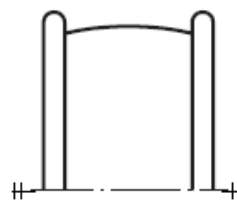
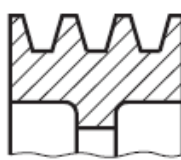
4.1 Polia e Correia

A correia é um elemento de máquina que transmite rotação entre eixos através de polias, que são peças cilíndricas movimentadas por rotação de eixos.



Polias: As polias são classificadas de acordo com sua superfície de contato com a correia, sendo planas (reta ou abaulada) ou trapezoidais (em “V”). A escolha depende da aplicação, por exemplo, a polia reta conserva melhor a correia, enquanto a abaulada guia melhor a correia. Veja os tipos na tabela abaixo.

		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

Correias: As correias mais utilizadas são as planas e a trapezoidal. São escolhidas correias trapezoidais no lugar de planas quando se quer: evitar deslizamento; utilizar polias bem próximas; eliminar ruídos e choques (típicos de correias planas). Para se eliminar totalmente o risco de deslizamento, utiliza-se correia dentada (caso do comando de válvulas nos automóveis).

São construídos geralmente de materiais poliméricos, e no caso de polias trapezoidais, possuem revestimento de lona e cordonéis em seu interior, para aumentar a resistência à tração.

Transmissão: É possível rotacionar as polias na mesma direção ou sentido inverso, dependendo da montagem da correia. É possível também transmitir movimento em eixos não paralelos, conforme o desenho abaixo.



A relação de transmissão (i) não deve ser maior que 6 para correias planas e maior que 10 para correias trapezoidais. A relação de transmissão (i)

é calculada dividindo as frequências (rotações por um período de tempo) ou os diâmetros das polias. Isso se deve ao fato de que as velocidades tangenciais das polias ser a mesma.

sendo $V = \pi \cdot \varnothing \cdot N$

e $V_1 = V_2$,

então $\pi \cdot \varnothing_1 \cdot N_1 = \pi \cdot \varnothing_2 \cdot N_2$

e $i = \varnothing_2 / \varnothing_1 = N_1 / N_2$

Onde: V = velocidade tangencial das polias;

i = relação de transmissão;

$\varnothing_1$ = diâmetro da polia 1;

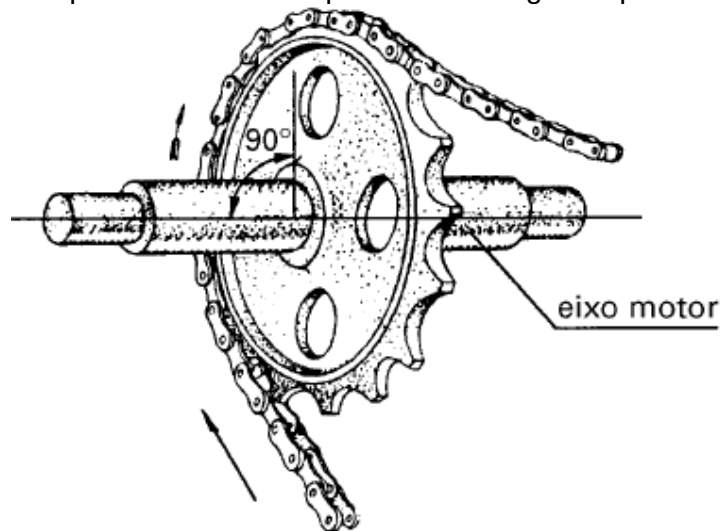
$\varnothing_2$ = diâmetro da polia 2;

N_1 = rotação da polia 1;

N_2 = rotação da polia 2.

4.2 Correntes

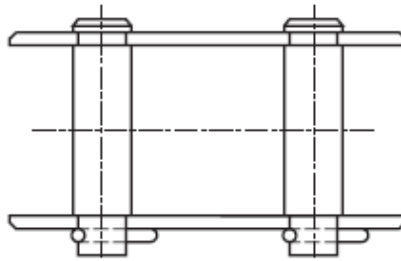
São elementos de transmissão, geralmente metálicos, constituídos de uma série de anéis ou elos. Existem vários tipos de corrente e cada tipo tem uma aplicação específica. Podem suportar mais carga do que as correias.



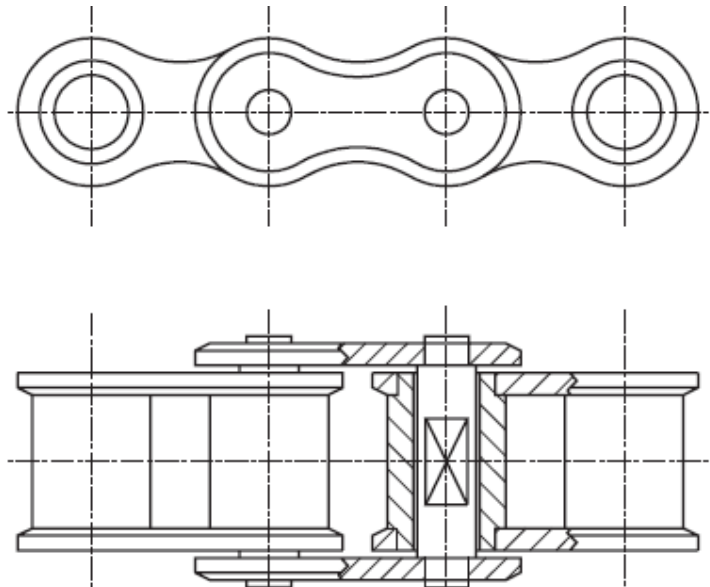
A transmissão ocorre por meio do acoplamento dos elos da corrente com os dentes da engrenagem. A junção desses elementos gera uma pequena oscilação durante o movimento. Isso pode ser reduzido com uso de amortecedores especiais.

Corrente de rolo: São constituídos de pinos e talas, sendo aqueles travados nestes com cupilhas ou pinos elásticos. Os rolos ficam sobre buchas. São utilizadas em casos em que é necessária a aplicação de grandes esforços para

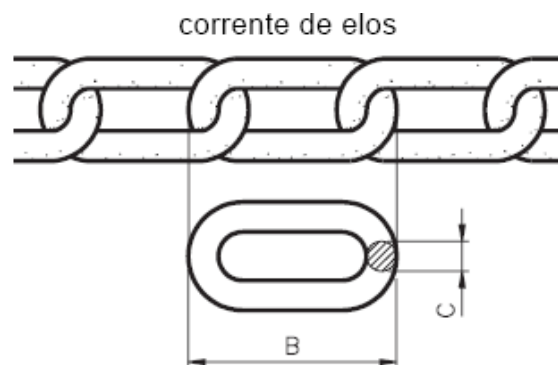
baixa velocidade como, por exemplo, na movimentação de rolos para esteiras transportadoras.



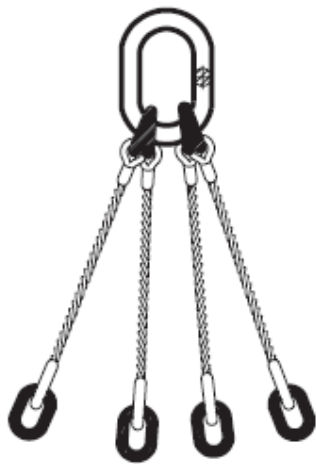
Corrente de buchas: Essa corrente não tem rolos. Por isso, os pinos e as buchas são feitos com diâmetros maiores, o que confere mais resistência a esse tipo de corrente do que à corrente de rolo. Entretanto, a corrente de bucha se desgasta mais rapidamente e provoca mais ruído.



