

MANCAIS DE
ROLAMENTOS

CÓDIGO DE CATÁLOGO :

Trabalho elaborado pela Diretoria de Educação e Tecnologia
do Departamento Regional do SENAI - PR , através do
LABTEC - Laboratório de Tecnologia Educacional.

Coordenação geral	Marco Antonio Areias Secco
Elaboração técnica	Ricardo Kertscher
	Édson BuenoRicardo Kertscher
	Édson Bueno

Equipe de editoração

Coordenação	Lucio Suckow
Diagramação	Dalva Cristina da Silva
Ilustração	Dalva Cristina da Silva
Revisão técnica	Ricardo Kertscher
Capa	Ricardo Mueller de Oliveira

Referência Bibliográfica.
NIT - Núcleo de Informação Tecnológica
SENAI - DET - DR/PR

S474u SENAI - PR. DET
.Mancais de rolamentos
Curitiba, 2001,153 p

CDU - 621.82

Direitos reservados ao

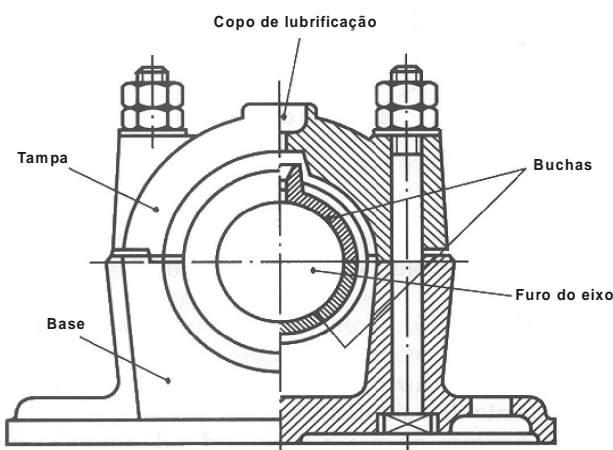
SENAI — Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
Departamento Regional do Paraná
Avenida Cândido de Abreu, 200 - Centro Cívico
Telefone: (41) 350-7000
Telefax: (41) 350-7101
E-mail: senaidr@ctb.pr.senai.br
CEP 80530-902 — Curitiba - PR

Sumário

Mancais de deslizamento	05
Mancais de rolamento	07
Grupo de rolamentos com referência às cargas	11
Critérios para a seleção de rolamentos	23
Carga	25
Grau de alinhamento	27
Folga	31
Precisão de giro	37
Tolerâncias	41
Ajuste	43
Desvios geométricos dos assentos	47
Fixação axial dos rolamentos	49
Concordância e altura dos ressalto	51
Gaiola	53
Rolamentos com furo cônico	59
Buchas de fixação e desmontagem	61
Plano de dimensões e designações	69
Lubrificação	73
Lubrificantes a óleo	79
Óleos lubrificantes	85
Graxas lubrificantes	89
Pré carga nos rolamentos	93
Material de rolamentos	101
Designação dos rolamentos FAG	105
Processo de fabricação de esferas	139
Exercícios	145
Bibliografia	153

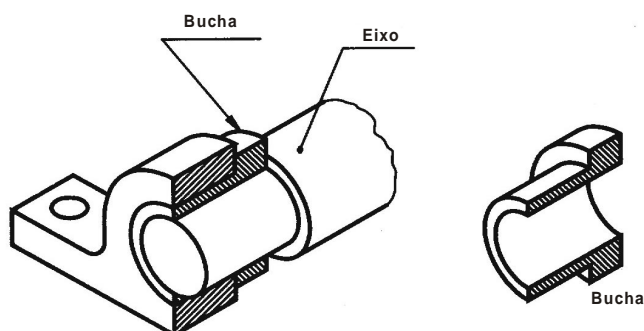
MANCAIS DE DESLIZAMENTO

Geralmente, os mancais de deslizamento são constituídos de 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.

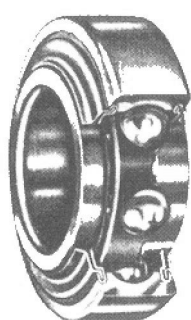
As buchas são, em geral, corpos cilíndricos ocos que envolvem os eixos, permitindo-lhes uma melhor rotação. São feitas de materiais macios, como a frente de ligas de metais leves.



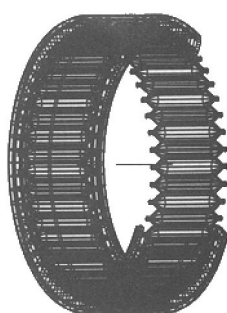
MANCAIS DE ROLAMENTO

Quando necessitar de mancais com maior velocidade e menos atrito, o mancal de rolamento é o mais adequado.

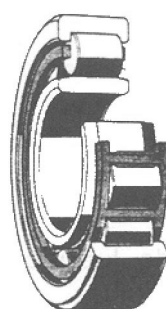
Os rolamentos são qualificados em função dos seus elementos rolantes. Veja os principais tipos, a seguir.



Rolamento de esfera



Rolamento de agulha



Rolamento de rolo

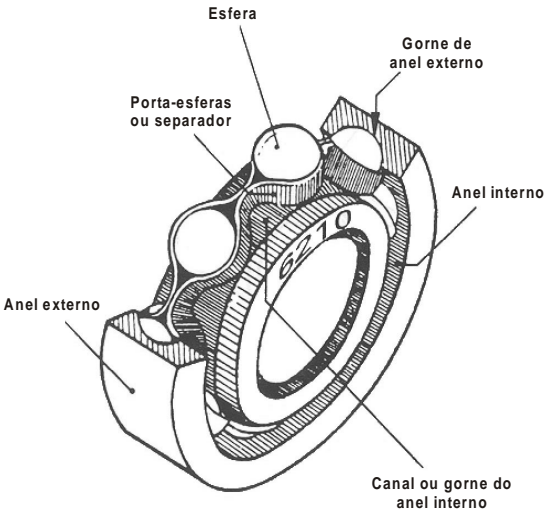
Os eixos das máquinas, geralmente, funcionam assentados em apoios. Quando um eixo gira dentro de um furo produz-se, entre as superfícies do eixo e do furo, um fenômeno chamado **atrito** de escorregamento.

Quando é necessário reduzir ainda mais o atrito do escorregamento, utilizamos um outro elemento da máquina, chamada **rolamento**.

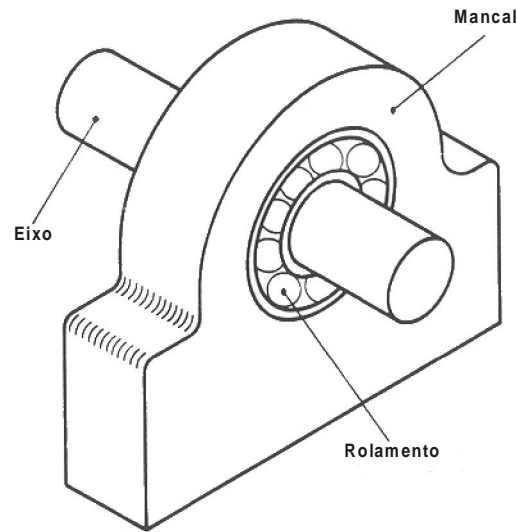
Os rolamentos limitam, ao máximo, as perdas de energia em consequência do atrito.

São geralmente constituídos de dois anéis concêntricos, entre os quais são colocados elementos rolantes como esferas, roletes e agulhas.

Os rolamentos de esfera compõem-se de:



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 examinar um catálogo de rolamentos, ou uma norma específica, você encontrará informações sobre as seguintes características:

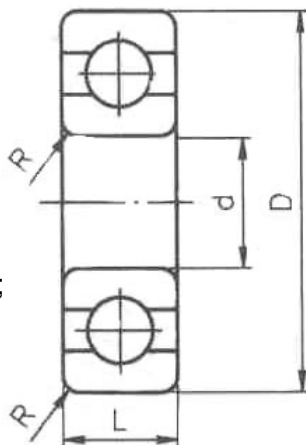
Características dos rolamentos:

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**.

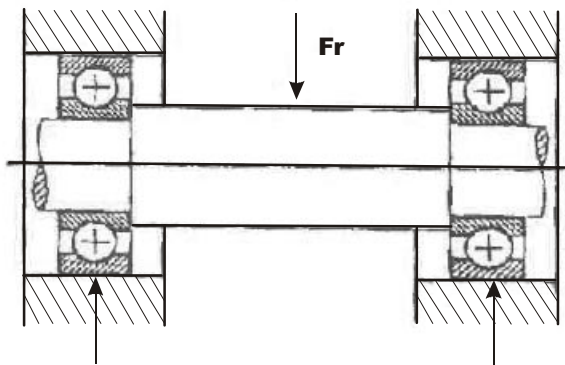
As séries leves são usadas para cargas pequenas. Para cargas maiores, são usadas as séries média ou pesada. Os valores do diâmetro D e da largura L aumentam progressivamente em função dos aumentos das cargas.

Os rolamentos classificam-se de acordo com as forças que eles suportam. Podem ser **radiais, axiais e mistos**.

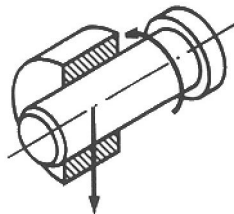
GRUPOS DE ROLAMENTOS COM REFERÊNCIA ÀS CARGAS

Rolamentos para cargas radiais

São rolamentos adequados para trabalhar com cargas atuantes perpendicularmente ao eixo da rotação.



Radiais: não suportam cargas axiais e impedem o deslocamento no sentido transversal ao eixo.



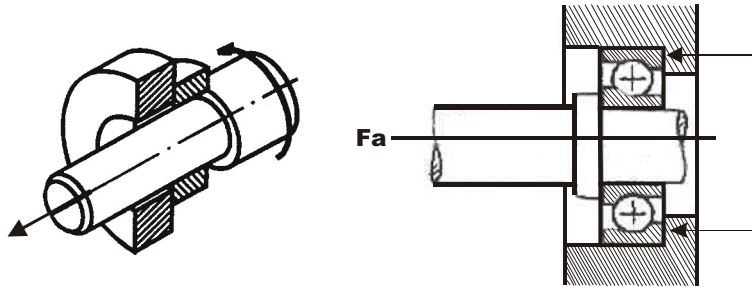
Normalmente consistem nos seguintes tipos:

- Rolamentos rígidos de uma carreira de esferas.
- Rolamento autocompensadores de esferas.
- Rolamentos de contato angular de uma carreira de esferas (montados em pares, opostos).
- Rolamentos de contato angular de duas carreiras de esferas.
- Rolamentos auto compensadores de rolos.
- Rolamentos de rolos cilíndricos.
- Rolamentos de agulhas.
- Rolamentos de rolos cônicos (montados em pares opostos).

Rolamentos para cargas axiais

São rolamentos para suportar cargas aplicadas na direção longitudinal do eixo.

Axiais: não podem ser submetidos a cargas radiais, impedem o deslocamento no sentido axial, isto é, longitudinal ao eixo.

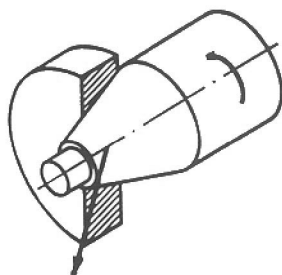


Normalmente consistem nos seguintes tipos:

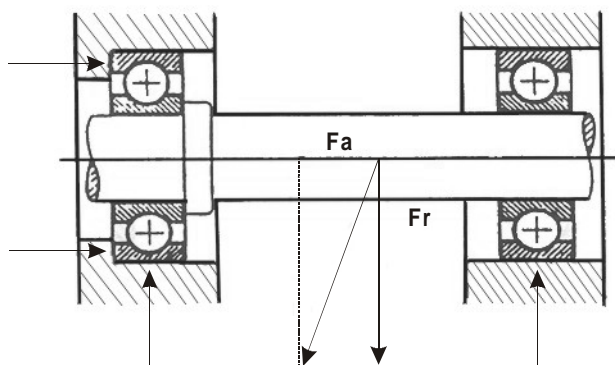
- Rolamentos axiais de esferas de escora simples (carga axial num único sentido).
- Rolamentos de axiais de esferas de escora dupla (carga axial em ambos os sentidos).
- Rolamentos de contato angular de uma carreira de esferas (montados em pares para suportar cargas axiais em ambos os sentidos).
- Rolamentos de contato angular de duas carreiras de esferas (carga axial de ambos os sentidos).
- Rolamentos rígidos de uma carreira de esferas (pequenas e médias cargas axiais em ambos os sentidos).

Rolamentos para cargas combinadas

São rolamentos apropriados para suportar cargas resultantes de esforços radiais e axiais simultâneos.



Mistas: suportam tanto carga radial como axial. Impedem o deslocamento tanto no sentido transversal quanto no axial.



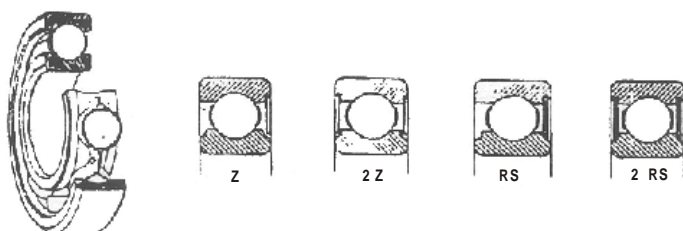
Normalmente são utilizados nos seguintes tipos:

- Rolamentos rígidos de uma carreira de esferas
- Rolamentos de contato angular de uma duas carreiras de esferas.
- Rolamento de rolos cônicos.
- Rolamentos autocompensadores de rolos.
- Rolamento autocompensadores de esferas.

