

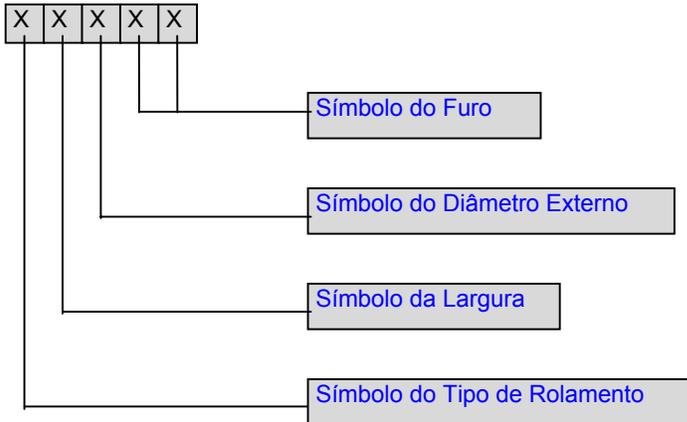
ÍNDICE

1. ROTEIRO PARA SELEÇÃO DE ROLAMENTOS.....	2
1.1. NÚMERO DE IDENTIFICAÇÃO DO ROLAMENTO.	2
1.1.1. Séries Dimensionais:	2
1.1.2. Símbolos das Séries de Rolamentos.....	2
1.1.3. Símbolos de Furo.....	5
1.1.4. Exemplos da Diferença entre Séries Dimensionais.....	6
2. ANÁLISE DOS TIPOS DE ROLAMENTOS	8
2.1. ROLAMENTOS FIXOS DE UMA CARREIRA DE ESFERAS.....	8
2.1.1. Rolamentos Blindados.	9
2.1.2. Rolamentos Vedados.....	10
2.2. ROLAMENTOS DE ESFERAS DE CONTATO ANGULAR.....	11
2.3. ROLAMENTOS AUTOCOMPENSADORES DE ESFERAS.	14
2.4. ROLAMENTOS AUTOCOMPENSADORES DE ROLOS.....	14
2.5. ROLAMENTOS DE ROLOS CILÍNDRICOS.....	15
2.6. ROLAMENTOS DE ROLOS CÔNICOS.....	18
2.7. ROLAMENTOS AXIAIS.	20
2.8. TIPOS DE ROLAMENTOS.....	21
3. PROCESSO DA SELEÇÃO DO ROLAMENTO.....	22
3.1. AVALIAÇÃO DO TIPO DE ROLAMENTO.....	22
3.1.1. Espaço permissível para o rolamento.....	22
3.1.2. Velocidade de rotação e limite de rotação.....	23
3.1.3. Desalinhamento dos anéis interno e externo.	23
3.1.4. Fixação na direção axial e disposição.	23
3.1.5. Dificuldade na instalação e remoção.	24
3.1.6. Ruído e Torque.	24
3.1.7. Rigidez.	24
3.1.8. Disponibilidade e custo.	24
3.2. AVALIAÇÃO DAS DIMENSÕES DO ROLAMENTO.....	28
3.2.1 Vida do Rolamento.....	28
3.2.2. Capacidade de Carga Básica Dinâmica (C_r , para rolamentos radiais ou C_a , para axiais).....	28
3.2.3. Capacidade de carga básica estática (C_{or} , para rolamentos radiais ou C_{oa} , para axiais):.....	28
3.2.4. Limite de rotação.....	29
3.2.5. Seleção da Dimensão do Rolamento em função da Capacidade de Carga Básica Dinâmica	29