Corrente de elos: São constituídas de simples elos de aço. Sua utilização se dá para o transporte de grandes cargas e com baixa velocidade.

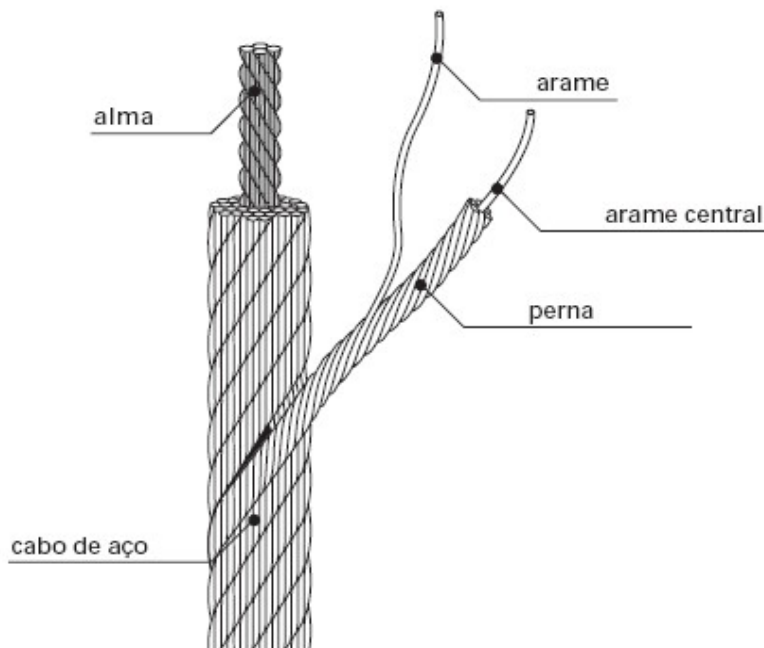


4.3 Cabos de Aço



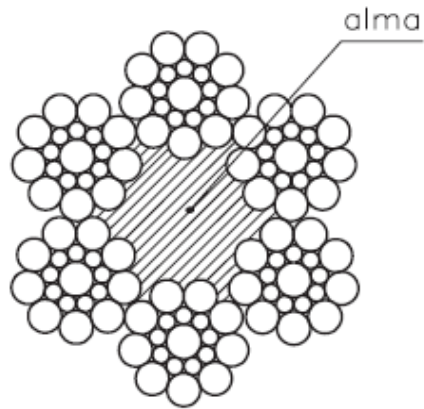
Os cabos são elementos que transmitem movimento e suportam grandes cargas (força de tração), deslocando-as nas posições horizontal, vertical ou inclinada. São muito empregados em equipamentos de transporte e na elevação de cargas, como em elevadores, escavadeiras e pontes rolantes. A fixação das extremidades se dá por meio de ganchos ou laços (formados pelo trançamento do próprio cabo). Os cabos são normatizados e possuem limites de cargas tabeladas pelos fabricantes.

Estrutura: São fabricados com arame de aço trefilado a frio. Inicialmente, o arame é enrolado de modo a formar pernas. Depois as pernas são enroladas em espirais em torno de um elemento central, chamado núcleo ou alma. Veja desenho abaixo:

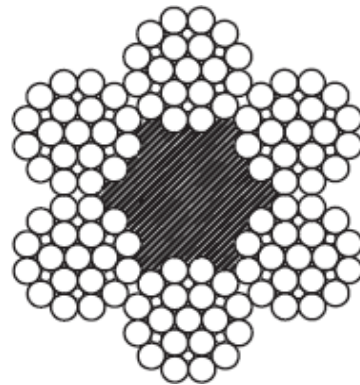


Tipos de distribuição dos fios: Existem vários tipos, sendo os mais comuns os seguintes:

- Distribuição normal: todos os fios possuem o mesmo diâmetro.
- Distribuição seale: as camadas são alternadas em fios grossos e finos.
- Distribuição filler: As pernas contêm fios de diâmetro pequeno que são utilizados como enchimento dos vãos dos fios grossos.
- Distribuição warrington: Os fios das pernas têm diâmetros diferentes numa mesma camada.



Distribuição seale



Distribuição filler

Tipos de almas: Podem ser de vários materiais, dependendo da aplicação.

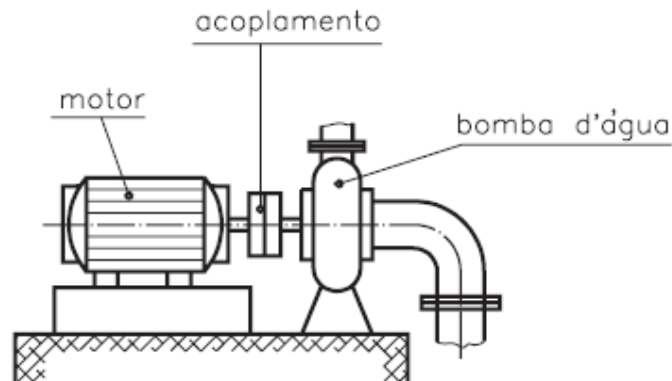
- Fibra: é o mais utilizado para cargas não muito pesadas, podendo ser naturais (sisal ou rami) ou artificiais (polipropileno).
- Algodão: é o mais utilizado em cabos de pequena dimensão.
- Asbesto: utilizado em cabos especiais, sujeitos a altas temperaturas.
- Aço: para grandes cargas.

Tipos de torção:

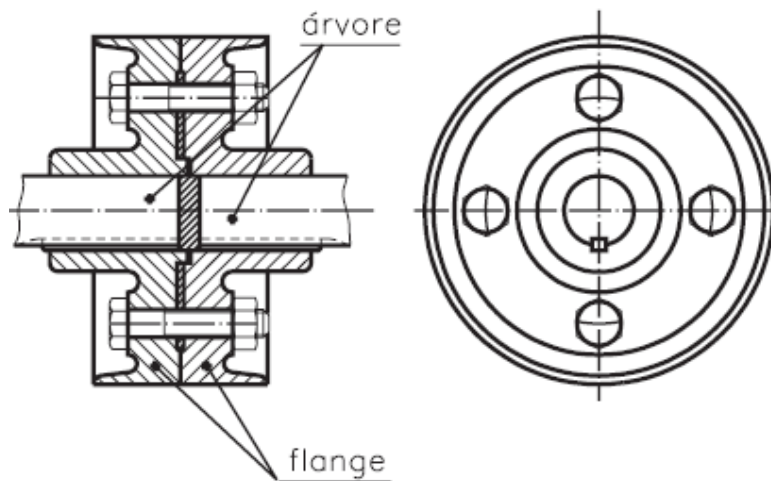
Desenho	Descrição	Vantagem
	Os fios de cada perna são torcidos no sentido oposto ao das pernas ao redor da alma. As torções podem ser à esquerda ou à direita.	Esse tipo de torção confere mais estabilidade ao cabo.
	Os fios de cada perna são torcidos no mesmo sentido das pernas que ficam ao redor da alma. As torções podem ser à esquerda ou à direita.	Esse tipo de torção aumenta a resistência ao atrito (abrasão) e dá mais flexibilidade.