Tipos de construção de rolamentos (referentes às cargas)

Rolamentos rígidos de esferas

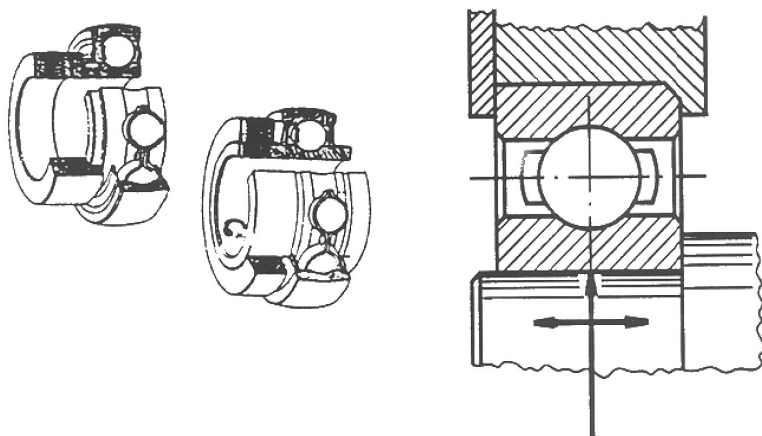
São rolamentos adequados para altas rotações. Suportam cargas radiais e axiais. Podem ser fornecidos com vários tipos de blindagem ou placas, com ranhura para anel de retenção no anel externo (capa). Em algumas execuções são fornecidos pré-lubrificadas, não devendo por isso, ser lavados nem aquecidos para a montagem. São rolamentos compactos, baratos e de fácil aquisição.



Por se tratar de rolamentos rígidos, não oscilam lateralmente e não podem ser montados em mancais independentes, devem ser sempre montados em suportes integrantes de um mesmo bloco, isto é, que tenham os alojamentos os rolamentos usinados simultaneamente de forma a manter sempre o mesmo alinhamento entre ambos.

Observação: Alguns rolamentos com vedações de borracha atingem um limite de rotação inferior ao indicado em catálogo pois há um desgaste excessivo devido ao aquecimento.

Os chamados rolamentos tipo Y, são dotados de vedadores semelhantes às placas 2RS ou outras ainda mais sofisticadas quando se destinam a aplicações agrícolas. Esses rolamentos têm a particularidade de possuir o anel esférico externo, o que possibilita compensar desalinhamentos entre mancais. Certas execuções possuem um furo no anel externo para receber relubrificação. A fixação no eixo é extremamente facilitada pelo uso de um anel de trava localizado no anel interno.



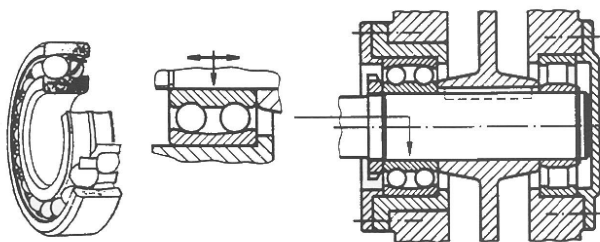
Rolamentos autocompensadores de esfera

São rolamentos com capacidade de oscilar lateralmente para compensar desalinhamento entre o eixo e o suporte. Pode, por isso ser montado sem problemas em mancais independentes. Suporta cargas radiais e, em menor grau, axiais.

Pode ser montado diretamente no eixo ou com o auxílio de uma bucha de fixação.

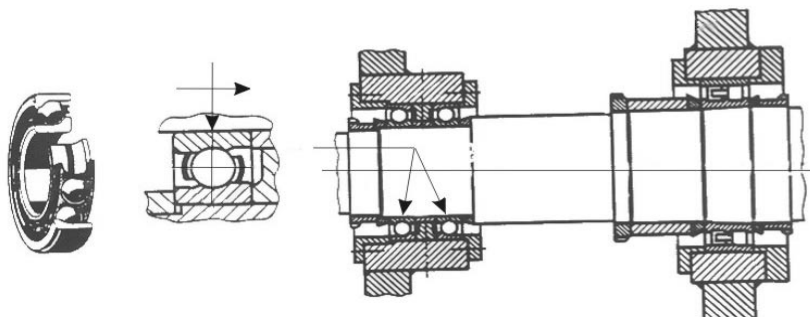
Vantagem de se utilizar bucha, o eixo não necessita de ressaltos, roscas, nem arruelas de trava, é totalmente liso e, portanto, de construção mais econômica. A regulagem da bucha requer atenção especial por parte do montador, pois um aperto excessivo ou insuficiente poderá danificar o rolamento.

O grau de desalinhamento permitido por estes rolamentos varia entre $1,5^\circ$ a 3° , dependendo da série de dimensões. É necessário, portanto, verificar que a folga radial dos vedadores permita o deslocamento angular do eixo.



Rolamentos de contato angular de uma carreira de esferas

Têm capacidade de suportar elevadas cargas axiais, graças a disposição angular de suas pistas. A carga axial somente pode ser aplicada num sentido (contra o flange alto do anel interno ou do externo), no sentido contrário os anéis se desmontam. Por esse motivo sempre dois rolamentos desse tipo num mesmo eixo: um para suportar cargas e outro para suportar as cargas no sentido oposto.



Existem aplicações em que dois rolamentos de contato angular são montados lado a lado. Para esse tipo de disposição é necessário que os rolamentos tenham suas faces laterais retificadas para evitar distribuições irregulares de carga.

NUNCA monte rolamentos comuns no lugar de rolamentos com as faces retificadas, se quiser evitar problemas de aquecimento e rápida danificação.

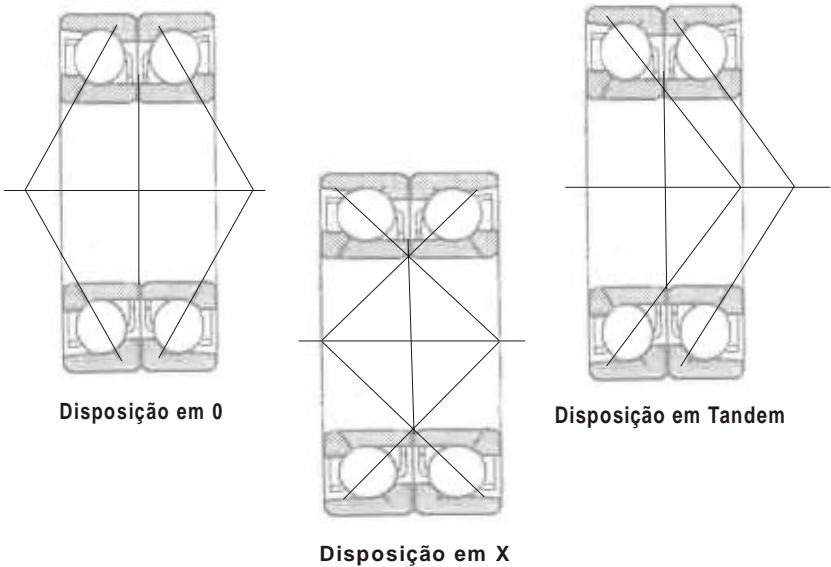
Verifique os códigos, por exemplo:

- 7205 B: ROLAMENTO COMUM;
- 7205 BG: ROLAMENTO FACEADO.

Podemos ter 03 disposições de montagem: “O”, “X”, “TANDEM” (conforme figura abaixo). Na disposição “O” (linhas de contato se cruzam parecendo um “O”) proporciona uma montagem bastante rígida pois as linhas de ação de carga se afastam bastante do centro do conjunto. Esta disposição pode suportar carga axiais em ambos os sentidos.

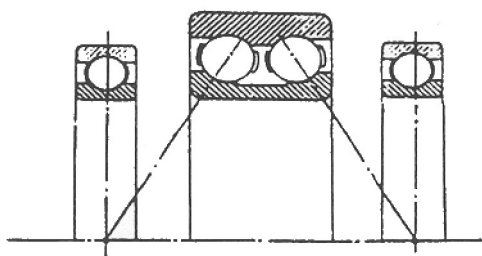
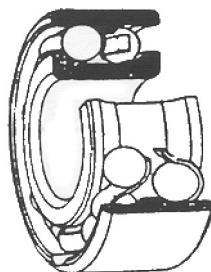
Na disposição “X” as linhas de ação de carga se situam próximas ao centro do conjunto oferecendo, assim, uma montagem menos rígida do que a “O”. Como no caso anterior, podemos suportar com esta disposição cargas em ambos os sentidos.

Na disposição “TANDEM” ambos os rolamentos são colocados na mesma posição, de forma que as linhas de ação de carga fiquem paralelas. Dessa forma a montagem também pode receber carga axial bastante elevada, porém apenas um único sentido.



Rolamentos de contato angular de duas carreiras de esferas

Funcionam de forma análoga à disposição “O”. Entretanto, como possuem anéis integrais são mais estreitos do que dois rolamentos dessa execução. Via de regra são utilizados com uma folga interna bastante pequena para montagens onde deslocamentos axiais são indesejáveis. Exemplo em pinhões cônicos onde não devem ocorrer perdas de ajuste com dentes da coroa quando da aplicação de carga.



Em aplicações que disponham de pouco espaço axial, como por exemplo em polias de ponte rolante, a utilização destes rolamentos é

bastante vantajosa. Equivale em termos de rigidez, à colocação de dois rolamentos nos pontos em que a linha de ação de carga intercepta a linha de centro do eixo.

Estes rolamentos normalmente têm de um dos lados um rasgo de entrada em ambos os anéis para introdução de esferas. Este rasgo enfraquece as pistas daquele lado e recomenda-se que a força axial predominante seja aplicada nas pistas opostas.

O sentido de aplicação da força axial de maior intensidade geralmente é indicado no anel interno do rolamento. Há rolamentos deste tipo que têm o anel interno em duas peças e não têm rasgo de entrada. Neste caso é indiferente o lado de aplicação da carga axial maior.

Rolamentos autocompensadores de rolos

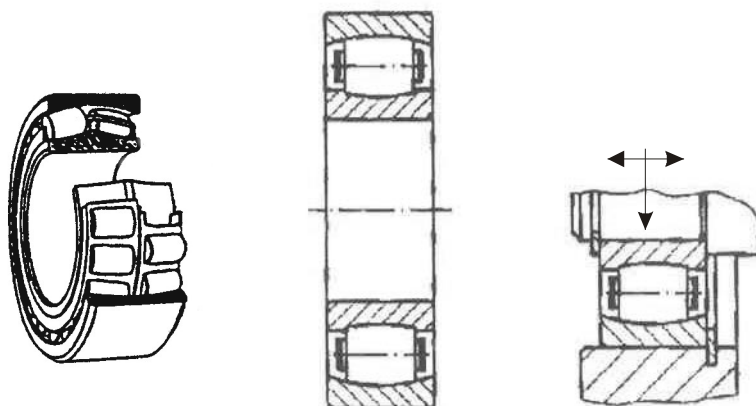
O princípio de aplicação é idêntico ao dos rolamentos autocompensadores de esferas. Somente que, pelo fato de ser equipado com rolos possui uma capacidade de carga muito superior àqueles.

Como possui elevada capacidade de carga radial, também é utilizado em aplicações em que não há problemas de desalinhamentos mas apenas de grandes solicitações.

Exemplo: laminadores, mancais ferroviários, britadores e outros.

Quando montado sob, bucha, permite regulagem bastante simples a redução de folga é controlada com auxílio de cali-bradores de lâminas.

Os fabricantes geralmente, fornecem tabelas com os limites de folga interna recomendado para cada tamanho de rolamento. Submetido a cargas predominantemente axiais, o limite de velocidade é de 2/3 do valor indicado nas tabelas, para condições de carregamento normais.

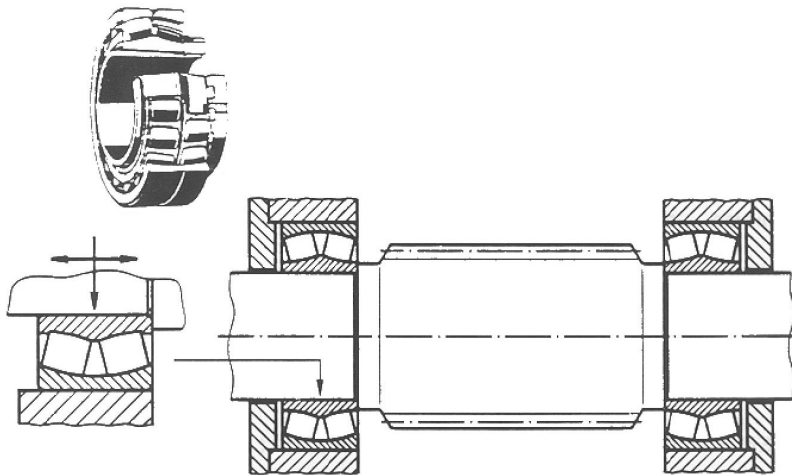


Rolamento autocompensador de duas carreiras de rolos

É um rolamento adequado aos mais pesados serviços.

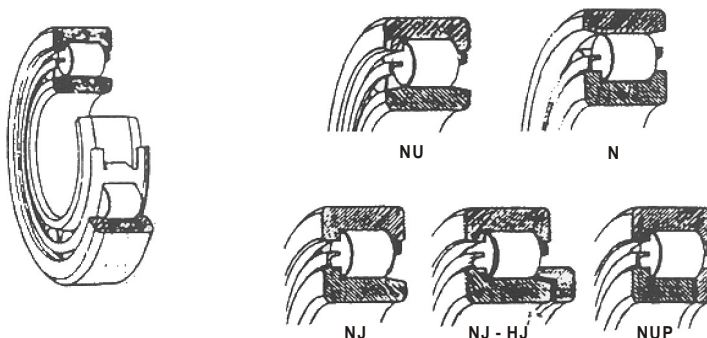
Os rolos são de grande diâmetro e comprimento.

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



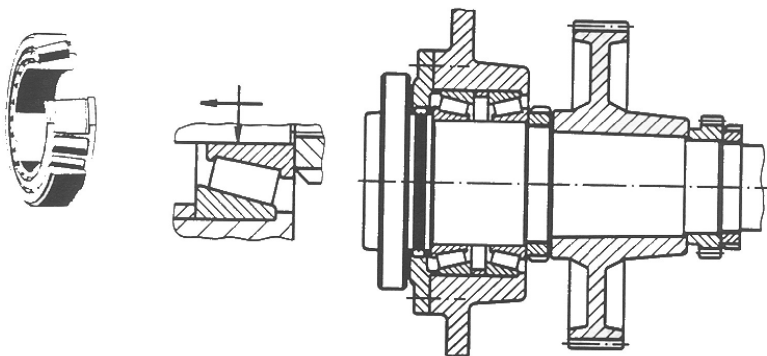
Rolamentos de rolos cilíndricos

Suportam elevada carga radial e via de regra nenhuma carga axial. Somente quando equipados com anéis de encosto podem receber pequenas cargas axiais. São rolamentos que podem deslocar-se axialmente sobre as pistas, compensando assim as dilatações longitudinais do eixo ou eventuais erros de posicionamento dos mancais. São rígidos e, portanto, não podem ser montados em mancais independentes, salvo em aplicações muito especiais.