1. Roteiro para Seleção de Rolamentos

1.1. Número de identificação do rolamento.

1.1.1. Séries Dimensionais:



1.1.2. Símbolos das Séries de Rolamentos.

<i>Tipo do Rolamento</i>	<i>Símbolos das Séries de Rolamentos</i>	<i>Símbolos de Tipo</i>	<i>Símbolos de Largura</i>	<i>Símbolos de Diâmetro</i>
Rolamentos fixos de uma carreira de esferas	68	6	(1)	8
	69	6	(1)	9
	60	6	(1)	0
	62	6	(0)	2
	63	6	(0)	3
Rolamentos de uma carreira de esferas de contato angular	79	7	(1)	9
	70	7	(1)	0
	72	7	(0)	2
	73	7	(0)	3
Rolamentos Autocompensadores de esferas	12	1	(0)	2
	13	1	(0)	3
	22	2	(2)	2
	23	2	(2)	2

<i>Tipo do Rolamento</i>	<i>Símbolos das Séries de Rolamentos</i>	<i>Símbolos de Tipo</i>	<i>Símbolos de Largura</i>	<i>Símbolos de Diâmetro</i>
Rolamentos de Uma Carreira de Rolos Cilíndricos	NU1	NU	1	0
	NU2	NU	(0)	2
	NU22	NU	2	2
	NU3	NU	(0)	3
	NU23	NU	2	3
	NU4	NU	(0)	4
	NJ2	NJ	(0)	2
	NJ22	NJ	2	2
	NJ3	NJ	(0)	3
	NJ23	NJ	2	3
	NJ4	NJ	(0)	4
	NUP2	NUP	(0)	2
	NUP22	NUP	2	2
	NUP3	NUP	(0)	3
	NUP23	NUP	2	3
	NUP4	NUP	(0)	4
	N10	N	1	0
	N2	N	(0)	2
	N3	N	(0)	3
	N4	N	(0)	4
NF2	NF	(0)	2	
NF3	NF	(0)	3	
NF4	NF	(0)	4	
Rolamentos de Duas Carreiras de Rolos Cilíndricos	NNU49	NNU	4	9
	NN30	NN	3	0
Rolamentos de Rolos Agulha	NA48	NA	4	8
	NA49	NA	4	9
	NA59	NA	5	9
	NA69	NA	6	

Tipo do Rolamento	Símbolos das Séries de Rolamentos	Símbolos de Tipo	Símbolos de Largura	Símbolos de Diâmetro
Rolamentos de Rolos Cônicos	329	3	2	9
	320	3	2	0
	330	3	3	0
	331	3	3	1
	302	3	0	2
	322	3	2	2
	332	3	3	2
	303	3	0	3
	323	3	2	3
Rolamentos Autocompensadores de Rolos	230	2	3	0
	231	2	3	1
	222	2	2	2
	232	2	3	2
	213 (*)	2	0	3
	223	2	2	3
Rolamentos Axiais de Esferas de Assento Plano	511	5	1	1
	512	5	1	2
	513	5	1	3
	514	5	1	4
	523	5	2	3
	524	5	2	4
Rolamentos Axiais Autocompensadores de Rolos	292	2	9	2
	293	2	9	3
	294	2	9	4

Obs.: Os símbolos de largura entre () na coluna dos símbolos de largura são omitidos nas séries de rolamentos.

(*) O símbolo da série de rolamento 213, deveria ser 203 pela série de largura, no entanto, o 213 é usado tradicionalmente.

1.1.3. Símbolos de Furo

Regras:

1ª Regra: Para rolamentos fixos de uma carreira de esferas *pequenos e miniaturas* (diâmetro de 1 à 9 mm). O número de identificação é composto por 3 dígitos, sendo que o último dígito indica a dimensão do furo em milímetros.

601 : $\varnothing = 1$ mm;

602 : $\varnothing = 2$ mm;

609 : $\varnothing = 9$ mm.

2ª Regra: Para as *quatro dimensões* abaixo, a regra é fixa:

xx00 : $\varnothing = 10$ mm;

xx01 : $\varnothing = 12$ mm;

xx02 : $\varnothing = 15$ mm;

xx03 : $\varnothing = 17$ mm.

