

1. Classificação e Características dos Rolamentos

1.1 Construção dos rolamentos

A maioria dos rolamentos é constituída de anéis com pistas (um anel interno e um anel externo), corpos rolantes (tanto esferas como rolos) e um elemento retentor dos corpos rolantes (gaiola). O retentor (gaiola) separa os corpos rolantes em intervalos regulares entre as pistas internas e externas permitindo que girem livremente.

Pista (anel interno e anel externo)

A superfície onde os corpos rolantes giram é chamada pista. A carga aplicada no rolamento é suportada por esta superfície de contato.

Geralmente o anel interno se fixa no eixo e o externo no mancal.

Corpos rolantes

Os corpos rolantes são classificados em dois tipos: esferas e rolos.

Existem quatro tipos de rolos: cilíndricos, de agulhas, cônicos e esféricos.

As esferas geometricamente têm um contato pontual com as pistas dos anéis interno e externo, enquanto a superfície de contato dos rolos é linear.

Teoricamente, os rolamentos são construídos para permitir que os corpos rolantes girem orbitalmente enquanto giram em seu próprio eixo ao mesmo tempo.

Gaiolas

A gaiola mantém os corpos rolantes a uma distância constante, entretanto a carga nunca é aplicada diretamente na gaiola, além de prevenir que os corpos rolantes caiam do rolamento quando são manuseados. Os tipos de gaiolas variam de acordo com a maneira como são fabricados, podem ser prensadas, usinadas e forjadas.

1.2 Classificação dos rolamentos

Os rolamentos são classificados em dois principais grupos: Rolamentos de esferas e rolamentos de rolos. Os rolamentos de esferas são classificados de acordo com a configuração dos seus anéis: Rígidos de esferas, de contato angular e axiais. Os rolamentos de rolos são classificados de acordo com a forma dos rolos: Cilíndricos, agulhas, cônicos e esféricos.

Os rolamentos podem ser adicionalmente classificados de acordo com a direção em que é aplicada a carga; rolamentos radiais suportam cargas radiais e rolamentos axiais suportam cargas axiais.

Outros métodos de classificação incluem: 1) Número de pistas de rolamento (simples, múltipla ou 4 pistas), 2) não separáveis e separáveis, este último permite que o anel interno e externo possam ser desmontados, 3) rolamentos axiais, os quais podem suportar cargas axiais em um único sentido, e rolamentos de duplo sentido, que podem suportar cargas nos dois sentidos.

Também existem rolamentos desenhados para aplicações especiais, tais como: Rolamentos de rolos para vagões de trens (rolamentos RCT), rolamentos para suportar fusos de esferas, rolamentos tipo prato giratório, assim como rolamentos de movimento linear (rolamentos lineares de esfera)s, rolamentos lineares de rolos e rolamentos de rolos chatos.