4.4 Acoplamento

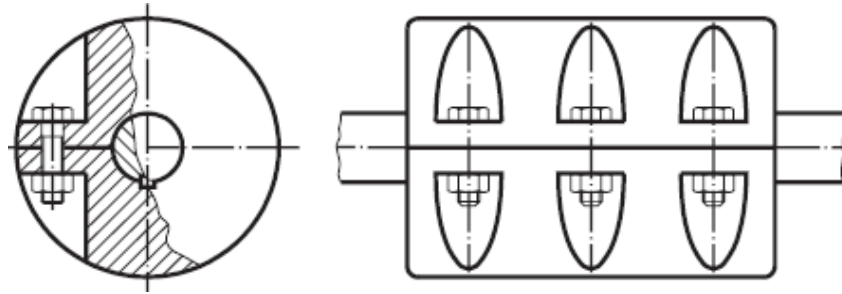
É um conjunto mecânico que transmite movimento entre duas árvores ou eixos. Podem ser fixos (unem árvores como se fossem peça única), elásticos (suavizam movimentos bruscos e admitem desalinhamento paralelo e/ou angular) ou móveis (somente acoplam com movimentação através de acionamento).



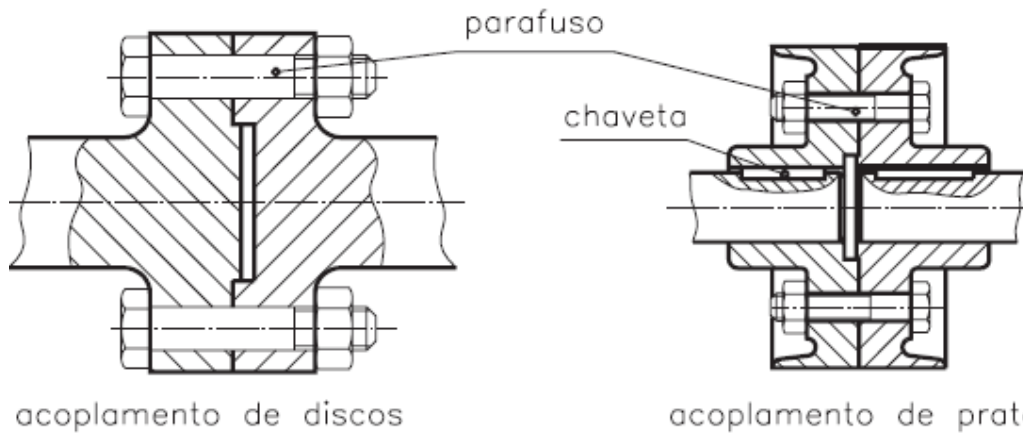
Fixo com flanges parafusadas: é próprio para a transmissão de grande potência em baixa velocidade.



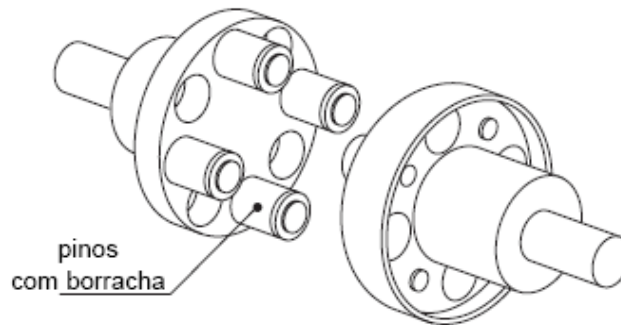
Fixo com luva de compressão ou de aperto: Esse tipo de luva facilita a manutenção de máquinas e equipamentos, com a vantagem de não interferir no posicionamento das árvores, podendo ser montado e removido sem problemas de alinhamento.



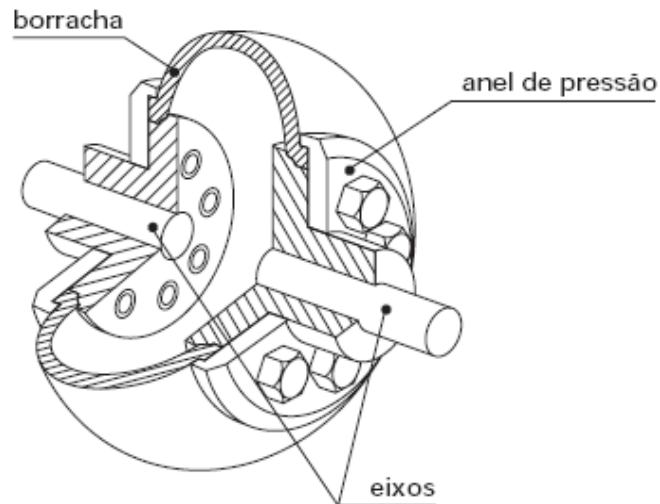
Fixo de discos ou pratos: Empregado na transmissão de grandes potências em casos especiais, como, por exemplo, nas árvores de turbinas. As superfícies de contato nesse tipo de acoplamento podem ser lisas ou dentadas.



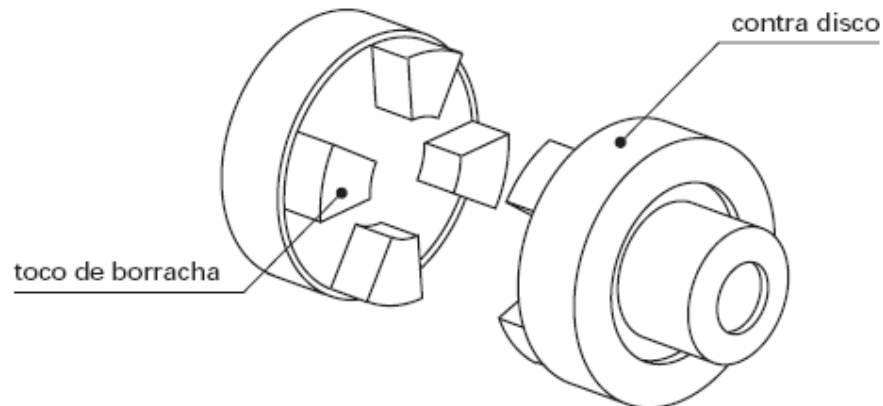
Elástico de pinos: Os elementos transmissores são pinos de aço com mangas de borracha.



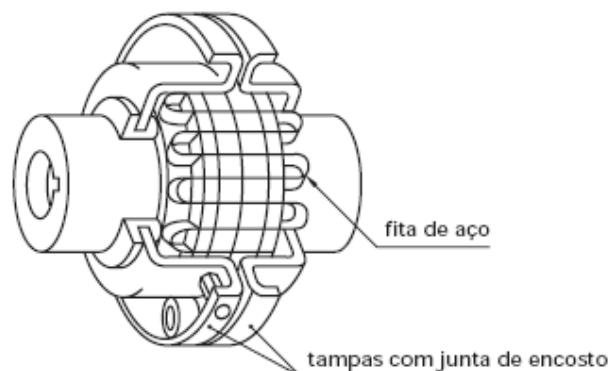
Elástico perflex: Os discos de acoplamento são unidos perifericamente por uma ligação de borracha apertada por anéis de pressão. Esse acoplamento permite o jogo longitudinal de eixos.



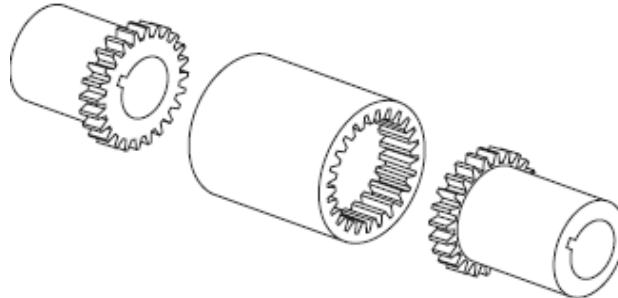
Elástico de garras: As garras, constituídas por tocos de borracha, encaixam-se nas aberturas do contradisco e transmitem o movimento de rotação.