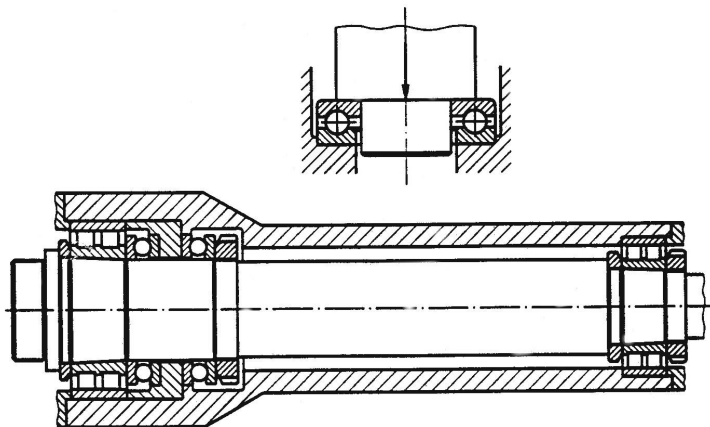
Rolamentos de rolos cônicos

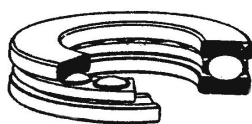
Suportam elevadas cargas radicais e axiais (axiais num único sentido). Devem ser sempre montados em pares, a fim de suportar cargas nos dois sentidos. Graças à possibilidade de regular a sua folga, conseguem-se montagens bastante rígidas. Exemplo: rolamentos de pinhão, rodas de veículos é separável o anel interno, gaiola e rolos formam um conjunto (cone) e o anel externo é independente (capa). As capacidades de carga axial e radial dos rolamentos de rolos cônicos variam bastante em função do ângulo de contato de seus rolos e pistas, quando maior esse ângulo, maior a capacidade de carga axial e menor a radial.



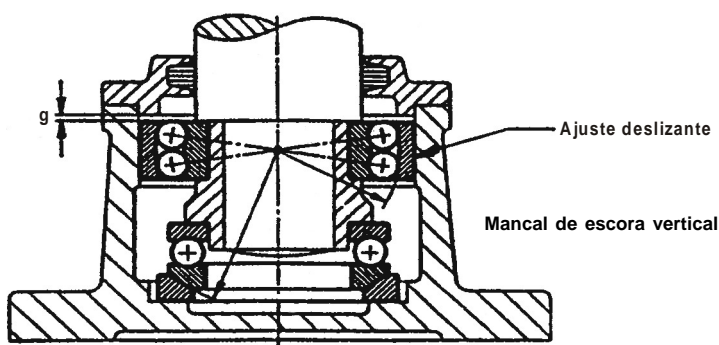
Rolamentos axiais de esfera de escora simples

Suportam cargas puramente axiais e num único sentido. Por isso, num mesmo eixo temos que utilizar, além do rolamento axial, dois rolamentos radicais para suportar as cargas nessa direção. Seu anel de caixa deve ser montado com folga no mancal para que não receba nenhuma carga radial.



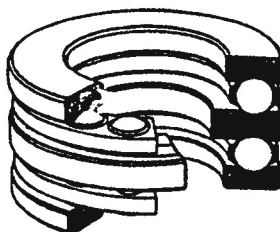


Quando houver possibilidade de desalinhamento entre os mancais deve-se utilizar a execução dotada de contraplaca. Nessa execução a contra placa suporta o rolamento sobre um berço esférico de forma a permitir que este se acomode à posição do eixo.



Rolamentos axiais de esferas de escora dupla

Rolamento análogo ao tipo anterior, exceto que, como é equipado com 2 carreiras de esferas, suporta carga em ambos os sentidos. Exemplo: parafusos sem fim com reservão. Devido ao baixo limite de rotação oferecido



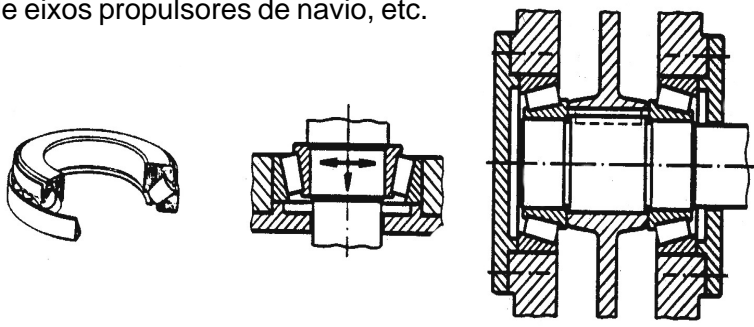
está em desuso, sendo substituído por 2 rolamentos de contato angular de duas carreiras de esferas. Em equipamentos sujeitos a reversões constantes, costuma-se colocar molas sob os anéis de caixa para garantir a união e centralização dos mesmos durante as mudanças de sentido da carga.

Rolamentos axiais autocompensadores de rolos

Possuem extraordinária capacidade de carga axial e, contrariamente aos outros tipos axiais, podem suportar cargas radiais de até 55% da carga axial aplicada. São equipados com

rolos esféricos e por isso podem acomodar-se à posição do eixo. Devido à configuração de seu anel de eixo (o flange es-
corregando na cabeça dos rolos) somente podem ser lubrifica-
dos a óleo.

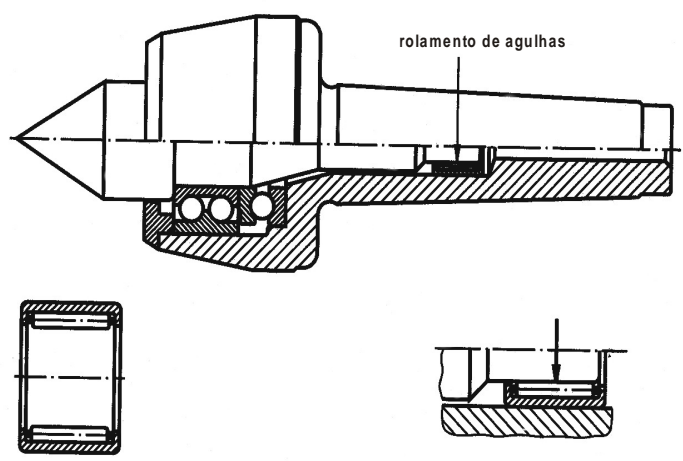
São utilizados com frequência em motores verticais de grande porte, geradores para hidrelétricas, bases de guindastes portuários, escoras de grandes parafusos sem fim, escoras de eixos propulsores de navio, etc.



Rolamentos de agulhas

Funcionam de maneira análoga aos rolamentos de rolos cilíndricos. Apresentam vantagens quanto a sua pequena altura de seção e elevada capacidade de carga. São muito utilizados nas engrenagens do câmbio de automóveis em geral, face à necessidade de se obter montagens bastante compactas. Nessas aplicações, às vezes, o próprio eixo substitui o anel interno e o cubo da engrenagem o externo, o rolamento é constituído apenas por uma gaiola e as agulhas.

Naturalmente tanto o eixo como o cubo da engrenagem devem ser tratados para alcançar características semelhantes às das agulhas: dureza 58 a 64 HRC e rugosidade superficial Ra (ou = 0,2 mm (micrômetros).



CRITÉRIOS PARA A SELEÇÃO DE ROLAMENTOS

Na seleção de rolamentos é necessário considerar uma série de fatores para a determinação exata do melhor rolamento para uma certa aplicação.

O tipo escolhido deverá ser aquele que atendendo à vida nominal desejada, seja, ainda o de mais fácil montagem, de menor preço e de mais fácil aquisição no mercado.

“Projetos excelentes muitas vezes tiveram que sofrer modificações de última hora na fase de construção, pois algum dos rolamentos escolhidos pelo projetista tinham prazo de entrega de 24 meses ou que, mencionados em algum catálogo antigo.

Já tinham deixado de ser fabricados há muito tempo. Portanto, um bom entrosamento entre os setores técnicos e de suprimentos resulta altamente produtivo”.

Direção da carga

A carga a ser suportada pelo rolamento é predominantemente radial ou axial? Se tratar de carga predominantemente radial NÃO podemos utilizar os rolamentos axiais de esferas nem, via de regra, os autocompensadores axiais de rolos. Se tratar-se carga predominantemente axial podemos utilizar esses rolamentos e ainda os rolamentos de rolos cônicos e de contato angular de esferas.

Cargas axiais leves também podem ser suportadas por rolamentos de uma carreira de esferas, ou autocompensadores de rolos ou de esferas. Os rolamentos de uma carreira de esferas podem ter sua capacidade de carga axial aumentada em até 20% quando utilizados com folga interna maior que o normal (C3 e C4).

Naturalmente estes conceitos servem para dar uma idéia ou ponto de partida, ou eliminação, se reduzir a quantidade de tipos até se chegar ao próximo ideal. No quadro a seguir veremos, de uma forma geral, quais os tipos de solicitação a que podemos submeter os diversos tipos de rolamentos.

Intensidade da carga

A intensidade da carga pode influir na escolha do tipo do rolamento, se de esferas ou de rolos, por exemplo. Pode-se dizer que os rolamentos de esferas são usados geralmente quando agem cargas leves ou médias, e os de rolos quando agem cargas médias ou pesadas. Citando alguns exemplos, no caso de bicicletas, como agem cargas leves, usam-se rolamentos de esferas, para rodas de automóveis (cargas médias) podem ser usados tantos rolamentos de esferas como de rolos, e no caso de rodas de caminhões (cargas pesadas), usam-se rolamentos de rolos.

Natureza de carga

Se a carga for variável com o tempo, esta deverá ser convertida numa carga média, para a escolha do tipo e tamanho do rolamento. Se a carga for de choque, deveremos multiplicá-la por fatores que podem ser obtidos em catálogos.

Temos por exemplo, o caso de um rolamento aplicado no câmbio de um automóvel submetido às seguintes solicitações:

Marcha	Carga - kgf	% Utilização
1ª	1295	0,5
2ª	738	2,5
3ª	508	15,0
4ª	0	82,0

É notório que nesse exemplo correríamos o risco de escolher um rolamento muito grande se adotássemos as cargas provenientes em 1ª marcha, ou muito pequeno quando em 3ª ou mesmo em 4ª marcha. Se determinarmos a carga média para o rolamento do exemplo dado verificaremos que esta é apenas de 340 kgf.

Para rolamentos sujeitos a cargas vibratórias intensas, como as que ocorrem em rolos compactadores e peneiras vibratórias, devem ser tomadas precauções não somente da escolha do rolamento em si, mas também quanto ao tipo de gaiola utilizado. Nessas aplicações não é recomendável o uso de rolamentos com gaiolas do tipo standard, pois elas não resistem aos esforços dinâmicos a que são submetidas, partindo-se e liberando os corpos rolantes. Recomenda-se gaiolas maciças de aço ou latão, centradas num dos anéis do rolamento, ou gaiolas prensadas de aço reforçadas.

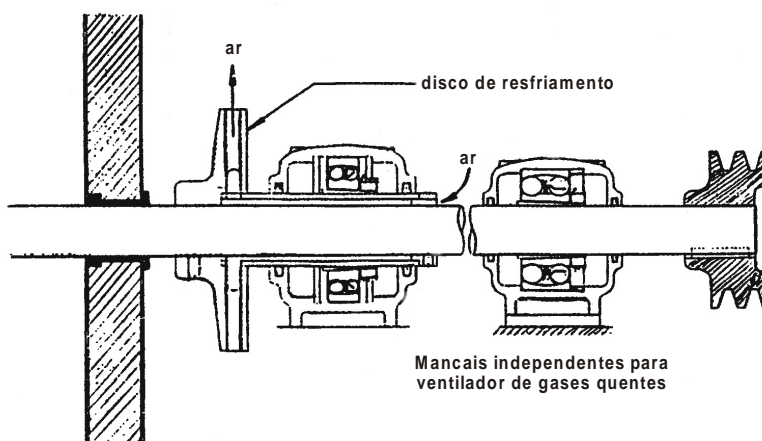
GRAU DE ALINHAMENTO

Duas considerações devem ser feitas: trata-se de aplicar os rolamentos em mancais independentes ou integrantes de uma estrutura única?

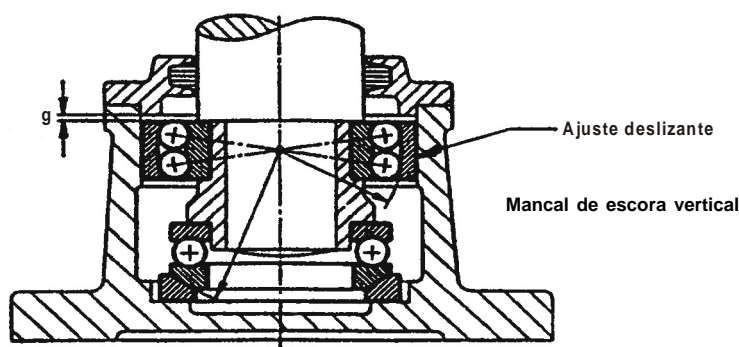
Se os mancais são independentes, devemos utilizar rolamentos autocompensadores (figura a seguir), pois dificilmente poderá ser garantido um perfeito alinhamento entre eles. Esta dificuldade pode ser ilustrada pelo seguinte exemplo:

Por mais que um mecânico tenha se esmerado em conseguir um bom alinhamento entre os mancais de uma máquina numa montagem no período da manhã a 20°C, ao meio dia a temperatura perderá ter subido para 32°C, a estrutura metálica onde se apoiam esses mancais terá sofrido uma série de deformações suficientes para alterar todo o posicionamento original.

Por esse motivo quando utilizamos suportes independentes ou de centragem duvidosa, devemos utilizar rolamentos autocompensadores, a fim de que o conjunto possa alinhar-se automaticamente.