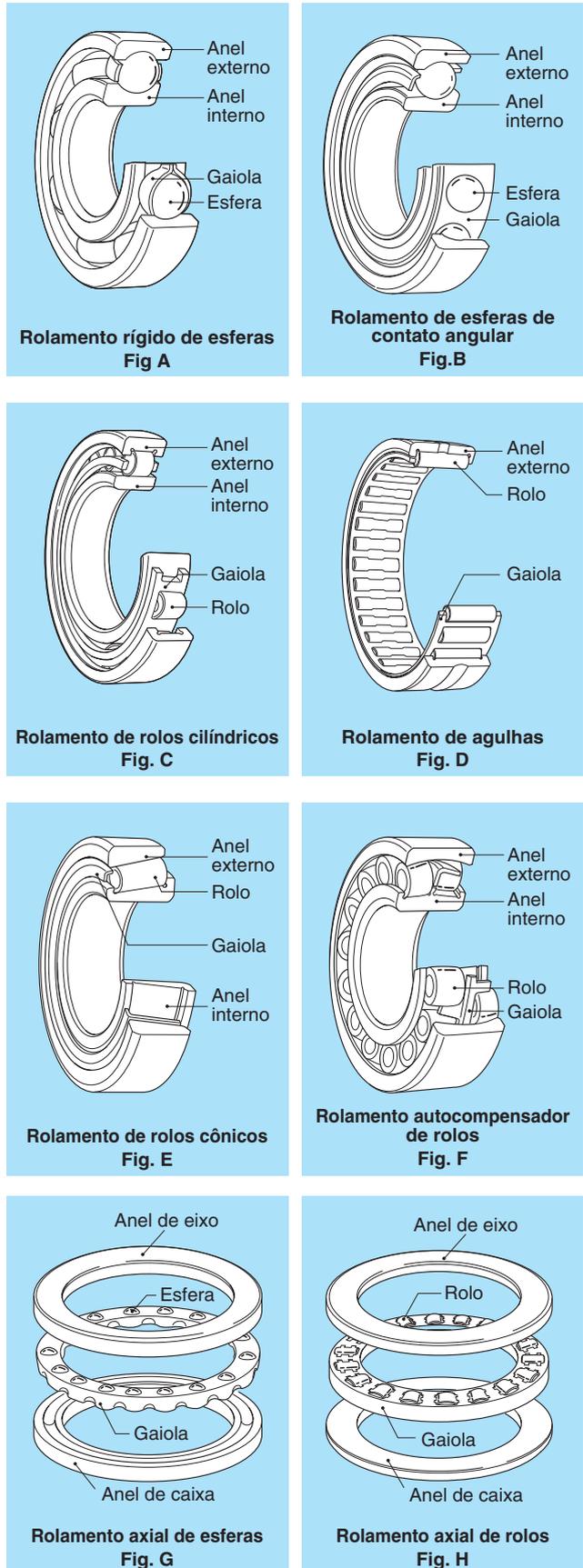


Fig. 1.1 Rolamentos

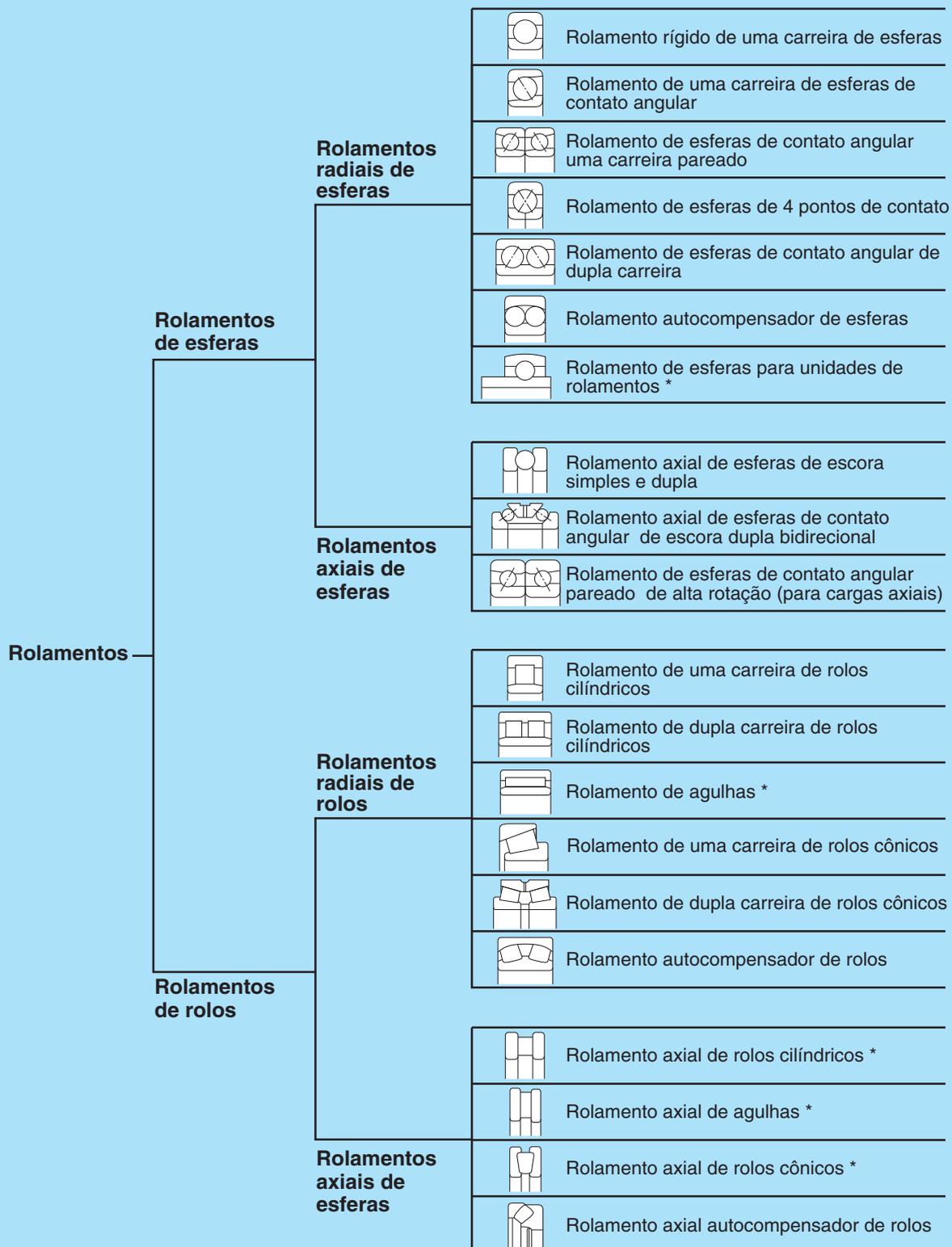
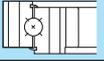
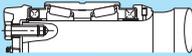
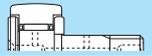