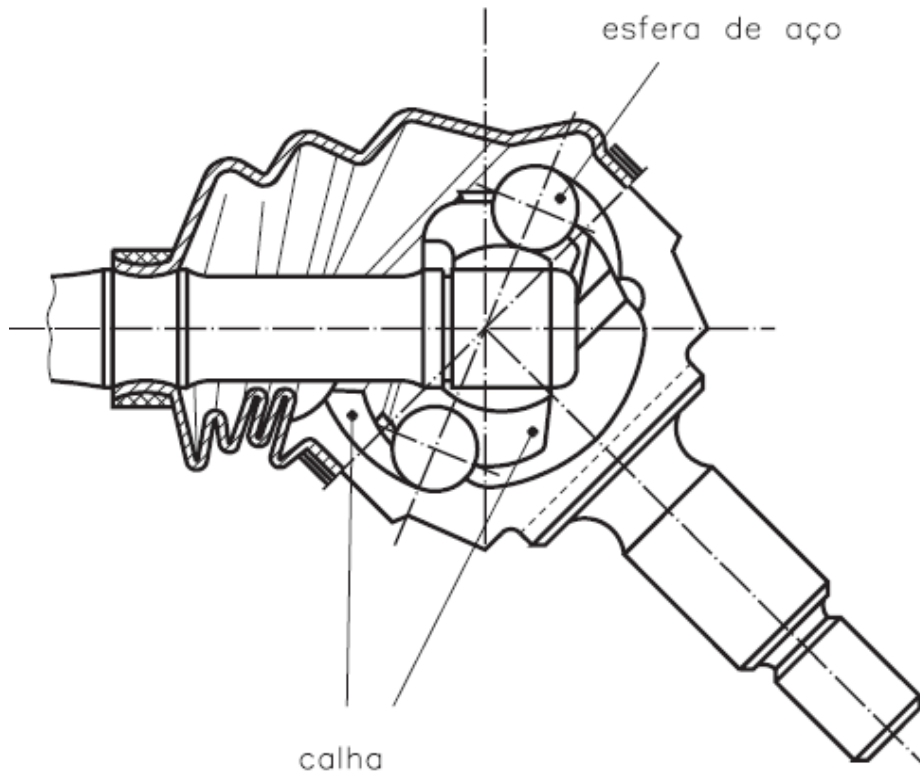
Elástico de fita de aço: Consiste de dois cubos providos de flanges ranhuradas, nos quais está montada uma grade elástica que liga os cubos. O conjunto está alojado em duas tampas providas de junta de encosto e de retentor elástico junto ao cubo. Todo o espaço entre os cubos e as tampas é preenchido com graxa. Apesar de esse acoplamento ser flexível, as árvores devem estar bem alinhadas no ato de sua instalação para que não provoquem vibrações excessivas em serviço.



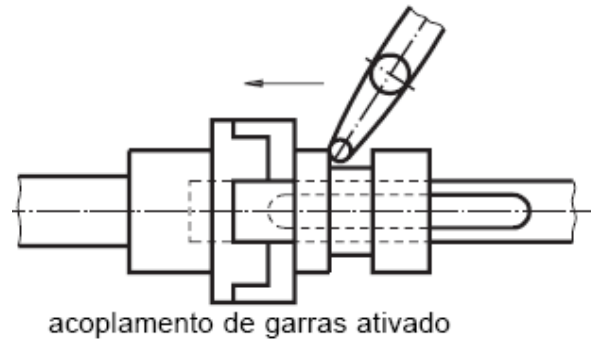
Elástico de dentes arqueados: Os dentes possuem a forma ligeiramente curvada no sentido axial, o que permite até 3 graus de desalinhamento angular. O anel dentado (peça transmissora do movimento) possui duas carreiras de dentes que são separadas por uma saliência central.



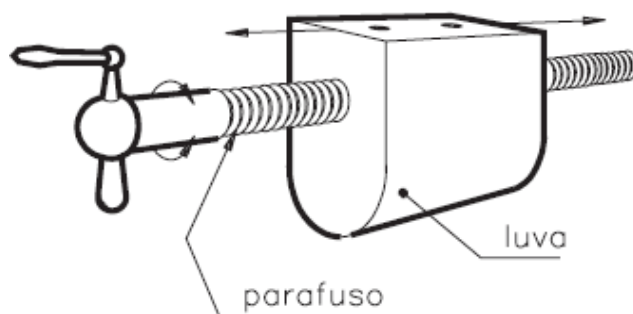
Elástico junta homocinética: Esse tipo de junta é usado para transmitir movimento entre árvores que precisam sofrer variação angular, durante sua atividade. Essa junta é constituída de esferas de aço que se alojam em calhas.



Móveis de garras ou dentes: a rotação é transmitida por meio do encaixe das garras ou de dentes. Geralmente, esses acoplamentos são usados em aventais e caixas de engrenagens de máquinas-ferramenta convencionais.



4.5 Roscas

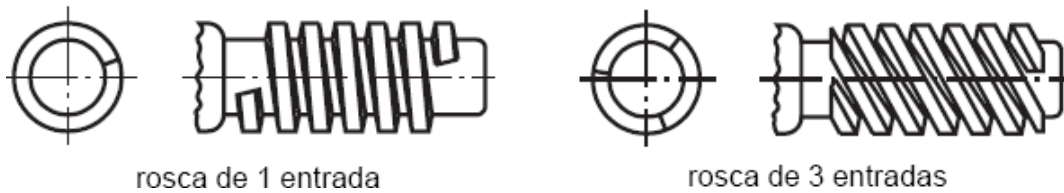


São saliências de perfil constante, em forma de hélice (helicoidal). As roscas se movimentam de modo uniforme, externa ou internamente, ao redor de uma superfície cilíndrica ou cônica. As saliências são denominadas filetes. Existem roscas de transporte ou movimento que transformam o

movimento giratório num movimento longitudinal. Essas roscas são usadas, normalmente, em tornos e prensas, principalmente quando são freqüentes as montagens e desmontagens.

Roscas de perfil quadrado: Esse tipo de perfil é usado em equipamentos e máquinas que sofrem grandes esforços (ex.: prensas e morsas). Possibilita o uso de roscas múltiplas (até quatro entradas), que realiza avanço axial maior por volta completa.

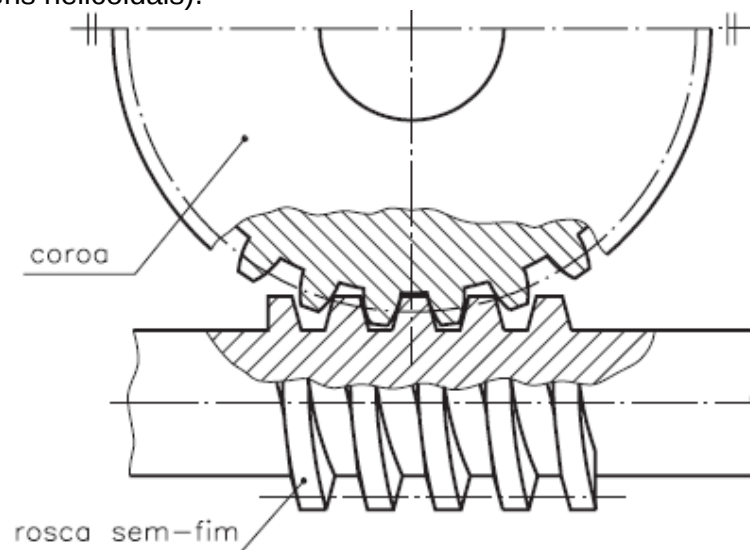




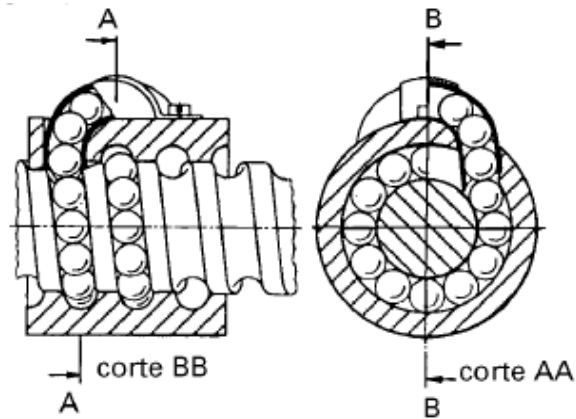
Roscas de perfil trapezoidal: Resiste a grandes esforços e é empregada na construção de fusos e porcas, os quais transmitem movimento de forma mais suave e uniforme a alguns componentes de máquinas-ferramenta como, por exemplo, torno, plaina e fresadora.