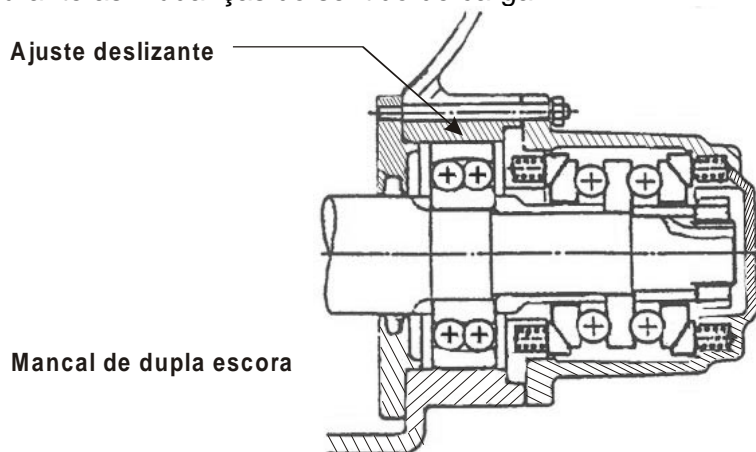


Em mancais de escoras independentes, via de regra, são montados autocompensadores em conjunto: um para suportar esforços axiais e outro para suportar esforços radiais.



Nesse tipo de montagem é importante observar que o centro de compensação do rolamento axial se situe exatamente no centro do rolamento radial, para que ambos oscilem em torno do mesmo ponto. Caso este detalhe não seja levado em consideração os rolamentos serão danificados rapidamente. É interessante destacar também que o rolamento de escora não está centrado na caixa, evitando-se assim que receba esforços radiais. Da mesma forma foi observada uma folga “g” entre a tampa superior e o rolamento radial para garantir que este tenha seu anel externo livre axialmente.

Em equipamentos sujeitos a reversões constantes costuma-se colocar molas sob o encosto do rolamento. Isto é feito para garantir que os anéis permaneçam unidos e centrados durante as mudanças do sentido de carga.



Tratando-se de mancais integrantes de um mesmo bloco, com por exemplo, de caixas de câmbio, motores elétricos e demais equipamentos que possam receber uma boa centragem, poderemos utilizar rolamentos rígidos pois o alinhamento é garantido de forma permanente. É claro que por questões de capacidade de carga ou disponibilidade de estoque, quisermos colocar ali rolamentos autocompensadores, não haverá nenhum inconveniente.

Limite de rotação

Nos catálogos geralmente são indicados os limites de rotação que podem ser atingidos pelos diversos tipos e tamanhos de rolamentos, quando lubrificados com graxa ou com óleo. Esses limites podem ser considerados satisfatórios para a grande maioria dos equipamentos fabricados na atualidade.

Existem, entretanto, casos em que os valores de rotação são bem mais elevados, como por exemplo em pequenas retificadoras, turbinas e centrifugadoras. Para trabalhar a rotações superiores àquelas indicadas nos catálogos, é necessário que sejam previstas uma série de medidas suplementares, como por exemplo tipo de gaiola, tolerâncias, lubrificação, etc.

No desempenho em altas rotações se destacam os rolamentos rígidos de uma carreira de esferas, os de contato angular, e os de rolos cilíndricos. Os rolamentos cônico apresentam sérias restrições devido à elevada temperatura que se desenvolve entre o flange de encosto do anel interno e os rolos, onde ocorre atrito de escorregamento.

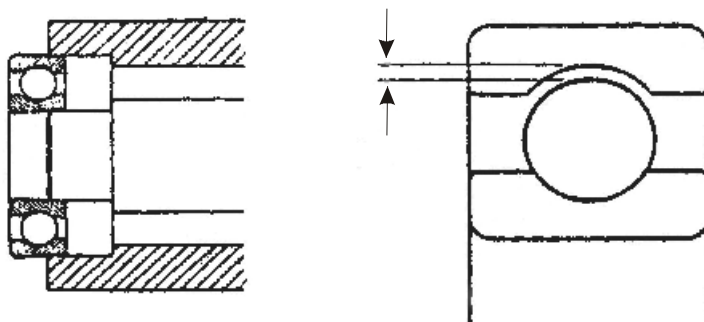
Gaiola

Como já comentamos, os limites de rotação dos rolamentos com gaiolas standard são tabelados. Acima das rotações indicadas, essas gaiolas passam a oscilar violentamente sobre os corpos rolantes provocando aquecimento e vibrações até que se destruam. Se quisermos ir além desses limites, portanto, devemos adotar formas construtivas e materiais mais resistentes (também encontradas no mercado).

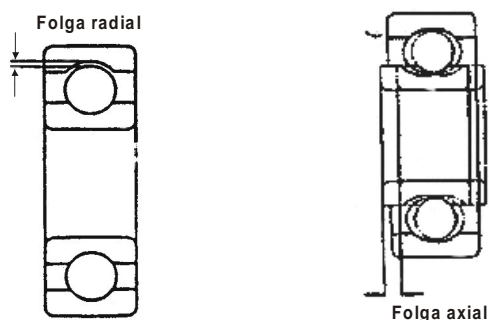
FOLGA

Geralmente um dos anéis do rolamento tem que estar firmemente fixado no eixo ou na caixa. Às vezes isto é feito em ambos os anéis. Em qualquer caso, isto é obtido fazendo o eixo um pouco maior que o furo do anel interno, e ou então, o assento da caixa um pouco menor do que o diâmetro externo do anel externo. Dessa forma, o anel interno será expandido e o anel externo será comprimido numa certa proporção.

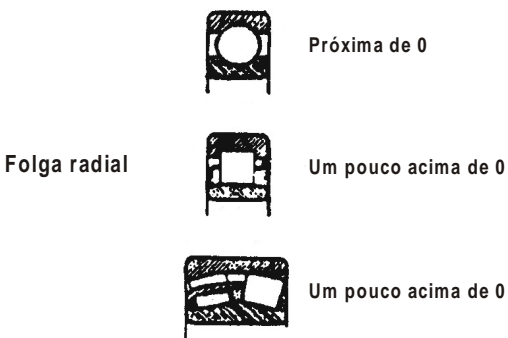
Conseqüentemente o espaço disponível para os corpos rolantes diminuirá quando o rolamento for montado, e isto é levado em conta quando o rolamento é fabricado. O rolamento deve ter uma folga interna maior antes da montagem, a fim de evitar que os corpos rolantes sejam comprimidos quando o rolamento for montado na máquina.



A folga interna do rolamento é definida como a distância total através da qual um anel do rolamento pode se mover em relação ao outro na direção radial (folga radial interna) ou na direção axial (folga axial interna). A folga radial interna é um fator importante no desempenho satisfatório do rolamento. Quando um rolamento é posto em trabalho, a temperatura dos anéis e corpos rolantes aumenta. Se estes componentes não se mantêm a uma temperatura uniforme, eles terão diferentes graus de dilatação, o que também influenciará na folga interna do rolamento.

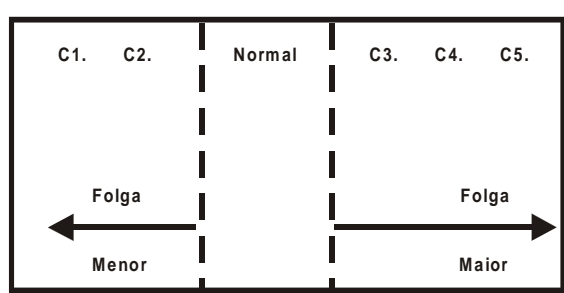


Em operação a folga interna de um rolamento de esferas deve ser próxima de zero. Os rolamentos autocompensadores de rolos e os de rolos cilíndricos necessitam sempre de uma pequena folga interna, ligeiramente maior que a dos rolamentos de esferas. A folga normal de um rolamento é tal que, com os ajustes normalmente usados para o anel interno e externo, e sob condições normais de operação, seja mantida em funcionamento a folga recomendada para este rolamento.



Os rolamentos com folga interna diferente da normal são usados em casos onde as condições de operação exigem que ambos os anéis sejam montados com interferência ou quando as condições de temperatura são excepcionais. Um ajuste deslizante no eixo ou uma temperatura mais alta no anel externo podem, por exemplo, exigir uma folga menor que a normal. Ajuste interferente em ambos os anéis, ou ajuste interferente no eixo ou temperatura muito elevada no anel interno, exigem em geral folga maior que a normal. Os rolamentos com folgas diferentes da normal são designados pelos sufixos C1 a C5.

Os valores de folgas internas nas diferentes classes para os principais rolamentos estão listados em catálogos.



Exemplos de seleção de folga diferentes da normal

Condições de Trabalho	Exemplos de Aplicações (referências)	Folga
Casos de grande flexão no eixo	Roda traseira de veículos	Equivalente ao C5
Casos de passagem do vapor em eixos vados ou casos de aquecimento de rolos	Máquinas de de papel	C3 C4
	Mesa de rolos de laminadores	C3
Casos de grandes cargas de choque e vibração Casos de ajuste com interferência tanto no anel externo	Motor de tração	C4
	Peneira vibratória	C3 C4
	Acoplamentos hidráulicos	C4
	Diferencial de tratores	C4
Casos de ajuste com folga tanto no anel int. como no anel exterior	Pescoço de cilindro de laminação	Equivalente ao C2
Casos de exigência severa no ruído e vibração durante o trabalho	Motores elétricos pequenos (aplicação especial)	C1 C2 CM
Casos como o de ajuste de folga na instalação para controlar o desvio de giro do eixo	Eixo principal de torno	CC9 CC1

Folgas C1 e C2 são utilizadas, por exemplo, em rolamentos para cabeçotes de torno, de retificas de precisão ou em conjuntos corôa-pinhão, onde uma boa rigidez é necessária. As condições de aplicação de rolamentos C1 e C2 devem ser muito bem estudadas. Uma montagem com muita interferência nos assentos ou passagem de calor pelo eixo podem eliminar completamente a folga interna do rolamento, danificando-o prematuramente.

As folgas C3, C4 e C5, são utilizadas quando o anel interno for mais aquecido do que o externo ou quando forem utilizados ajustes apertados nos assentos.

A folga C3 é utilizada em equipamentos como grandes motores elétricos, laminadores, fusos em alta rotação. Com relação ao ajuste, deve ser utilizado rolamento com folga C3 sempre que se especifiquem eixos com tolerâncias n6, r6, r7.

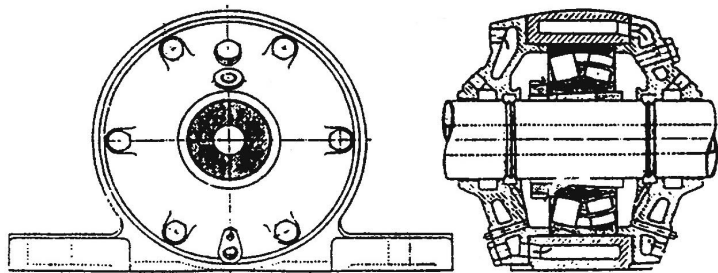
As folgas C4 e C5, são utilizadas em equipamentos com calandras e cilindros secadores onde o eixo é oco para permitir a passagem de vapor seco (temperatura em torno de 120°C, geralmente).

Temperatura

Uma questão importantíssima é saber qual a temperatura de trabalho a que será submetido o rolamento. Esta questão não é apenas importante sob o ponto de vista de lubrificação, mas também porque: rolamentos standard não devem trabalhar a temperaturas superiores a 120°C.

Acima dessa temperatura começa a ocorrer uma série de modificações na estrutura do rolamento, perda de precisão de forma de seus componentes e redução de capacidade de carga. Por isso, se a temperatura de trabalho ultrapassar esse limite, devemos considerar as seguintes possibilidades:

- Utilizar um sistema de lubrificação que nos permita resfriar o rolamento: circulação de óleo, atomização de óleo ou spray.
- Resfriar o eixo ou a caixa através de circulação de água ou de ar.



Mancal refrigerado a água

Utilizar rolamentos estabilizados, isto é rolamentos que, antes da retificação final, tenham sido submetidos a um revenimento à temperatura em que serão utilizados. Nas designações de rolamentos desse tipo podem receber sufixos como por exemplo:

Sufixo	Temperatura
S0	até 150°C
S1	até 200°C
S2	até 250°C
S3	até 300°C

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

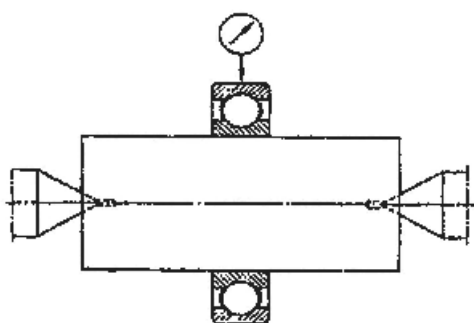
.....

.....

.....

PRECISÃO DE GIRO

Nenhum rolamento possui uma concentricidade perfeita entre o centro geométrico de suas pistas e o de seus assentos, isto é, todos os rolamentos têm um certo grau de excentricidade entre seus anéis. O deslocamento obtido girando-se o anel interno ou anel externo do rolamento de uma volta é chamado desvio de giro (run-out) e equivale a 2 vezes a excentricidade.



Desvio de giro radial

("Run-out radial") do anel interno

Rolamentos com pequenas excentricidade são qualificados como de "boa precisão de giro".

Um maior ou menor grau de precisão pode ser expresso pelos sufixos:

P6, P5, P4, SP, UP

----->

MAIOR PRECISÃO

Esses sufixos expressos numericamente para um rolamento de uma carreira de esferas 6210 com 50 mm de furo e 90 mm de diâmetro externo, apresentariam o seguinte quadro:

Categoria de precisão	Normal	P6	P5	P4	SP	UP
Run-out radial do anel						
inteiro	15	10	5	4	*	2

Valores em 0,001 mm

Os sufixos P6, P5 e P4 podem ser combinados com os de folga interna, por exemplo: P6 com C3 é indicado simplesmente por P63, tendo uma designação: 6205 TP/P63.

A precisão de giro adequada a cada tipo de aplicação é ditada pelas tolerâncias que desejamos alcançar nas peças a serem produzidas. Tratando-se de um torno de produção, por exemplo, seria recomendável utilizar rolamentos P6. Um torno de precisão requeria rolamentos P5, P4 ou SP.