Fig. 1.2 Classificação dos Rolamentos

Rolamentos para aplicações especiais

	Rolamento de esferas de parede (série) ultra fina *
	Rolamento tipo coroa giratória *
	Rolamento para fuso de esferas *
	Rolamento ferroviário (RCT) *
	Rolamento de vácuo ultra-limpo *
	Rolamento de rolos cilíndricos tipo SL com máximo número de rolos *
	Rolamento com capa de borracha *
	Rolamento de agulhas com ajuste de folga *
	Rolamentos complexos *
	Rolamentos de agulhas com gaiola *
	Rolamentos tipo rolo de apoio *
	Rolamento tipo rolo de leva *

Rolamentos lineares

	Rolamento linear de esferas *
	Rolamento linear de rolos *
	Rolamento linear plano *

* Rolamentos não listados neste catálogo. Para obter detalhes, vide o catálogo específico.

1.3 Características dos rolamentos

1.3.1 Características dos rolamentos

Os rolamentos se apresentam em diferentes formas e variedades, cada um com suas características.

Entretanto, quando comparados com mancais deslizantes, todos os rolamentos apresentam as seguintes vantagens:

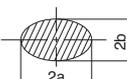
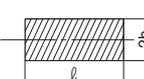
- (1) O coeficiente de atrito estático é menor e há uma pequena diferença entre este e o coeficiente de atrito dinâmico.
- (2) São padronizados internacionalmente, intercambiáveis e são obtidos com facilidade.
- (3) São de fácil lubrificação e consomem pouco lubrificante.
- (4) Como regra geral, um rolamento pode suportar cargas simultaneamente em ambos os sentidos, tanto axial como radial.
- (5) Podem ser usados em aplicações de alta e baixa temperatura.
- (6) A rigidez do rolamento pode melhorar com a aplicação de pré-cargas.

Construção, classes, e características especiais dos rolamentos estão completamente descritas nas seções de dimensões e de sistemas de codificação de rolamentos.

1.3.2 Rolamentos de esferas e rolamentos de rolos

A **tabela 1.1** dá uma comparação entre rolamentos de esferas e de rolos.

Tabela 1.1 Comparação entre rolamentos de esferas e de rolos

	Rolamento de esferas	Rolamento de rolos
Contato com a pista	 <p>Ponto de contato A superfície de contato é oval quando a carga é aplicada.</p>	 <p>Ponto de contato A superfície de contato é geralmente retangular quando a carga é aplicada.</p>
Características	Em função do ponto de contato há pouca resistência ao giro. Por isso rolamentos de esferas são indicados para aplicações de baixo torque e alta velocidade. Eles também têm características de baixo ruído.	Por haver contato linear, o torque de rotação é maior que em rolamentos de esferas, sendo sua rigidez também maior.
Capacidade de carga	A capacidade de carga é menor para rolamentos de esferas, mas rolamentos radiais permitem cargas em ambas as direções, axial e radial.	A capacidade de carga é maior para rolamentos de rolos. Rolamentos de rolos cilíndricos equipados com flange podem suportar cargas axiais leves. A combinação de rolamentos de rolos cônicos aos pares permite que possam suportar cargas axiais em ambos os sentidos.

1.3.3 Rolamentos radiais e axiais

A maioria dos tipos de rolamentos suportam cargas radiais e axiais ao mesmo tempo.