3ª Regra: Para *furos acima de 20 mm*, têm-se uma regra, na qual, basta multiplicar os dois últimos dígitos **por 5**.

xx04 : $\varnothing = 20$ mm (04 x 5);

xx05 : $\varnothing = 25$ mm;

.

.

xx96 : $\varnothing = 480$ mm.

4ª Regra: Para *furos maiores que 480 mm*, após a série dimensional, acrescenta-se uma barra (/) e a dimensão nominal do diâmetro interno.

xx/500 : $\varnothing = 500$ mm;

xx/1800 : $\varnothing = 1800$ mm;

xx/7800 : $\varnothing = 7800$ mm.

1.1.4. Exemplos da Diferença entre Séries Dimensionais.

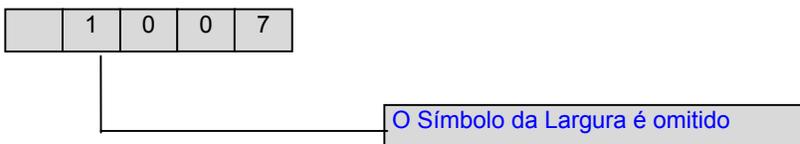
Quais as diferenças dos rolamento 6007, 6207 e 6307?

<i>Rolamento</i>	<i>Dimensões</i>			<i>Capacidade de Carga (kgf)</i>		<i>Limite de Rotação (rpm)</i>
	<i>Diâmetro interno (d)</i>	<i>Diâmetro Externo (D)</i>	<i>Largura (B)</i>	<i>Cr</i>	<i>Ca</i>	
6007	35	62	14	1630	1050	11000
6207	35	72	17	2620	1560	9500
6307	35	80	21	3400	1960	8500

Os três rolamentos têm o mesmo diâmetro interno, no entanto, variam o diâmetro externo e a largura, variando-se a série dimensional.

Por convenção, a maioria das séries dimensionais dos rolamentos, o símbolo da largura é omitido, como nos rolamentos acima.

O código completo do rolamento 6007 seria:



Para o rolamento 6207, o código completo seria 60207, novamente o símbolo da largura é omitido; e para o rolamento 6307, o código completo seria 60305.

⇒ **Rolamentos de tipos diferentes com a mesma série dimensional e o mesmo número de furo terão as mesmas dimensões, como nos exemplos da tabela da página seguinte.**

TABELA COMPARATIVA

Rolamento	Série Dimensional	Símbolo do Furo	Diâm. interno (d)	Diâm. Externo (D)	Largura (B)
22210	222	10	50	90	23
62210	622	10	50	90	23
32210	322	10	50	90	23
21310	213	10	50	110	27
6310	603	10	50	110	27
30310	303	10	50	110	27
22310	223	10	50	110	40
62310	623	10	50	110	40
32310	323	10	50	110	40

- Note que somente os tipos de rolamentos são diferentes, sendo todo o dimensional (largura, diâmetro externo e diâmetro interno) iguais.

2. Análise dos Tipos de Rolamentos

2.1. Rolamentos Fixos de uma Carreira de Esferas.

A) Características:

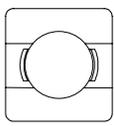
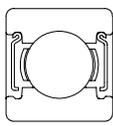
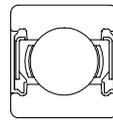
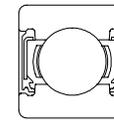
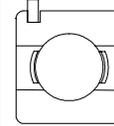
- Tipo mais representativo e atende um extenso campo de aplicações;
- Além da carga radial, permite apoio da carga axial em ambos os sentidos;
- Utilizados em aplicações onde se requer baixo ruído e vibração e em alta rotação.

B) Séries Dimensionais disponíveis:

- 68 { 6 (1) 8 };
- 69 { 6 (1) 9 };
- 60 { 6 (1) 0 };
- 62 { 6 (0) 2 };
- 63 { 6 (0) 3 };
- 64 { 6 (0) 4 };
- 160;
- Outras séries pouco utilizadas: 622; 623; 630; 633; 632.