Retíficas e equipamentos com requisitos de giro extremamente precisos necessitam rolamentos UP.

Neste ponto convém chamar a atenção do projetista para um comentário bastante importante.

“De nada adianta instalar um rolamento de alta precisão em um eixo ou suporte totalmente ovalizado ou cônico. Esses elementos também deverão ser construídos com tolerâncias de ajuste e de forma compatíveis com o grau de precisão que se deseje alcançar”.

Para o rolamento 6210/UP, por exemplo, essas tolerâncias seriam:

- eixo: diâmetro 50 JS4/ IT1* $\pm 0,0035/ 0,0015$
- caixa: diâmetro 90 JS4/ IT1* $\pm 0,0005/ 0,0025$

(* conicidade e ovalização máximas, ver outras tabelas)

desvio máximo da face do encosto da caixa:

IT2 = 0,004 mm

desalinhamento máximo entre mancais para L = 300 mm

e = 0,003 a 0,005 mm

Uma vantagem paralela oferecida pelos rolamentos de alta precisão é a de permitir limites de rotação mais elevados, graças a uma melhor centragem e acabamento de seus componentes.

É por isso que para rotações acima dos limites de catálogo se costuma usar rolamentos com precisão maior que a normal.

Tipo de gaiola, folga interna, lubrificação e precisão dos componentes afins são fatores muito importantes no desempenho dos rolamentos de alta precisão. Cada um desses elementos deve ser cuidadosamente estudado de forma a compor um conjunto que trabalhe harmoniosamente.

Seleção do tamanho

Para selecionar o tamanho de um rolamento é necessário estar de posse dos seguintes dados:

F_a = carga axial, kgf

F_r = carga radial, kgf

n = rotação, r/min

L_h = vida nominal desejada, horas

As três primeiras informações podem ser obtidas mediante cálculo ou mediante medição no caso de haver protótipos de máquina em funcionamento. Se as forças forem variáveis, deverão ser convertidas em forças médias.

O valor L_h , ou seja da vida nominal do rolamento deve ser determinado, pelo projetista, em função do tipo de equipamento ou grau de confiabilidade desejado.

Antes porém uma rápida definição do que seja vida ou duração de um rolamento:

“A vida de um rolamento defini-se como número de rotações (ou número de horas de funcionamento a uma velocidade constante) que pode suportar o rolamento antes que apareçam sinais de fadiga em algum de seus anéis ou de seus corpos rolantes”.

A experiência mostrou que rolamentos individuais do mesmo tipo e material, têm vidas diferentes mesmo sob idênticas condições de funcionamento. O cálculo do tamanho do rolamento exige uma definição especial da palavra vida.

A esta vida chamamos de “vida nominal” do rolamento, conceito este adotado pela ISO.

Portanto a “vida nominal” é determinada teoricamente e depende apenas do fator fadiga. Já “duração” é um termo ligado a fatores como qualidade da lubrificação, montagem, cargas imprevistas e outros. Pode ser que, teoricamente, se verifique que um rolamento poderia apresentar uma vida nominal $L_h = 20.000$ horas sob determinada carga e rotação. Entretanto, se esse rolamento for danificado ainda durante a montagem, for mal lubrificado, ou receber outra espécie de dano, poderá ter sua DURAÇÃO reduzida a algumas dezenas de horas.

Para determinarmos qual a vida nominal, para a qual devemos dimensionar um rolamento poderemos utilizar tabelas. Os valores entrados nas tabelas geralmente são fruto da experiência prática do fabricante e normalmente podem ser considerados como adequados.

TOLERÂNCIAS

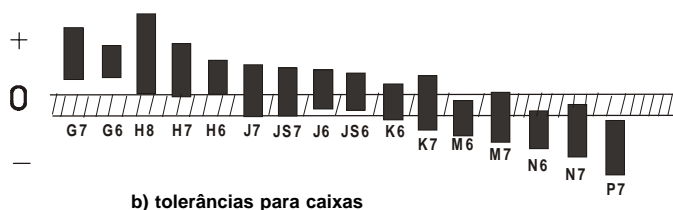
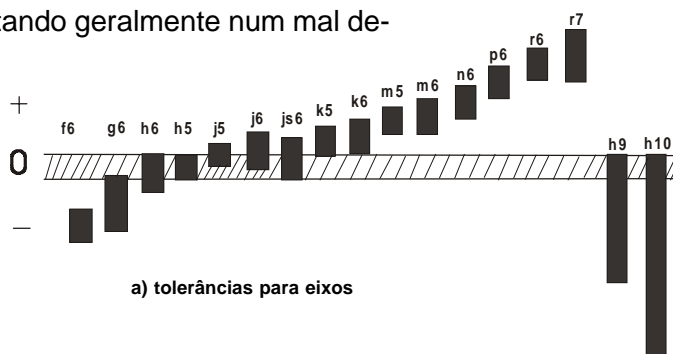
Fixação de rolamentos

Tolerâncias: uma condição básica para uma boa aplicação de rolamentos é a correta especificação de ajustes para os eixos e os suportes (figura a seguir). Indicações do tipo “ajustar na montagem” ou “montar batido” em lugar da devida tolerância apenas transferem a responsabilidade do projetista para o mecânico ou o montador, resultando geralmente num mal desempenho do rolamento.

A escolha do ajuste adequado para um determinado tamanho e tipo de rolamento deverá levar em consideração os seguintes fatores:

Material do suporte*:

tratando-se de ligas leves pode ser necessário utilizar ajustes um pouco mais apertados que o normal. Interferências excessivas, entretanto, podem obrigar a esforço de montagem tais que levem o material do suporte a seu limite de escoamento.



Campos de tolerâncias (a faixa hachurada indica a tolerância do anel do rolamento)

Espessura de paredes: no caso de paredes muito finas, também pode ser necessária a adoção de ajustes com maior interferência de forma a compensar as dilatações radiais.

Vibração: recomenda-se ajustes com interferência a fim de evitar escorregamentos no eixo ou na caixa*.

Cargas pesadas e choques: ajustes com forte interferência para evitar escorregamentos. Estes fatores, entretanto, servem apenas para dar-nos uma idéia geral se devemos utilizar ajustes com maior ou menor grau de interferência. Para determinarmos especificamente qual dos anéis do rolamento

deverá ser montado com folga e qual com interferência (montar ambos com interferência, tornaria a montagem extremamente difícil), é necessário fazermos em cada anel.

*** Caixa ou Suporte**

Peça ou parte da máquina onde é alojado o anel externo do rolamento (ou “anel de caixa” no caso de rolamento axial).

Ex.: Anel externo

“Carga fixa sobre o anel externo”. O anel externo permanece estático recebendo a carga sempre na mesma região enquanto o anel interno gira. Ex.: mancais de transmissão por correia. Tolerância H8, H7 e J7 (G7 no caso de passagem de calor pelo eixo). Essas tolerâncias dão ajuste com folga, com exceção de J7 que é aderente.

“Carga rotativa sobre o anel externo”. O anel externo gira e passa sucessivamente pela zona de carga. Ex.: roda dianteira de automóvel não acionada. É necessário utilizar ajuste apertado neste anel para evitar que escorregue no cubo à medida que se desloca pela zona de carga.

Tolerância M7, N7 ou P7.

Existe ainda a possibilidade de um rolamento estar sujeito à ação de “cargas com direção indeterminada”. Seria o caso, por exemplo, de um ventilador vertical de teto. Temos, atuando nos rolamentos cargas provenientes de desbalanceamento das pás do ventilador. Se a magnitude dessas cargas não forem conhecidas, é conveniente montar ambos os anéis com ajuste com interferência. Podem ser usados também com folga e fixação do rolamento com adesivos químicos (loctite ou similares).

Importância do ajuste

Os rolamentos serem assentados com reduzida interferência no eixo, quando girados com carga no anel interno, podem apresentar entre o anel interno e o eixo um prejudicial movimento relativo na direção circunferencial. Esta ocorrência denominada de deslizamento, é o fenômeno que se apresenta em forma de deslocamento da posição do anel de rolamento em relação ao eixo ou ao alojamento na direção circunferencial, devido a mudança do ponto de aplicação de carga nesta direção nos casos de interferência insuficiente na superfície de ajuste.

Uma vez ocorrido o deslizamento a superfície de ajuste desgasta-se consideravelmente, em muitos casos danificando o eixo ou o alojamento. Além disto, há casos em que as partículas desgastadas ao penetrarem no interior do rolamento, causam ocorrências como o de aquecimento anormal, vibração, entre outros.

Conseqüentemente, é importante evitar o deslizamento durante a operação, do anel de rolamento que irá girar apoiando a carga, fixando-o no eixo ou no alojamento através de uma interferência adequada. Cabe lembrar que são também grandes, os casos em que somente como o aperto do rolamento na direção axial, os deslizamentos não podem ser evitados.

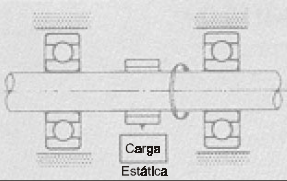
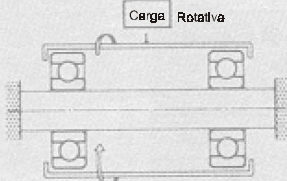
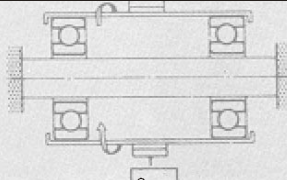
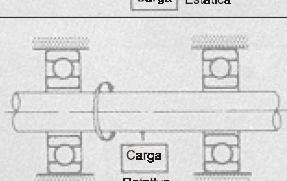
Por outro lado, o anel que apoia a carga estática, normalmente, não requer a interferência.

Ainda de acordo com a dificuldade das condições de utilização, instalação e remoção, há casos em que o ajuste é efetuado sem interferência no anel interno e no anel externo. Nestes casos, em relação aos danos na superfície de ajuste que podem ser previstos com o deslizamento, cuidados além da lubrificação devem ser tomados.

Seleção do ajuste

(1) Natureza da carga e ajuste: a seleção do ajuste é determinada pela direção da carga que incide sobre os rolamentos e as condições de giro dos anéis internos e externos, normalmente, pode ser baseada na tabela a seguir.

Natureza da carga e ajuste

Direção de Carga	Rotação do Rolamento		Natureza da Carga	Ajuste	
	Anel Interno	Anel Externo		Anel Interno	Anel Externo
	Rotativo	Estático	Carga Rotativa no Anel Interno	Com Interferência	Com Folga
	Estático	Rotativo	Carga Rotativa no Anel Externo		
	Estático	Rotativo	Carga Rotativa no Anel Externo	Com Folga	Com Interferência
	Rotativo	Estático	Carga Rotativa no Anel Interno		
Cargas de Direção Inconstante	Rotativo ou Estático	Rotativo ou Estático	Cargas de Direção Inconstante	Com Interferência	Com Interferência

Os fabricantes, geralmente fornecem tabelas com os critérios de seleção de ajustes e os limites para tolerâncias.

A seguir alguns exemplos para esclarecimento.

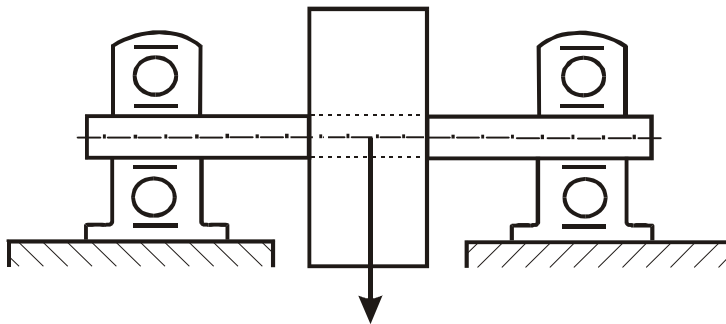
Exemplo de aplicação de tolerâncias:

1. Mancais para polia

Rolamento: 2210 ($d = 50 \text{ mm}$, $D = 90 \text{ mm}$)

Carga: 160 kgf ("carga normal")

Caso típico de carga fixa no anel externo (tensão da correia comprime esse anel sempre no mesmo ponto) e de carga rotativa no anel interno (este anel gira em relação à zona de carga).



As tolerâncias conforme tabelas seriam:

EIXO: $d\ 50\ k5\ +0,013\ /\ +0,002$

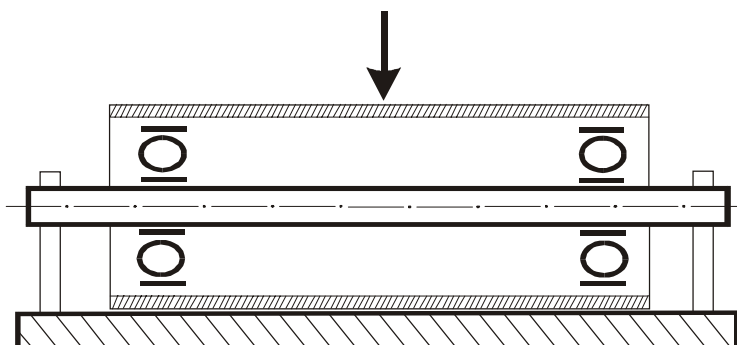
CAIXA: $D\ 90\ H7\ +0,035\ /\ 0$

2. Rolo transportador

Rolamento: 6208 ($d = 40$, $D = 80$ mm)

Carga: 50 kgf ("carga normal")

O eixo permanece parado enquanto o rolete gira, logo a carga é fixa sobre o anel interno e rotativa sobre o externo. Portanto escolheríamos os seguintes ajustes:



EIXO: $d\ 40\ h6\ 0\ /\ -0,016$

CAIXA: $D\ 80\ M7\ 0\ /\ -0,030$

3. Ventilador vertical (mancal inferior)

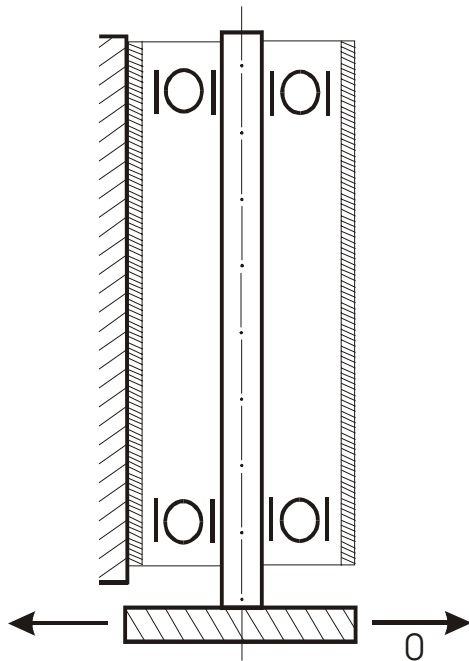
Rolamento: 6203 ($d = 17$, $D = 40$ mm)

Carga: 80 kgf ("carga normal")

O rotor possui pequenos desbalanceamento que originam cargas rotativas sobre o anel externo. Portanto note bem que, mesmo esse anel permanecendo estático, está sujeito a escorregar em seu suporte. O anel interno gira mas recebe a carga sempre num mesmo ponto. Portanto teríamos:

EIXO: $d = 17$ h6 0 / -0,011

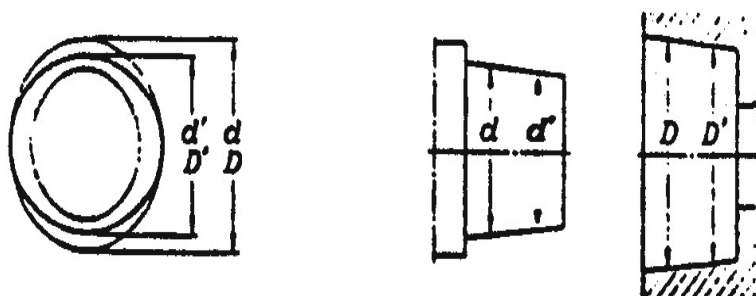
CAIXA: $D = 40$ M7 0 / -0,025



Muitos fabricantes preferem montar os rolamentos para ventiladores para de teto com adesivos do tipo loctite. Neste caso tanto o ajuste da caixa como o do eixo poderão ser deslizantes.