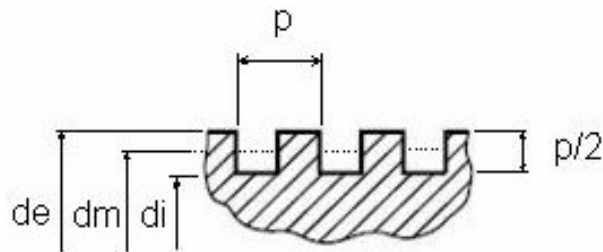
Roscas de perfil trapezoidal também são usadas em roscas-sem-fim e coroas (engrenagens helicoidais).



Roscas de perfil misto: Esta rosca é muito utilizada na construção de conjuntos fuso e porca com esferas recirculantes. Os fusos de esferas são elementos de transmissão de alta eficiência, transformando movimento de rotação em movimento linear e vice-versa, por meio de transmissão por esferas. Por sua transferência de força e mínimo atrito, é utilizado em centros de usinagem por CNC (Comando Numérico Computadorizado).



Cálculos de roscas de perfil quadrado:



Onde,

p: Passo, distância do início de um filete ao outro, medido paralelamente ao eixo.

de: diâmetro externo.

di: diâmetro interno.

dm: diâmetro médio, soma dos diâmetros externo e interno dividido por dois.

a: avanço, deslocamento axial relativo a uma volta do fuso (será o passo vezes o número de entrada).

Cálculo do Torque de Acionamento

$$T = F \frac{dm}{2} \left(\frac{a + \mu \pi dm}{\pi dm - \mu a} \right) + F \mu_c \frac{dc}{2}$$

Onde,

μ : coeficiente de atrito do parafuso;

μ_c : coeficiente de atrito do colar;

dc : diâmetro do colar.

Dimensionamento

Diâmetro Interno

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \sigma_{adm}}}$$

Tração / compressão

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \tau_{adm}}}$$

Torção

Altura da porca

$$H = \frac{6 \cdot F}{\pi d_i \sigma_{adm}}$$

Onde,

H: altura da porca.

Verificação da Pressão Superficial

$$P = \frac{4 \cdot F}{\pi n (d_e^2 - d_i^2)}$$

Onde,

P: pressão superficial;

n: número de filetes [altura da porca (H) dividido pelo passo da rosca (p)].

Exemplo: Dimensionar parafuso e porca para uma prensa manual.

Informações básicas:

Força máxima a ser aplicada: 15 kN;

Número de entradas da rosca: 1;

Material da porca: Ferro Fundido Cinzento (σ_r 155 MPa);Material do parafuso: Aço ABNT 1020 (σ_e = 210 MPa);

Coeficiente de segurança: 2.

1. Calcular a tensão admissível para o parafuso:

$$\sigma_{adm} = \sigma_e / S_g = 210 / 2 = 105 \text{ MPa.}$$

2. Calcular o diâmetro interno do parafuso pela fórmula da tração/compressão:

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot 15000}{\pi \cdot 105}}$$

$$d_i = 13,5 \text{ mm}$$

3. Designar um passo em função do diâmetro interno, que se dá através de consulta a tabela:

Dimensões normalizadas para rosca trapezoidal – PROTEC:

Para $d_i = 13,5 \text{ mm}$, $p = 4 \text{ mm}$.

$$d_e = d_i + p = 17,5 \text{ mm}$$

$$d_m = (d_i + d_e) / 2 = 15,5 \text{ mm}$$

$$a = 4 \cdot 1 = 4 \text{ mm}$$

4. Verificar qual é o coeficiente de atrito parafuso/rosca em função de seus materiais (deve-se consultar tabela):

Coeficiente de atrito parafuso/rosca – PROTEC:

$$\mu = 0,18$$

5. Calcular o torque para o parafuso:

$$T = 15000 \frac{15,5}{2} \left(\frac{4 + 0,18\pi 15,5}{\pi 15,5 - 0,18 \cdot 4} \right)$$

$$T = 30963,42 \text{ N.mm}$$

6. Verificar o diâmetro interno quando submetido à torção utilizando a fórmula da torção. Não esquecer de utilizar tensão de torção (τ admissível). A maior dimensão encontrada entre as fórmulas de tração e torção deve ser considerada:

$$\tau_{adm} = 0,577 \cdot \sigma_{adm} = 0,577 \cdot 105 = 60,58 \text{ MPa}$$

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot 30963,42}{\pi \cdot 60,58}}$$

$$d_i = 13,73 \text{ mm}$$

7. Calcular o número de filetes:

$$n = 27,4 / 4$$

$$n = 6,85$$

8. Calcular a altura da porca:

$$\sigma_{adm} = \sigma_r / S_g = 155 / 2 = 77,5 \text{ MPa.}$$

$$H = \frac{6 \cdot 15000}{\pi \cdot 13,5 \cdot 77,5}$$

$$H = 27,4 \text{ mm}$$

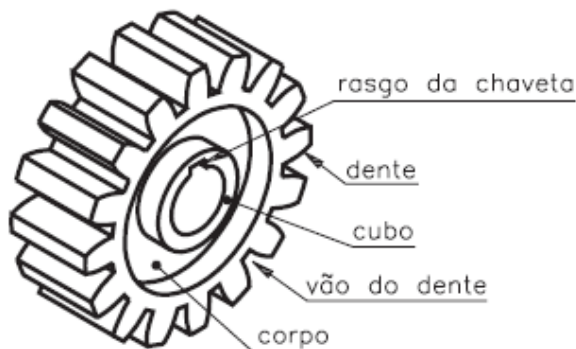
9. Verificar a pressão superficial

$$P = \frac{4 \cdot 15000}{\pi \cdot 6,85 (17,5^2 - 13,5^2)}$$

$$P = 22,5 \text{ MPa}$$

Como o valor máximo indicado para pressão superficial entre parafuso-porca em aço-ferro fundido é 100 MPa (conforme PROTEC), então o dimensionamento está correto.