Geralmente, rolamentos com um ângulo de contato inferior a 45° tem uma capacidade de carga radial muito maior e são classificados como rolamentos radiais. Os rolamentos que têm um ângulo de contato superior a 45° tem uma maior capacidade de carga axial e são classificados como rolamentos axiais. Também existem rolamentos classificados como combinados, que combinam as características de carga tanto dos rolamentos radiais como axiais.

1.3.4 Rolamentos padronizados e especiais

Os rolamentos que são padronizados internacionalmente em forma e tamanho são muito mais econômicos por sua intercambialidade e disponibilidade em todo o mundo.

Entretanto, dependendo do tipo da máquina em que se vai utilizar e da aplicação e condição de funcionamento que se espera, a melhor alternativa pode ser um rolamento não padronizado ou especial. Também há disponibilidade de rolamentos que foram adaptados para aplicações específicas, e de unidades de rolamentos que são integrados para formar um componente de máquina, assim como de rolamentos desenvolvidos para características especiais.

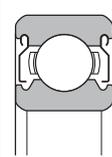
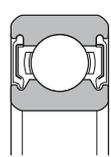
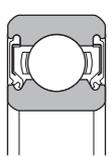
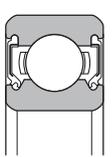
As características dos rolamentos padronizados são as seguintes:

Rolamentos Rígidos de Esferas

É o tipo mais comum de rolamento, e amplamente usado numa variedade de aplicações. Os rolamentos rígidos de esferas, incluindo os rolamentos blindados e os vedados, lubrificados com graxa, são de fácil utilização.

Os rolamentos rígidos de esferas podem incluir rolamento com anel elástico para facilitar o posicionamento do anel externo, na montagem, rolamentos com compensação de expansão, que absorvem variações dimensionais da superfície do rolamento devido a variações da temperatura do alojamento e rolamentos da série TAB que possuem resistência à contaminação na lubrificação.

Tabela 1.2 Configuração de rolamentos blindados e vedados

Tipo e simbologia	Blindado		Vedado	
	Tipo ZZ sem contato	Tipo LLB sem contato	Tipo LLU com contato	Tipo LLH de baixo torque
Configuração				

Rolamentos de esferas de contato angular

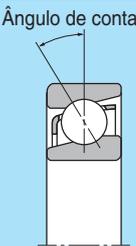
A linha que liga os pontos do contato entre o anel interno e a esfera e o anel externo forma um ângulo com a linha desenhada na direção radial (perpendicular ao eixo) chamado de ângulo de contato. Os rolamentos de esferas de contato angular geralmente são construídos com três ângulos de contato.

Rolamentos de contato angular podem suportar cargas axiais em apenas um sentido, portanto geralmente são usados em pares com variação de tipos de montagem.

Rolamentos de esferas de contato angular podem incluir dupla carreira de esferas, formando o anel interno e o externo uma única unidade. Este tipo de rolamento possui um ângulo de contato de 25°.

Existem também rolamentos de esferas de quatro pontos de contato que podem suportar cargas axiais nos dois sentidos. Estes rolamentos, entretanto, requerem atenção com relação as condições de carga que dependendo dela, podem ocasionar excessivo aumento de temperatura e desgaste.

Tabela 1.3 Ângulo de contato e códigos (designações)



Ângulo de contato e códigos do ângulo de contato			
Ângulo de contato	15°	30°	40°
Código	C	A ¹⁾	B

Nota 1: O ângulo de contato de 30° é padrão, e por este motivo o código "A" é usualmente omitido.

Tabela 1.4 Configurações de rolamentos de esferas de contato angular de dupla carreira

Tipo e código	Aberto	Blindado ZZ	Vedação sem contato LLM	Vedação com contato LLD
Construção				

Tabela 1.5 Configurações de rolamentos de esferas de contato angular pareados

Tipo e código	Montagem costa-a-costa (DB)	Montagem face-a-face (DF)	Montagem em tandem DT
Construção			

Rolamentos de rolos cilíndricos

Utilizam rolos como elementos rolantes, portanto têm uma alta capacidade de carga. Os rolos são guiados pelas flanges (bordas) integradas ao anel interno ou externo. Os anéis podem ser separados o que facilita a montagem e ambos podem ser ajustados com interferência em relação ao eixo ou alojamento. A inexistência da flange permite que um dos anéis se desloque axialmente.