DESVIOS GEOMÉTRICOS DOS ASSENTOS

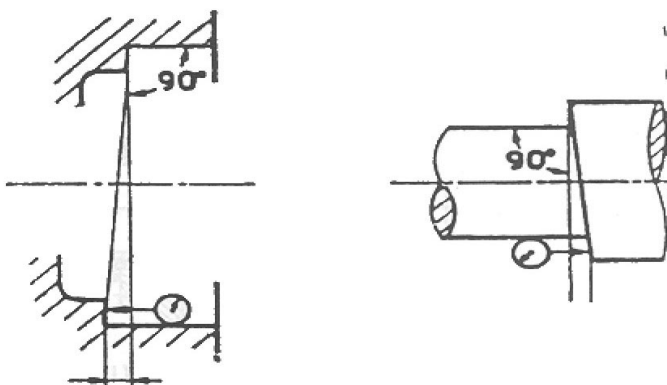
Um assento (eixo, caixa ou encosto) construído com erros de forma excessivos, deforma facilmente os anéis do rolamento danificando-o rapidamente. Por esse motivo, para atingirmos a vida nominal ou a precisão de giro prevista em projeto é necessário um controle rigoroso dos desvios geométricos dos assentos ou encostos onde se apoiarão o rolamento. Para aplicações normais os desvios máximos como conicidade e ovalização, vide figura 30, não deverão ultrapassar a metade da faixa de tolerâncias adotadas.



Exemplo

EIXO $d = 80 \text{ k5} + 0,015 / + 0,002$.

Desvio máximo permissível: 0,006. Isto indica que medindo ao longo do eixo e em planos de 45 graus, não podemos encontrar discrepâncias maiores de 0,006 entre os valores obtidos. Com relação aos encostos axiais na caixa e no eixo os erros de perpendicularidade não deverão ser superiores à faixa de tolerância IT6. Para a seleção do valor IT6 correspondente deve-se considerar o diâmetro médio do encosto.



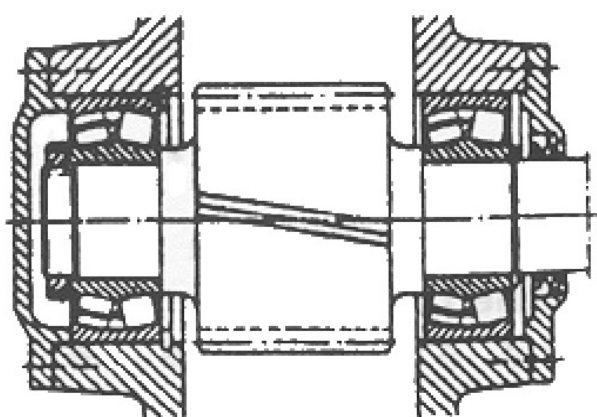
[illegible]

FIXAÇÃO AXIAL DOS ROLAMENTOS

Existe uma regra fundamental para uma correta aplicação de rolamentos:

Regra Livre Bloqueio:

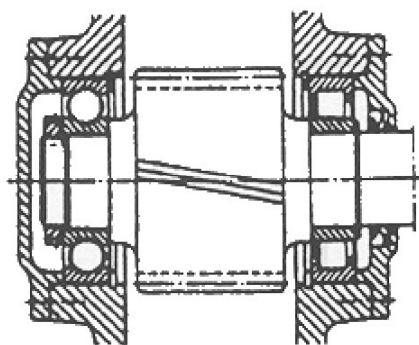
“Se dois ou mais rolamentos são montados num mesmo eixo, apenas um deles deve ser bloqueado axialmente (fixado o eixo ou na caixa, a partir de qual anel recebe carga rotativa)”.



Bloqueado

Livre

Caso a carga seja rotativa sobre o anel externo, o rolamento deverá ser fixado na caixa e livre no eixo, por exemplo.



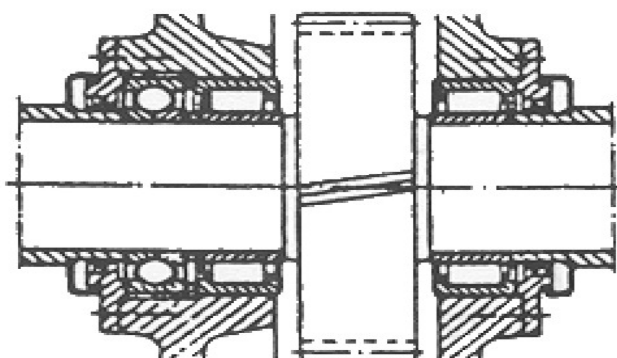
Bloqueado

Livre (Internamente)

Este tipo de montagem permite a compensação das dilatações axiais do eixo ou possíveis erros de posicionamento das caixas ou tampas.

Exceções à regra anunciada:

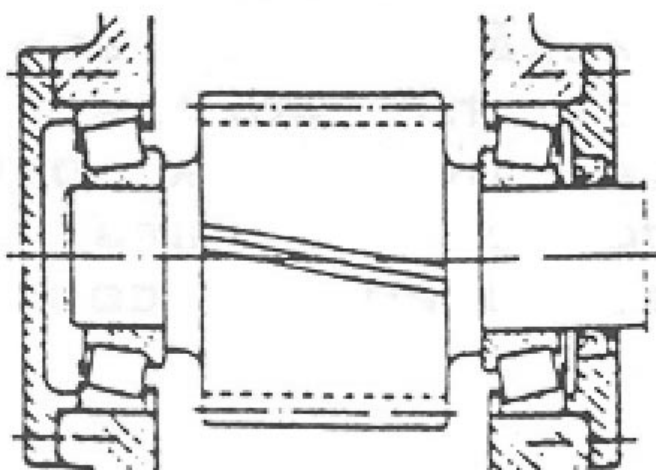
1) Rolamento de rolos cônicos e de contato angular de esferas dispensam este tipo de montagem, já que são ajustados em pares um contra o outro.



Bloqueado

Livre (Internamente)

2) Também nas aplicações que se utilizam rolamentos de rolos cilíndricos esta regra pode ser dispensada, nesses casos o próprio rolamento absorve esses deslocamentos graças a sua capacidade de movimentar-se axialmente sobre sua própria pista.

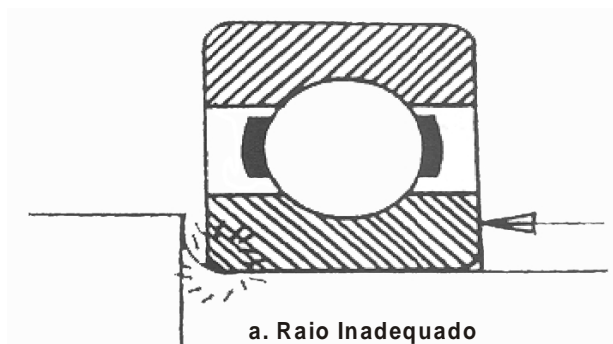


Ambos lados bloqueados

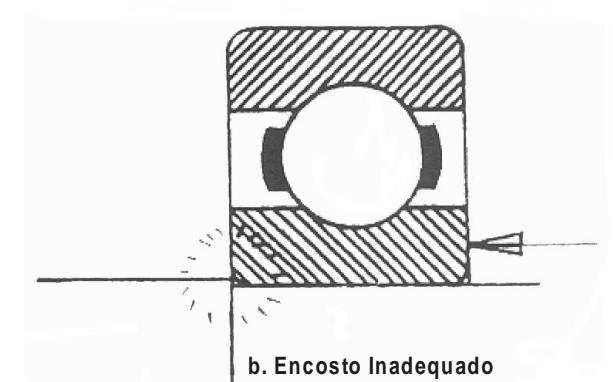
3) Num eixo com dois rolamentos de contato angular tipo G de um lado, o par funciona como se fosse um único rolamento e geralmente é bloqueado. O rolamento oposto deve ser livre, exceto se for de agulhas ou rolos cilíndricos.

CONCORDÂNCIA E ALTURA DOS RESSALTOS

Se montarmos um rolamento sobre um encosto com raio de concordância muito grande podemos partir seu anel interno.



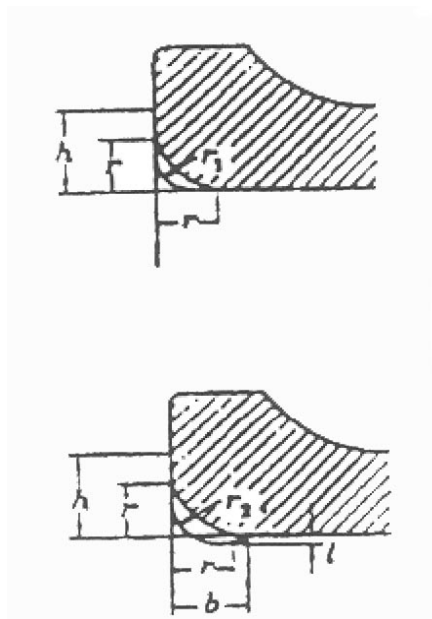
O mesmo ocorre se a altura desse encosto for muito pequena.



Muitos rolamentos são danificados dessa forma antes que seja descoberto que um desses pequenos detalhes é o responsável pela fratura do anel interno.

Na tabela abaixo, são indicadas as dimensões apropriadas para o correto dimensionamento desses encostos em função do canto “r” do rolamento (também conhecido por chanfro ou aresta). Podemos observar, por exemplo, que para um rolamento 6312, com $r = 3,5 \text{ mm}$ o raio máximo de concordância do eixo seria de 2 mm, a altura mínima do encosto seria $h = 4,5 \text{ mm}$.

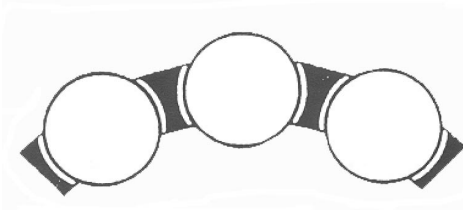
Concordância e altura de ressalto para eixos e caixas.



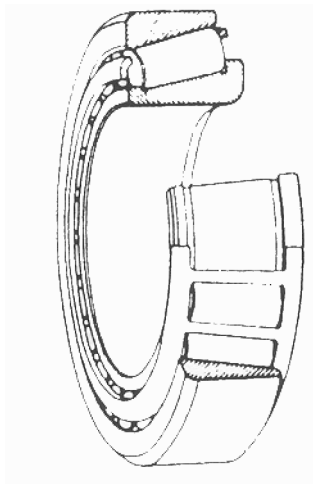
Medida nominal da aresta do rolamento r	Altura do ressalto para rolamentos radiais ¹		Raio de concordância $r_1 \text{ máx}$	Rebaixo arredondado		
	h	$h \text{ mín}$		$h \text{ mín}$	r_2	b
0,5	1	2	0,3	-	-	-
1	2,5	2	0,6	-	-	-
1,5	3	2,5	1	0,2	1,3	2
2	3,5	3	1	0,3	1,5	2,4
2,5	4,5	3,5	1,5	0,4	2	3,2
3	5	4	2	0,5	2,5	4
3,5	6	4,5	2	0,5	2,5	4
4	7	5,5	2,5	0,5	3	4,7
5	9	7,5	3	0,5	4	5,9
6	11	9	4	0,6	5	7,4
8	14	11	5	0,6	6	8,6
10	18	14	6	0,6	7	10

GAIOLA

A função da gaiola no rolamento é manter os corpos rolantes espaçados na distância correta e, em certos casos, guiá-los, em particular no caso dos rolos.

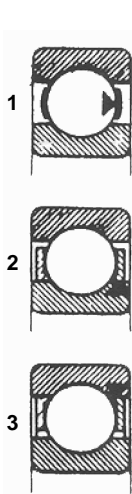


Em rolamentos separáveis, como os rolamentos de rolos cônicos, os corpos rolantes são retidos pela gaiola de modo que não caiam.



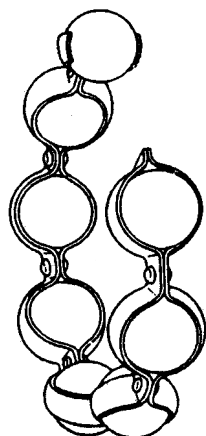
As gaiolas são feitas de chapa de latão ou aço prensado (gaiolas prensadas), então são maciças e usinadas (gaiolas usinadas). O latão é o material geralmente empregado em gaiolas usinadas, mas também outros materiais como aço ou ferro fundido modular são às vezes usados para esse propósito.