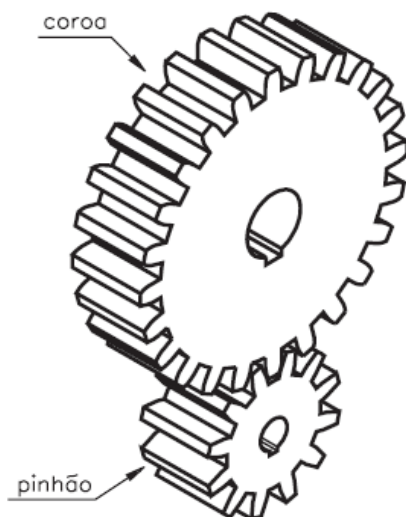
4.6 Engrenagens



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

Existem vários tipos de engrenagens, sendo as mais comuns descritas a seguir:

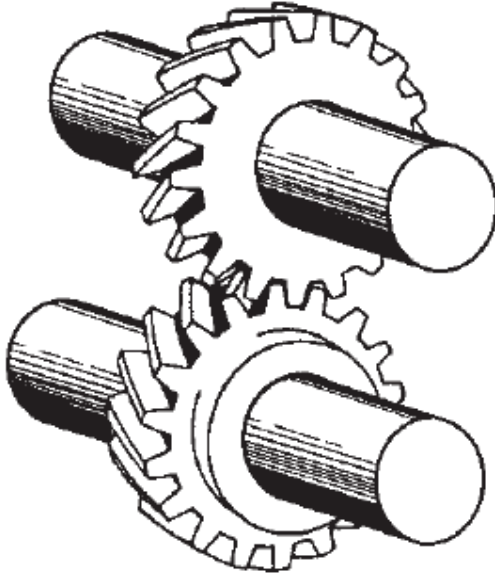
Cilíndrica de dentes retos:



É uma das mais conhecidas. Os dentes são paralelos entre si e paralelos ao eixo. São as engrenagens mais simples que existem e são muito utilizadas em máquinas para variação de rotação, transmitindo movimento entre eixos paralelos.

A engrenagem com maior número de dentes é chamada coroa, enquanto a menor é chamada pinhão.

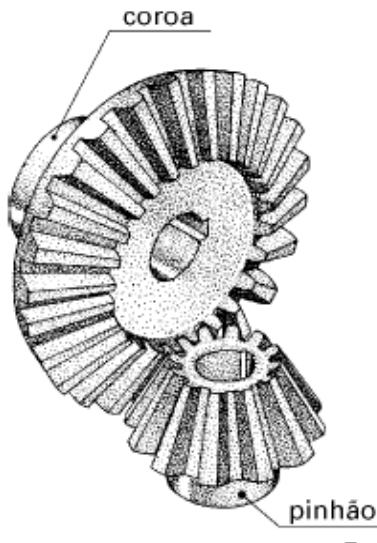
Cilíndrica de dentes helicoidais:



Este tipo de engrenagem possui dentes paralelos entre si, mas oblíquos em relação ao eixo. Podem transmitir movimento em eixos não paralelos.

Os dentes helicoidais funcionam de forma mais suave, quando comparada aos dentes retos. Por isso, são utilizados em sistemas com maior velocidade, produzindo menos ruído.

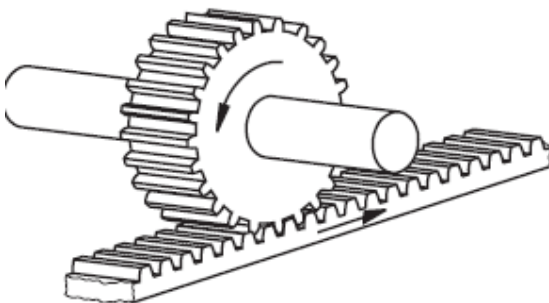
Engrenagens cônicas:



Tem a forma de tronco de cone e podem ter dentes retos ou helicoidais.

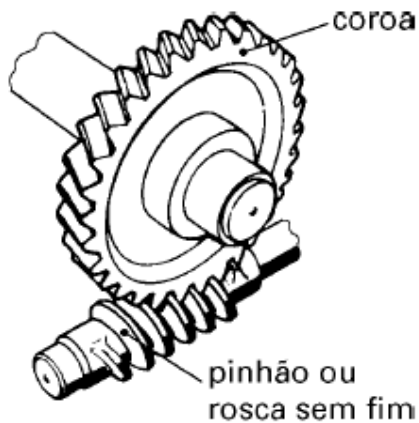
Estas são as que transmitem movimento entre eixos concorrentes, isto é, que formam 90° entre si.

Cremalheira:



Cremalheira é uma barra provida de dentes, destinada a engrenar uma roda dentada. Com esse sistema, pode-se transformar movimento de rotação em movimento retilíneo e vice-versa. Pode possuir também dentes helicoidais. Uma aplicação é o sistema de direção de automóveis.

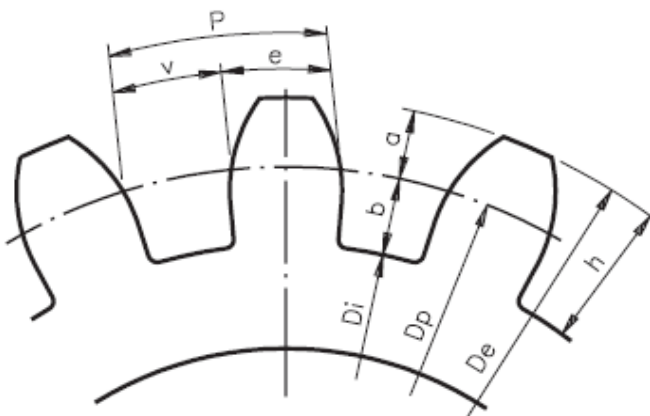
Rosca sem fim:



A rosca sem fim é utilizada quando se deseja redução no movimento entre eixos concorrentes.

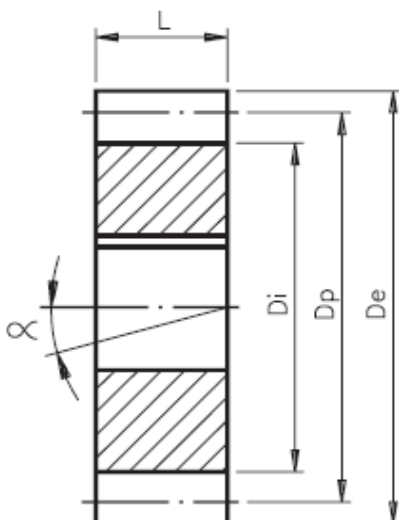
Os dentes da engrenagem que acopla a rosca sem fim é côncava, isto é, possui uma curvatura negativa nos dentes.

Características das engrenagens:

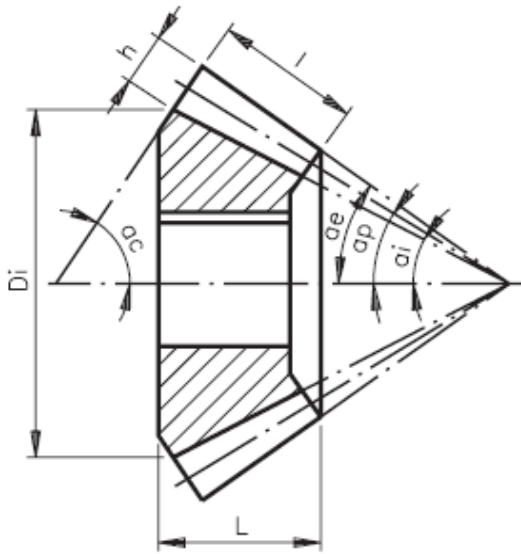
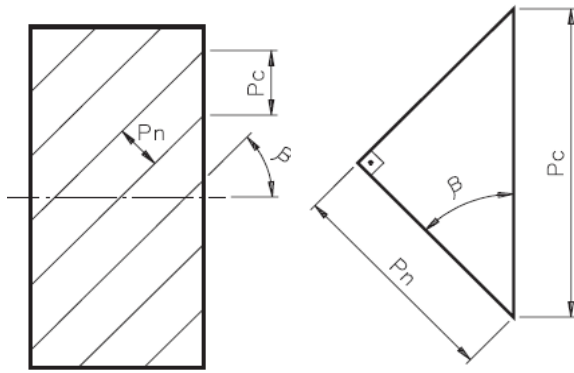


detalhe da engrenagem: dentes

D_i = Diâmetro interno
 D_e = Diâmetro externo
 D_p = Diâmetro primitivo
 e = Espessura
 v = vão
 P = passo
 a = cabeça do dente (módulo)
 b = pé do dente
 h = altura do dente
 L = largura da engrenagem
 z = número de dentes



Para engrenagens cilíndricas com dentes helicoidais, deve-se acrescentar a característica do ângulo da hélice (α ou β). Possui ainda um passo normal (P_n) e um circular (P_c).