Os rolamentos de rolos cilíndricos são adequados para a utilização como rolamentos livres, que absorvem a expansão térmica do eixo. No caso de existir uma flange, o rolamento poderá suportar leve carga axial em apenas um sentido. Os rolamentos de rolo cilíndrico incluem o tipo HT os quais apresentam um desenvolvimento nas faces dos rolos e bordas permitindo um aumento na capacidade de carga axial, e o tipo E que possui um desenho interno especial aumentando a capacidade de carga radial. O tipo E é padronizado para diâmetros menores.

A Tabela 1.6 mostra a configuração básica para rolamentos de rolos cilíndricos.

Complementando, existem rolamentos de rolos cilíndricos de múltipla carreira com quantidade máxima de rolos, do tipo SL. Estes rolamentos não possuem gaiola.

Tabela 1.6 Tipos de rolamentos de rolos cilíndricos

Tipo e código	Tipo NU Tipo N	Tipo NJ Tipo NF	Tipo NUP Tipo NH (NJ + HJ)
Construção			

Rolamentos de rolos cônicos

Os rolamentos de rolos cônicos são construídos de tal forma que as linhas centrais das pistas dos rolos convergem para um ponto comum. Pela transmissão de cargas combinadas através dos anel interno e externo, os rolos são empurrados contra a flange do anel interno. Na atuação de cargas radiais, uma carga axial é produzida no rolamento sendo usualmente necessária a ajustagem em pares.

O anel interno com o conjunto de gaiola e rolos formam uma unidade que pode ser montada separadamente, facilitando na obtenção de folga ou pré-carga durante a montagem. Montagens com folga são as que necessitam de maiores cuidados.

Os rolamentos de rolos cônicos são capazes de suportar altas cargas em ambas as direções, axial e radial.

As designações 4T-, ET-, T- e U nos rolamentos NTN estão incluídas em suas referências conforme norma ISO e padronização JIS para sub unidades de dimensões (ângulo nominal de contato, diâmetro menor nominal do anel externo) e são internacionalmente intercambiáveis.

A NTN também possui uma linha de rolamentos com especial endurecimento do aço indicado para longa vida (ETA-, ET-, etc.) do rolamento. A NTN produz rolamentos com uma, duas e quatro carreiras de rolos cônicos, sendo este último para aplicações extra pesadas.

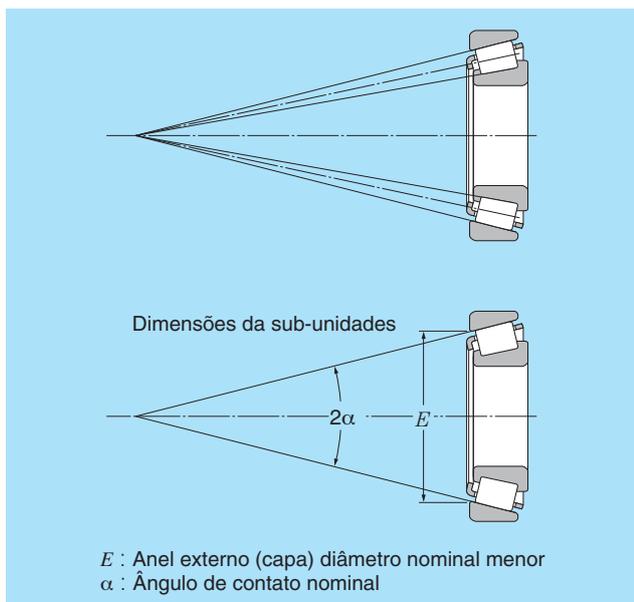


Fig. 1.3 Rolamentos de rolos cônicos

Rolamentos autocompensadores de rolos

Construídos com a superfície da pista do anel externo esférica e o anel interno com duas carreiras de rolos em forma de barril, os rolamentos autocompensadores de rolos da NTN são capazes de ajustar centros de alinhamento compensando inclinações e flexões do eixo. Existem variados tipos de rolamentos autocompensadores de rolos que diferem de acordo com o desenho interno.

Os rolamentos autocompensadores de rolos incluem também tipos de construção com o furo do anel interno cônico. Esses tipos de rolamentos podem ser facilmente montados nos eixos através de buchas adaptadoras (de fixação) e buchas de desmontagem. Possuem uma capacidade de suportar cargas pesadas e portanto são utilizados em máquinas e equipamentos industriais. Quando uma carga axial pesada é aplicada ao rolamento, a carga nos rolos de uma outra carreira desaparece, o que pode causar problemas. Deve-se ter atenção às condições de operação.