As gaiolas de certos rolamentos são feitas de plástico, nylon ou plástico fenólico reforçado.



A posição relativa da gaiola quanto ao centro do rolamento, é dada pelos corpos rolantes ou pelos próprios anéis do rolamento. Conseqüentemente as gaiolas são classificadas em:

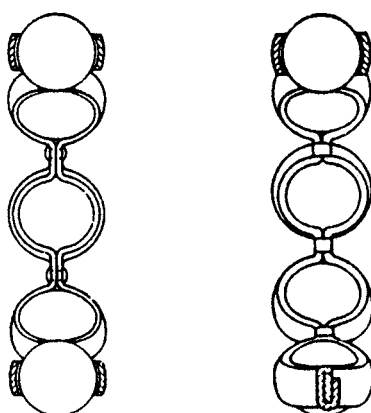
1. Gaiolas centradas nos corpos rolantes;
2. Gaiolas centradas no anel interno;
3. Gaiolas centradas no anel externo.



Vejamos agora as gaiolas usadas nos tipos mais comuns de rolamentos começando com o rolamento rígido de esferas.

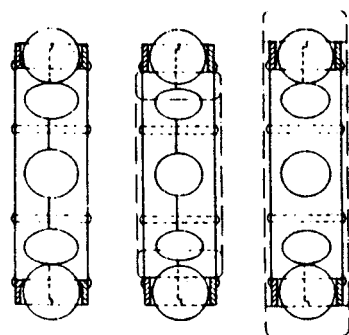
A maioria dos rolamentos rígidos de esferas são providos de gaiolas prensadas. Cada gaiola é formada por duas metades iguais de chapa prensada.

As duas partes da gaiola são rebitadas quando o rolamento é montado. as duas metades da gaiola para rolamentos pequenos são unidas por linguetas da própria gaiola que se entrelaçam.



Entretanto as gaiolas para rolamentos de tamanho pequeno são de latão prensado.

Os rolamentos com gaiolas prensadas podem ser usados na maioria das aplicações. A gaiola prensada deixa um ótimo espaço para a graxa lubrificante e pode resistir a altas temperaturas.

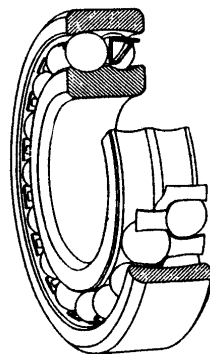


As gaiolas usinadas são usadas em rolamentos rígidos de esferas que trabalham sob condições especiais, por exemplo, em altas rotações ou com rápida aceleração. A gaiola usinada pode ser centrada nas esferas, no anel interno ou externo, dependendo das condições de rotação.

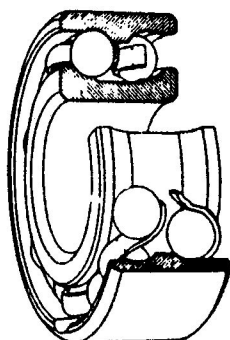
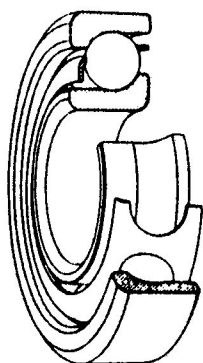
A gaiola usinada centrada no anel externo é o tipo mais utilizado.

As gaiolas feitas de nylon ou plástico fenólico reforçado são usadas em um grande número de rolamento usados para altas rotações.

Os rolamentos autocom-pensadores são fabricados com uma gaiola prensada que possui bordas dobradas para separar as esferas. A gaiola é centrada nas esferas.



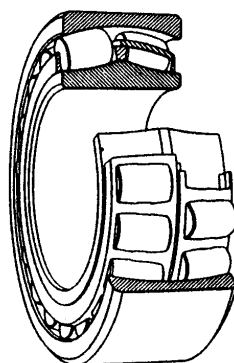
Os rolamentos para operar em altas rotações ou em aplicações com vibração são equipados com gaiolas usinadas.



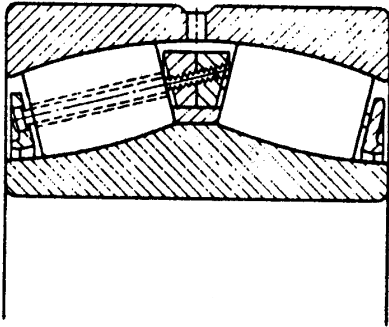
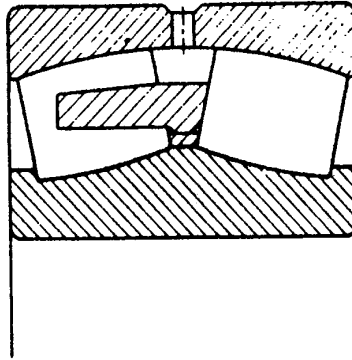
A gaiola padronizada para os rolamentos de uma carreira de esferas de contato angular é feita de uma tira de aço prensado com furos estampados para as esferas.

Os rolamentos de algumas séries, contudo, são fornecidos com gaiolas de plástico fenólico reforçado. As gaiolas padronizadas dos rolamentos de duas carreiras de esferas de contato angular, são feitas de aço prensado ou de latão prensado.

Os rolamentos auto-compensadores de rolos de construção C, têm gaiolas prensadas feitas de aço ou latão. A gaiola é um tanto quanto elástica e isto possibilita ao rolo ser desmontável, se por uma razão ou outra for necessário verificar a pista do anel interno.

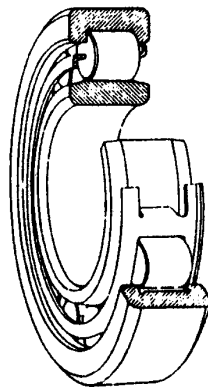


Os rolamentos auto-compensadores de rolos de grandes dimensões de execução CA têm gaiolas usinadas tipo pente, feitas de aço ou latão e possuem anel interno com flanges de retenção.

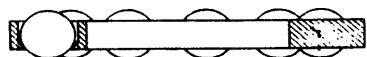
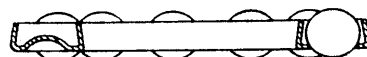
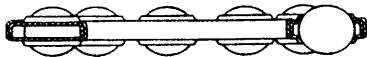


Os rolamentos de construção CB têm rolos furados e gaiolas tipos pino.

A gaiola padronizada para os rolamentos de uma carreira de rolos cilíndricos é feita de aço prensado e tem o perfil em forma de Z. A gaiola tem as janelas estampadas com as bordas dobradas para dentro, para evitar a queda dos rolos.



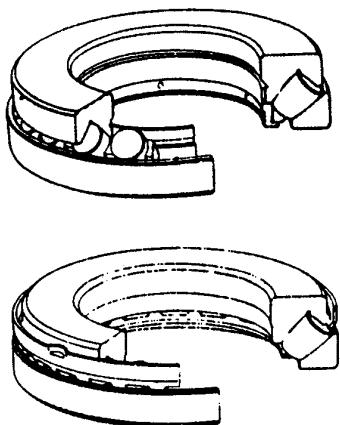
Alguns rolamentos de rolos cilíndricos são equipados com gaiolas usinadas.



Os rolamentos axiais de esferas pequenas têm gaiola prensada de duas metades em forma de U entrelaçadas. Eles podem também ser fabricados com uma gaiola prensada em W de uma só peça (sufixo J9).

Fabricar estampas e prensas para produzir rolamentos

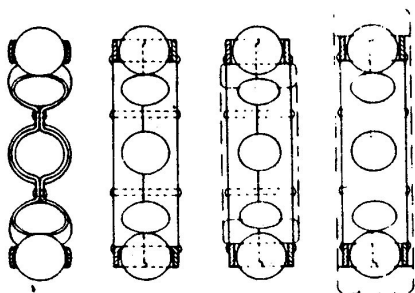
em pequenas quantidades não é um processo econômico, sendo por essa razão que certos rolamentos maiores são providos de gaiolas usinadas.



Os rolamentos axiais autocompensadores de rolos são providos de gaiolas prensadas ou usinadas. Os rolamentos com sufixo B tem gaiolas de aço prensadas. Todos os outros rolamentos possuem as gaiolas usinadas, as quais são centradas em uma bucha presa no furo do anel de eixo.

A engenharia de produção e razões funcionais fizeram com que fosse necessário fabricar gaiolas de diferentes desenhos para alguns tipos de rolamento.

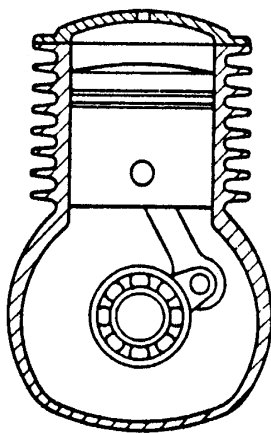
Os rolamentos de pequeno e médio tamanho são produzidos em altas quantidades, o que torna o emprego do processo de prensagem uma



solução econômica. Os rolamentos grandes feitos geralmente em quantidades pequenas, são produzidos com gaiolas usinadas, sem recorrer a outros métodos de produção em alta escala.

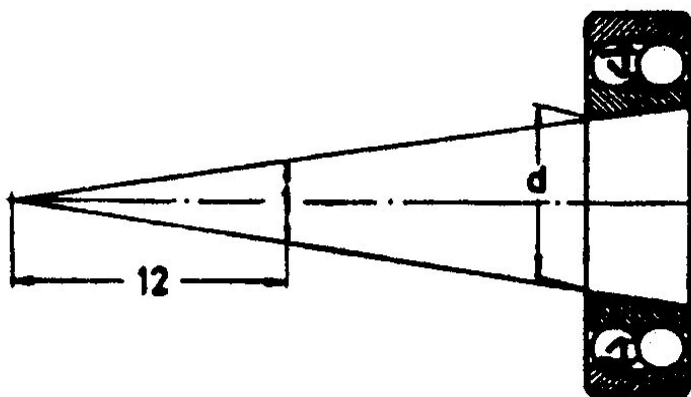
As gaiolas usinadas são também recomendados para rolamentos sujeitos a severas vibrações ou rápidas acelerações.

As forças de aceleração e desaceleração em certas aplicações de rolamentos, especialmente as que envolvem árvores de manivelas, são tão grandes que impedem o uso de qualquer tipo de gaiola. Em tais casos devem ser empregados rolamentos sem gaiola.



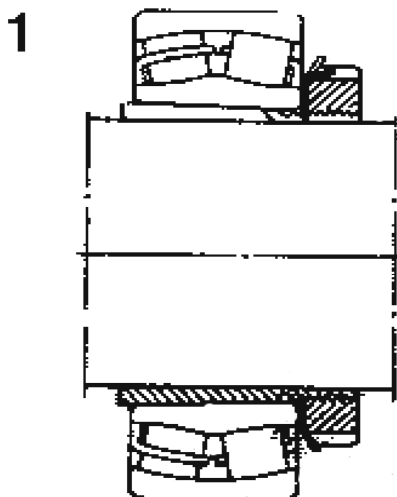
ROLAMENTOS COM FURO CÔNICO

Certos tipos de rolamentos, tais como os rolamentos autocompensadores de esferas, de rolos e rolamentos de duas carreiras de rolos cilíndricos, são fabricados numa versão com furo cônico. No caso de rolamentos de tamanho médio e pequeno a conicidade é de 1 por 12, e, para grandes rolamentos, 1 por 30. Os rolamentos com furo cônico podem ser montados sobre buchas de fixação, de desmontagem ou em eixos com assento cônico.



BUCHAS DE FIXAÇÃO E DESMONTAGEM

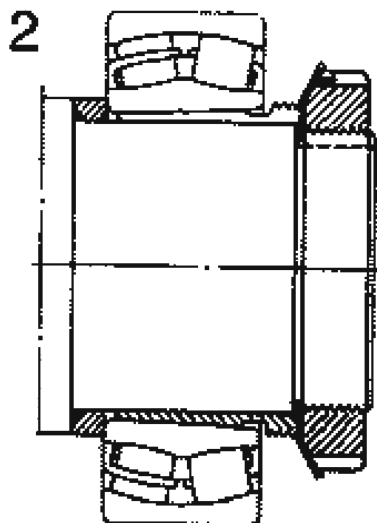
As buchas de fixação e de desmontagem são usadas para fixar rolamentos com furo cônico sobre assentos cilíndricos. Elas facilitam a montagem e desmontagem dos rolamentos e simplificam o arranjo. As buchas de fixação são mais usadas por permitirem a montagem de rolamentos como demonstrado (1) .



Elas são mais fáceis de montar do que as buchas de desmontagem e não requerem nenhuma fixação adicional do eixo.

Usando buchas de fixação com eixos lisos, é possível fixar o rolamento em qualquer posição axial.

Os rolamentos com buchas de desmontagem devem ser montados contra um apoio fixo, por exemplo, um ressalto no eixo. A bucha de desmontagem deve ser mantida em posição, após ter sido pressionada no furo do rolamento, através de uma porca de fixação ou uma tampa de eixo (2).

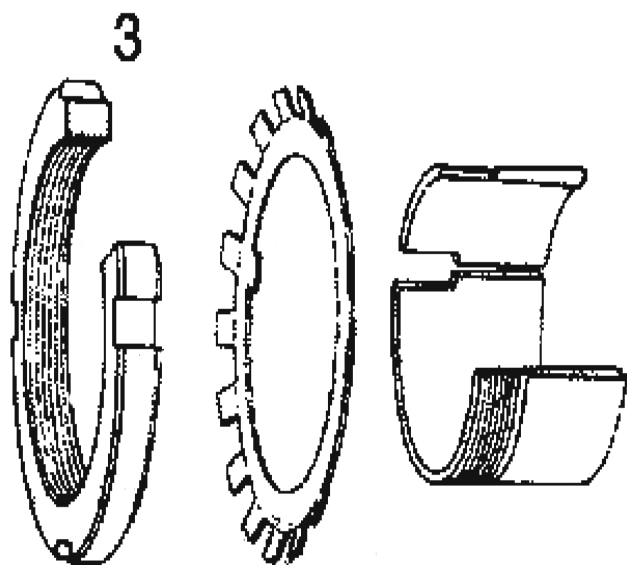


Como as buchas de fixação e desmontagem são montadas diretamente sobre o eixo, permite-se uma tolerância maior para o diâmetro do mesmo. Entretanto, a precisão de forma deve ser mantida entre limites estreitos, pois esta influencia a precisão de giro de arranjo do rolamentos. Geralmente, utilizam-se assentos usinados com tolerância de cilindridade IT5.