Engrenagens cônicas possuem as seguintes características além:

ae = ângulo externo

ap = ângulo primitivo

ai = ângulo interno

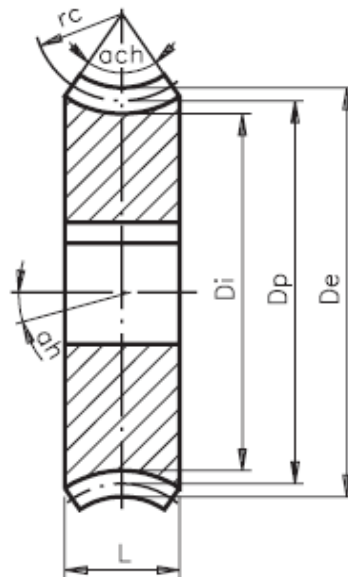
ac = ângulo do cone complementar

l = largura do dente

Engrenagens helicoidais para roscas possuem as seguintes características

ach = ângulo de chanfro

rc = raio da superfície côncava



sem fim
além:

Tabelas

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 ₁ (mm)	h _e (mm)	r _{re} (mm)	D (mm)	D ₁ (mm)	r _{ri} (mm)	P (mm)	d ₂ D ₂ (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

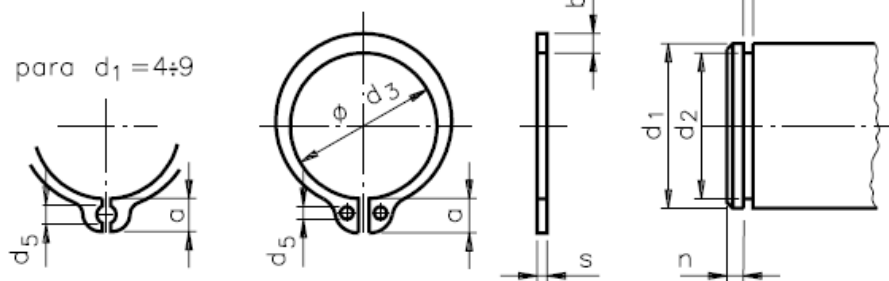
TABELAS DE ROSCAS								
ROSCA MÉTRICA DE PERFIL TRIANGULAR SÉRIE FINA								
EXTERNA (PARAFUSO)				INTERNA (PORCA)			EXTERNA E INTERNA (PARAFUSO E PORCA)	
Maior (nominal) d (mm)	Menor d ₁ (mm)	Altura do filete h _e (mm)	Raio da raiz da rosca externa r _{re} (mm)	Maior D (mm)	Menor D ₁ (mm)	Raio da raiz da rosca interna r _{ri} (mm)	Passo P (mm)	Efetivo d ₂ D ₂ (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	–	1 7/64	28
	–	18	25/64	9,75		–	9	1 9/64	29
1/2	12	–	27/64	10,5	1 3/8	6	–	1 7/32	31
	–	16	7/16	11		–	8	1 1/4	32
					1 1/2	6	–	1 11/32	34
						–	8	1 3/8	35

ANEL ELÁSTICO PARA EIXOS

TIPO DAe

Anel sem pressão

para $d_1 = 4 \div 9$ 

Medidas em mm

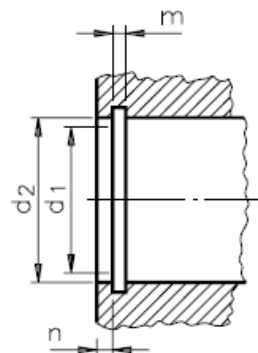
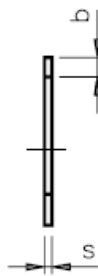
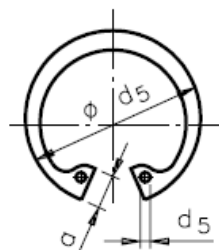
$$n = \frac{d_1 - d_2}{2} \cdot 3$$

d_1	s	d_3	$\sim a$	$\sim b$	d_5	d_2	m	d_1	s	d_3	$\sim a$	$\sim b$	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



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

Medidas em mm

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
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

Símbolos das séries de rolamentos (dimensões e tipos)

Tipos de Rolamento	Símbolos das Séries de Rolamentos	Símbolos de Tipo	Símbolos de Dimensão	
			Símbolos de Largura ou Altura	Símbolos de Diâmetro
Rolamentos Fixos de Uma Carreira de Esferas	68	6	(1)	8
	69	6	(1)	9
	60	6	(1)	0
	62	6	(0)	2
	63	6	(0)	3
Rolamentos de Uma Carreira de Esferas de Contato Angular	79	7	(1)	9
	70	7	(1)	0
	72	7	(0)	2
Rolamentos Auto-compensadores de Esferas	73	7	(0)	3
	12	1	(0)	2
	13	1	(0)	3
Rolamentos de Uma Carreira de Esferas de Rolos Cilíndricos	22	2	(2)	2
	23	2	(2)	3
	NU10	NU	1	0
	NU2	NU	(0)	2
	NU22	NU	2	2
	NU3	NU	(0)	3
	NU23	NU	2	3
	NU4	NU	(0)	4
	NJ2	NJ	(0)	2
	NJ22	NJ	2	2
	NJ3	NJ	(0)	3
	NJ23	NJ	2	3
	NJ4	NJ	(0)	4
	NUP2	NUP	(0)	2
	NUP22	NUP	2	2
	NUP3	NUP	(0)	3
	NUP23	NUP	2	3
	NUP4	NUP	(0)	4
	N10	N	1	0
	N2	N	(0)	2
N3	N	(0)	3	
N4	N	(0)	4	
NF2	NF	(0)	2	
NF3	NF	(0)	3	
NF4	NF	(0)	4	

Tipos de Rolamento	Símbolos das Séries de Rolamentos	Símbolos de Tipo	Símbolos de Dimensão	
			Símbolos de Largura ou Altura	Símbolos de Diâmetro
Rolamentos de Duas Carreiras de Rolos Cilíndricos	NNU49	NNU	4	9
	NN30	NN	3	0
Rolamentos de Rolos Agulha	NA48	NA	4	8
	NA49	NA	4	9
	NA59	NA	5	9
	NA69	NA	6	9
Rolamentos de Rolos Cônicos	329	3	2	9
	320	3	2	0
	330	3	3	0
	331	3	3	1
	302	3	0	2
	322	3	2	2
	332	3	3	2
	303	3	0	3
Rolamentos Autocompensadores de Rolos	323	3	2	3
	230	2	3	0
	231	2	3	1
	222	2	2	2
	232	2	3	2
	213(1)	2	0	3
	223	2	2	3
Rolamentos Axiais de Esferas de Assento plano	511	5	1	1
	512	5	1	2
	513	5	1	3
	514	5	1	4
	522	5	2	2
	523	5	2	3
	524	5	2	4
	Rolamentos Axiais Autocompensadores de Rolos	292	2	9
293		2	9	3
294		2	9	4

Tolerâncias para eixos e furos

		Qualidade de Trabalho																	
		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
Eixos		mecânica extra-precisa					mecânica corrente							mecânica grosseira					
Furos		mecânica extra-precisa					mecânica corrente							mecânica grosseira					

AJUSTES RECOMENDADOS - SISTEMA FURO-BASE H7(*)
Tolerância em milésimos de milímetros (μm)