Tabela 1.7 Tipos de rolamentos autocompensadores

Tipo	Tipo padrão (tipo B)	Tipo C	Tipo 213	Tipo E
Construção				

Rolamentos axiais

Existem muitos tipos de rolamentos axiais diferenciados de acordo com a forma dos elementos rolantes e aplicação. As velocidades de rotação permitidas geralmente são baixas e especial atenção deve ser observada para as condições de lubrificação.

Existem vários tipos de rolamentos axiais para aplicações especiais. Para maiores detalhes, consultar no catálogo o tipo de rolamento axial desejado.

Tabela 1.8 Tipos de rolamentos axiais

Tipo	Rolamento axial de esferas de escora simples (com gaiola prensada)	Rolamento axial de agulhas
Construção		 Tipo AXK AS Tipo encosto GS / WS Tipo encosto
	Rolamento axial de rolos cilíndricos	Rolamento axial autocompensador de rolos
		 Ângulo de desalinhamento

Rolamentos de agulhas

Os rolamentos de agulhas utilizam rolos cilíndricos finos de diâmetro pequeno e comprimento alongado em relação ao seu diâmetro. As agulhas tem no máximo 5 mm de diâmetro e seu comprimento é de 3 a 10 vezes maior que seu diâmetro. Devido à utilização de agulhas como elementos rolantes neste tipo de rolamento a seção transversal é estreita, porém possui alta capacidade de carga em relação ao seu tamanho. Devido à quantidade de elementos rolantes, os rolamentos de agulhas têm alta rigidez e são apropriados para oscilações.

Existe uma enorme variedade de rolamentos de agulhas sendo que, apenas poucos de maior representatividade estão inclusos nesta publicação. Para maiores detalhes, dispomos de catálogo específico para esta linha de rolamentos.

Tabela 1.9 Principais tipos de rolamentos de agulhas

Tipo	Rolamento de agulha com gaiola	
Construção		
	Rolamento de agulha com pista retificada	
	Rolamento de agulhas tipo bucha de agulhas	
	Rolo de apoio	Rolo de leva

Unidade de rolamento

É uma unidade composta de um rolamento de esferas introduzido em vários tipos de mancais. O mancal pode ser aparafusado na máquina e o anel interno pode facilmente ser montado no eixo com um parafuso de fixação. Isto significa que a unidade de rolamento pode suportar o equipamento girando sem necessidade de um projeto especial para permitir a montagem. Uma variedade de formas padronizadas de mancais estão disponíveis, incluindo unidades tipo pillow block e tipo flanges. O diâmetro externo do rolamento é esférico, exatamente como o diâmetro interno do mancal, permitindo que se alinhe ao eixo. Para a lubrificação, a graxa está selada no interior do rolamento, e a penetração de partículas é evitada por dupla vedação. Dispomos de catálogo específico para esta linha de rolamentos.

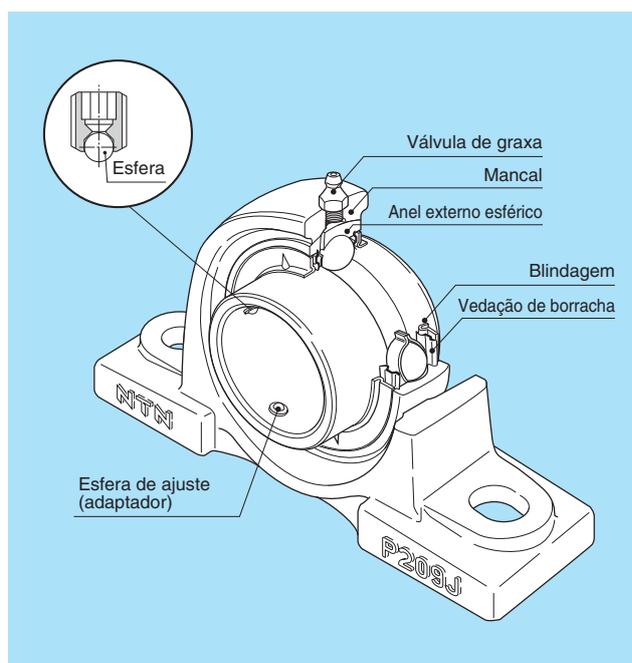


Tabela 1.4 Unidade de rolamentos