Em outras aplicações menos exigentes, com baixas rotações, pode ser usada tolerância H10 para o diâmetro do eixo e tolerância de cilindridade IT7.

Buchas de fixação

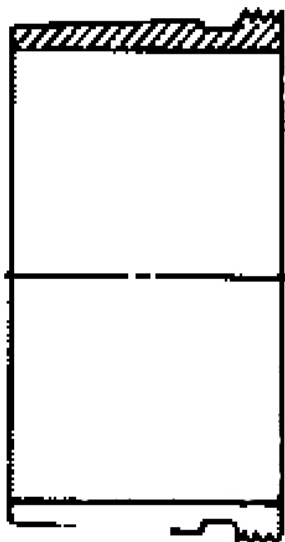
É a bucha de espessura fina, fendida que é posicionada sobre o eixo. Tem superfície externa cônica, que serve de assento ao rolamento. A bucha possui uma seção rosqueada para receber a porca de fixação. Esta porca é usada para deslocar o rolamento na bucha até que esta se prenda firmemente no eixo. A porca é mantida em posição por uma arruela de trava. Quando a porca estiver apertada, uma das pontas da arruela de trava é dobrada para dentro de um entalhe existente na porca. A lingüeta interna da arruela de trava se encaixa numa ranhura da bucha e impede que a porca e a própria arruela girem. A bucha tem conicidade 1:12 (3).



Buchas de desmontagem

São recobertas com um protetivo. Elas são ranhuras e possuem uma conicidade de 1:12, exceto nas séries H240 e H241, que tem conicidade de 1:30, e são utilizadas com rolamentos autocompen-sadores de rolos das séries 240 K30 e 241 K30 (4).

4



As porcas necessárias para desmontagem não são fornecidas com as buchas, e precisam ser pedidas separadamente.

Tipos de buchas

Buchas de fixação

H - Bucha de fixação de desenho padrão com furo métrico. Exemplo: H310- bucha de fixação da série 3 com porca e arruela de trava para eixos de 45 mm de diâmetro e rolamentos de 50 mm de furo por exemplo, um autocompensador de rolos 21310 CCK.

HA - Bucha de fixação, para eixos em polegadas, com diâmetro de furo em múltiplos 1/16 de polegada. As outras dimensões são as mesmas do desenho padronizado H.

Exemplo: HA 310 - bucha de fixação H 310 para eixos de 1.11/16.

HE - Bucha de fixação, para eixos em polegadas, com diâmetro do furo em múltiplos de 1/4 de polegada. As outras dimensões são as mesmas do desenho padronizado H.

Exemplo: HE 310 - bucha de fixação H 310 para eixos de 1.3/4.

HS - Bucha de fixação, para eixos em polegadas, com diâmetro do furo em múltiplos de 1/8 de polegada. As outras dimensões são as mesmas do desenho padronizado H.

Exemplo: HS 310 - bucha de fixação H 310 para eixos de 1.5/8.

Buchas de desmontagem

AH - Bucha de desmontagem de desenho padrão.

Exemplo: AH 309 - bucha de desmontagem da série 3 para eixos de diâmetro 40 mm e um rolamento com diâmetro de furo de 45 mm, por exemplo, um rolamento autocompensador de rolos 21309 CCK.

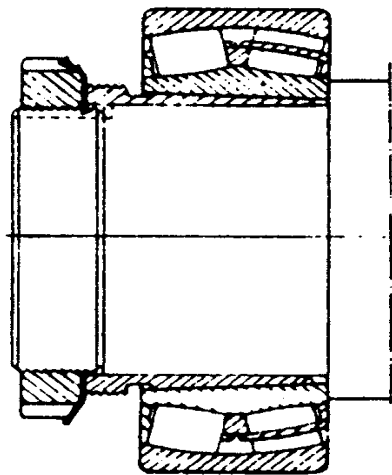
AHX - Bucha de desmontagem cujas dimensões foram alteradas para adaptar-se ao padrão internacional ISO. A alteração geralmente se aplica ao diâmetro da rosca, mas pode também envolver o diâmetro do furo. Em certas buchas de grandes dimensões, a alteração é apenas no furo (o diâmetro da rosca modificado exige uma porca de desmontagem de diferentes dimensões).

Exemplo: AHX 310 - bucha de desmontagem da série 3 para eixos de diâmetros 45 mm e um rolamento com diâmetro de furo de 50 mm, por exemplo rolamento autocompensador de rolos 21310 CCK.

Buchas de desmontagem

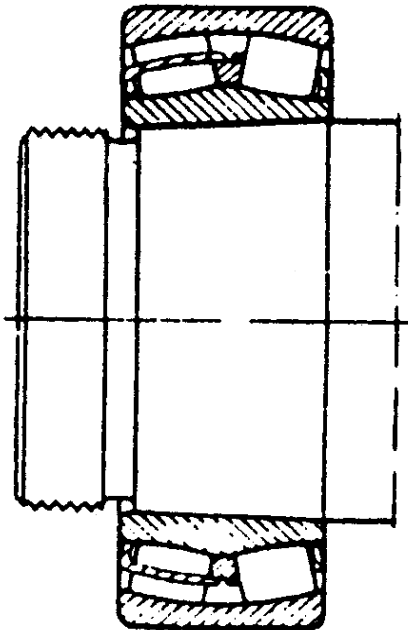
A bucha de desmontagem, como a bucha de fixação, é fendida mas não possui nenhuma porca para empurrar o rolamento sobre ela. A bucha de desmontagem, ao contrário, é empurrada entre o eixo e o rolamento por meio de uma porca

posicionada no eixo. Uma porca KM do mesmo tipo de porca usada com a arruela de trava MB na bucha de fixação pode ser usada para este propósito. Para se retirar a bucha de desmontagem, uma porca apropriada é posicionada na seção rosqueada da bucha e apertada contra o rolamento até que a bucha se solte. Em aplicações de rolamentos com buchas de 4 desmontagem, a tolerância exigida, para o eixo não é tão rigorosa como nos casos dos rolamentos com furo cilíndrico, diretamente no eixo.



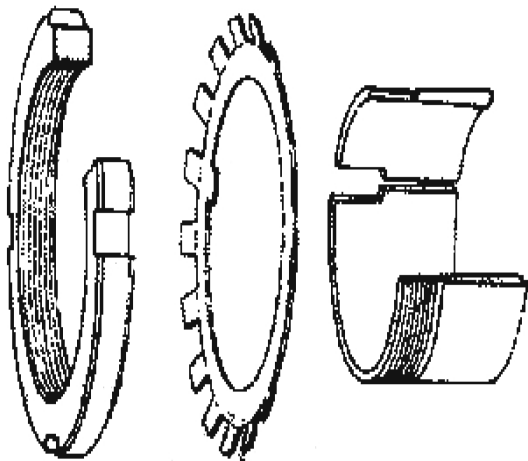
Os eixos fabricados com assentos cônicos são uma solução onerosa.

Consequentemente são raramente empregados, exceto em máquinas de alta precisão ou altíssimas solicitações de carga.



Buchas de fixação

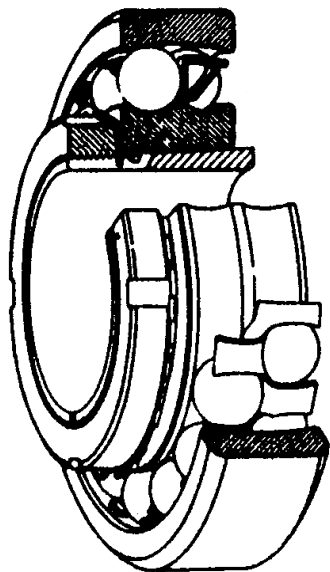
Bucha de fixação é a bucha de espessura fina, fendida que é posicionada sobre o eixo. Tem superfície externa cônica, que serve de assento ao rolamento. A bucha possui uma seção rosqueada para receber a porca de fixação. Esta porca é usada para deslocar o rolamento na bucha até que esta se prenda firmemente no eixo. A porca é mantida em posição por uma arruela de trava. Quando a porca estiver apertada, uma das pontas da arruela de trava é dobrada para dentro de um entalhe existente na porca. A lingueta interna da arruela de trava se encaixa numa ranhura da bucha e impede que a porca e a própria arruela girem.



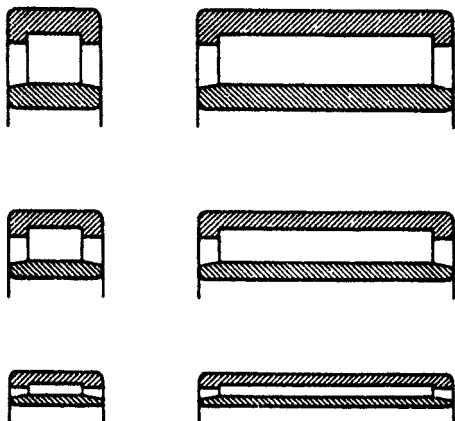
Contudo os rolamentos montados sobre buchas de fixação não podem ser empregados para aplicações que requeiram grande precisão.

A bucha de fixação é geralmente empregada quando os rolamentos devem ser montados em eixos lisos.

É fácil a montagem e desmontagem dos rolamentos em buchas de fixação e conseqüentemente estas são geralmente usadas em arranjos simples de rolamentos empregando caixas padronizadas com base.

[illegible]

PLANOS DE DIMENSÕES E DESIGNAÇÕES DE ROLAMENTOS



Quando se projeta um rolamento é possível variar suas dimensões dentro de uma certa faixa. Um rolamento para um dado diâmetro de eixo pode ser fabricado com várias medidas de diâmetro externo.

A largura do rolamento pode variar do mesmo modo. É possível fabricar rolamentos largos ou estreitos, como também rolamentos de alta ou baixa seção. Contudo, a fim de atender a demanda de rolamentos com alta qualidade e preços reduzidos, foi necessário limitar o número de variantes.

A Organização Internacional de Padronização (ISO) estabeleceu diâmetros externos padronizados, os quais são tabelados em séries de diâmetros. Do mesmo modo estabeleceram-se larguras padronizadas

de rolamentos, as quais constituem séries de larguras. As séries de diâmetros e larguras estão tabeladas nos Planos de Dimensões da ISO, os quais foram publicados nas normas ISO/R15, ISO/R355 e ISO/R104 e nas correspondentes normas brasileiras PB-143, PB-174 e PB-141.

ISO

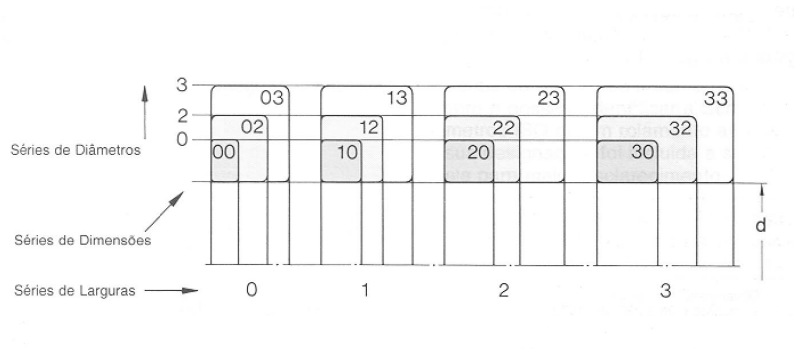
**INTERNATIONAL
ORGANIZATION FOR
STANDARDIZATION**

Dimensões

Os fabricantes de máquinas e consumidores de rolamentos, por questões de preço, qualidade e facilidade de reposição, estão interessados numa quantidade limitada de ta-

manho de rolamentos. A ISO (International Organization for Standardization) estabeleceu Planos de Dimensões para as dimensões principais dos rolamentos das séries métricas (normas ISO/R 15 para rolamentos radiais, exceto rolamentos de rolos cônicos, ISO 104 para rolamentos axiais e ISO 355 para rolamentos de rolos cônicos, série métrica).

O Plano de Dimensões ISO para rolamentos radiais contém uma série progressiva de diâmetros externos padronizados para todos os tamanhos de furo normalizados e dispostos em Séries de Diâmetros 7, 8, 9, 0, 1, 2, 3 e 4 (em ordem crescente de tamanho). Dentro de cada Série de Diâmetros foram também estabelecidas diferentes Séries de Larguras (séries 8, 0, 1, 2, 3, 4, 5 e 6 em ordem crescente de largura). As Séries de Larguras para rolamentos radiais correspondem às Séries de Alturas para rolamentos axiais (séries 7, 9, 1 e 2 em ordem crescente de altura). Combinando as Séries de Diâmetros com as Séries de Larguras ou de Alturas, resultam as Séries de Dimensões, identificadas por dois algarismos. O primeiro algarismo (indica a Série de Larguras ou Alturas e o segundo, a Série de Diâmetros.



No novo Plano de Dimensões da ISO para rolamentos de rolos cônicos de uma carreira, as dimensões principais são agrupadas em várias faixas de ângulos de contato α , sendo denominadas Séries de Ângulos (séries 2, 3, 4, 5 e 7 em ordem crescente de ângulo). Baseadas na relação entre o diâmetro externo e o furo do rolamento e entre a largura total do rolamento e a altura na seção de corte, foram também estabelecidas as Séries de Diâmetros e Larguras. Neste caso, as Séries de Dimensões são obtidas combinando as Séries de Ângulos com as Séries de Diâmetros e Larguras.

A series of horizontal dotted lines for writing.

Com muito poucas exceções, impostas pelo desenvolvimento de rolamentos, os rolamentos listados neste catálogo estão de acordo com o plano de dimensões da ISO. A experiência tem demonstrado que as exigências na vasta maioria das aplicações de rolamentos podem ser atendidas utilizando rolamentos podem ser atendidas utilizando rolamentos com dimensões padronizadas.