Dimensão nominal mm		Furo, af. int. af. sup.	afastamento superior EIXOS afastamento inferior								
acima de	até	H 7	f 7	g 6	h 6	j 6	k 6	m 6	n 6	p 6	r 6
0	1	0	- 6	- 2	0	+ 4	+ 6	-	+ 10	+ 12	+ 16
1	3	+ 10	- 16	- 8	- 6	- 2	0	-	+ 4	+ 6	+ 10
3	6	0	- 10	- 4	0	+ 6	+ 9	+ 12	+ 16	+ 20	+ 23
		+ 12	- 22	- 12	- 8	- 2	+ 1	+ 4	+ 8	+ 12	+ 15
6	10	0	- 13	- 5	0	+ 7	+ 10	+ 15	+ 19	+ 24	+ 28
		+ 15	- 28	- 14	- 9	- 2	+ 1	+ 6	+ 10	+ 15	+ 19
10	14	0	- 16	- 6	0	+ 8	+ 12	+ 18	+ 23	+ 29	+ 34
14	18	+ 18	- 34	- 17	- 11	- 3	+ 1	+ 7	+ 12	+ 18	+ 23
18	24	0	- 20	- 7	0	+ 9	+ 15	+ 21	+ 28	+ 35	+ 41
24	30	+ 21	- 41	- 20	- 13	- 4	+ 2	+ 8	+ 15	+ 22	+ 28
30	40	0	- 25	- 9	0	+ 11	+ 18	+ 25	+ 33	+ 42	+ 50
40	50	+ 25	- 50	- 25	- 16	- 5	+ 2	+ 9	+ 17	+ 26	+ 34
50	65	0	- 30	- 10	0	+ 12	+ 21	+ 30	+ 39	+ 51	+ 60
											+ 41
65	80	+ 30	- 60	- 29	- 19	- 7	+ 2	+ 1	+ 20	+ 32	+ 62
											+ 43
80	100	0	- 36	- 12	0	+ 13	+ 25	+ 35	+ 45	+ 59	+ 73
											+ 51
100	120	+ 35	- 71	- 34	- 22	- 9	+ 3	+ 13	+ 23	+ 37	+ 76
											+ 54
120	140	0	- 43	- 14	0	+ 14	+ 28	+ 40	+ 52	+ 68	+ 88
											+ 63
140	160										+ 90
											+ 65
160	180	+ 40	- 83	- 39	- 25	- 11	+ 3	+ 15	+ 27	+ 43	+ 93
											+ 68
180	200	0	- 50	- 15	0	+ 16	+ 33	+ 46	+ 60	+ 79	+ 106
											+ 77
200	225										+ 109
											+ 80
225	250	+ 46	- 96	- 44	- 29	- 13	+ 4	+ 17	+ 31	+ 50	+ 113
											+ 84
250	280	0	- 56	- 17	0	+ 16	+ 36	+ 52	+ 66	+ 88	+ 126
											+ 94
280	315	+ 52	- 108	- 49	- 32	- 16	+ 4	+ 20	+ 34	+ 56	+ 130
											+ 98
315	355	0	- 62	- 18	0	+ 18	+ 40	+ 57	+ 73	+ 98	+ 144
											+ 108
355	400	+ 57	- 119	- 54	- 36	- 18	+ 4	+ 21	+ 37	+ 62	+ 150
											+ 114
400	450	0	- 68	- 20	0	+ 20	+ 45	+ 63	+ 80	+ 108	+ 166
											+ 126
450	500	+ 63	- 131	- 60	- 40	- 20	+ 5	+ 23	+ 40	+ 68	+ 172
											+ 132

(*) Reprodução parcial de Tabela ABNT/ISO NBR 6158

AJUSTES RECOMENDADOS - SISTEMA EIXO-BASE h6(*)
Tolerância em milésimos de milímetros (μm)

Dimensão nominal mm		Eixo ^{af. sup.} _{af. inf.}	FUROS afastamento inferior afastamento superior								
acima de	até	h 6	F 6	G 7	H 7	J 7	K 7	M 7	N 7	P 7	R 7
0	1	0	+ 6	+ 2	0	- 6	- 10	-	-	- 16	- 20
1	3	- 6	- 12	+ 12	+ 10	+ 4	0	-	-	- 6	- 10
3	6	0 - 8	+ 10 + 18	+ 4 + 16	0 + 12	- 6 + 6	- 9 + 3	- 12 0	- 16 - 4	- 20 - 8	- 23 - 11
6	10	0 - 9	+ 13 + 22	+ 5 + 20	0 + 15	- 7 + 8	- 10 + 5	- 15 0	- 19 - 4	- 24 - 9	- 28 - 13
10	14	0	+ 16	+ 6	0	- 8	- 12	- 18	- 23	- 29	- 34
14	18	- 11	+ 27	+ 24	+ 18	+ 10	+ 6	0	- 5	- 11	- 16
18	24	0	+ 20	+ 7	0	- 9	- 15	- 21	- 28	- 35	- 41
24	30	- 13	+ 33	+ 28	+ 21	+ 12	+ 6	0	- 7	- 14	- 20
30	40	0	+ 25	+ 9	0	- 11	- 18	- 25	- 33	- 42	- 50
40	50	- 16	+ 41	+ 34	+ 25	+ 14	+ 7	0	- 8	- 17	- 25
50	65	0	+ 30	+ 10	0	- 12	- 21	- 30	- 39	- 51	- 60 - 30
65	80	- 19	+ 49	+ 40	+ 30	+ 18	+ 9	0	- 9	- 21	- 62 - 32
80	100	0	+ 36	+ 12	0	- 13	- 25	- 35	- 45	- 59	- 73 - 38
100	120	- 22	+ 58	+ 47	+ 35	+ 22	+ 10	0	- 10	- 24	- 76 - 41
120	140	0	+ 43	+ 14	0	- 14	- 28	- 40	- 52	- 68	- 88 - 48
140	160										- 90 - 50
160	180	- 25	+ 68	+ 54	+ 40	+ 26	+ 12	0	- 12	- 28	- 93 - 53
180	200	0	+ 50	+ 15	0	- 16	- 33	- 46	- 60	- 79	106 - 60
200	225										- 109 - 63
225	250	- 29	+ 79	+ 61	+ 46	+ 30	+ 13	0	- 14	- 33	- 113 - 67
250	280	0	+ 56	+ 17	0	- 16	- 36	- 52	- 66	- 88	- 126 - 74
280	315	- 32	+ 88	+ 69	+ 52	+ 36	+ 16	0	- 14	- 36	- 130 - 78
315	355	0	+ 62	+ 18	0	- 18	- 40	- 57	- 73	- 98	- 144 - 87
355	400	- 36	+ 98	+ 75	+ 57	+ 39	+ 17	0	- 16	- 41	- 150 - 93
400	450	0	+ 68	+ 20	0	- 20	- 45	- 63	- 80	- 108	- 166 - 103
450	500	- 40	+ 108	+ 83	+ 63	+ 43	+ 18	0	- 17	- 45	- 172 - 109

(*) Reprodução parcial de Tabela ABNT/ISO NBR 6158

Bibliografia

DOBROVOLSKI, V. **Elementos de Máquinas**. Moscou: Mir, 1970.

NSK. **Catálogo Geral**. 2006.

SKF. **Introdução aos Mancais de Rolamentos**. 1996.

PROVENZA, Francesco. **Projetista de Máquinas**. São Paulo: PRO-TEC, 5ª ed., 1985.

SHIGLEY, Joseph E. **Elementos de Máquinas**. Volume I e II. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1980.

Elementos de Máquinas. Volume I e II. Apostila do curso Técnico em Mecânica do Telecurso 2000.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.