C) Classificação:

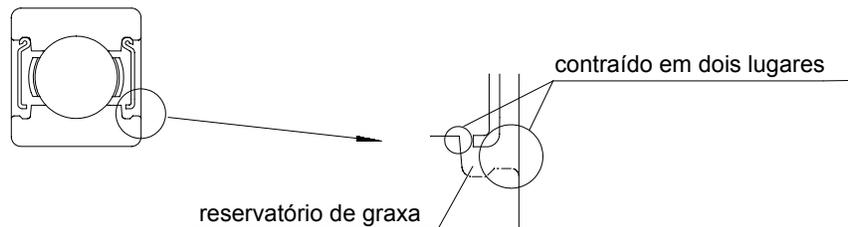
- Abertos;
- Com anel de retenção (sufixo NR);
- Blindados (sufixo Z ou ZZ);
- Vedados (sufixos DDU ou VV).

				
Aberto	Blindado	Vedado (sem contato)	Vedado (com contato)	com rasgo e anel de retenção
Sem sufixo	ZZ	VV	DDU	NR

2.1.1. Rolamentos Blindados.

- O rolamento recebe placas de aço inseridas sob pressão em ranhuras nos anéis interno e externo especialmente projetadas, para evitar que as placas sejam retiradas. As placas ao serem retiradas deformam-se;
- As placas são feitas de aço comum, portanto, não poderão receber esforços;
- As placas de blindagem protegem os rolamentos contra a penetração de corpos estranhos e o escoamento de graxa;
- A estrutura da blindagem é composta de duas fendas contraídas e um espaço para refrear a graxa;
- Quando blindados ou vedados de ambos os lados, os rolamentos são fornecidos com graxa de qualidade comprovada e em volume adequado.

Atenção! Recomendamos que **não** se retirem as blindagens. A quantidade de graxa inserida é suficiente para aplicações normais e para a vida do rolamento. Não é necessário acrescentar mais graxa. Graxas de composições diferentes **não** podem ser misturadas. As blindagens se deformam quando retiradas, além da possibilidade de danificar a peça, tocando nas esferas.

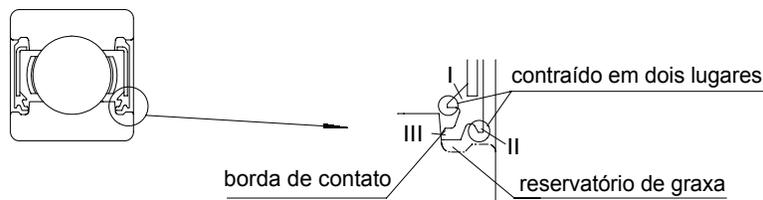


2.1.2. Rolamentos Vedados.

- Em aplicações onde têm-se muita poeira ou água, os rolamentos vedados são utilizados como uma vedação auxiliar onde deve-se ter ainda, uma vedação principal no equipamento como defletores, labirintos, retentores, etc.
- A NSK produz rolamentos vedados com contato (tipo DDU) e sem contato (tipo VV):

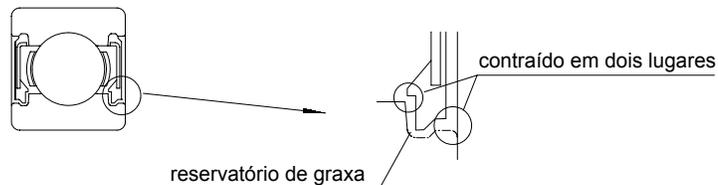
* Vedação Com Contato.

- A vedação com contato é uma placa de borracha nitrílica reforçada com alma de aço, introduzida sob pressão no rebordo do anel externo;
- O sistema de vedação consiste de duas fendas estreitas, uma para refeedar a graxa (I) e a outra para borda de contato (III);
- A borda de contato (III) é protegida por uma borda externa (II), evitando a penetração de corpos estranhos;
- Ótima capacidade protetiva contra sujeira;
- Devido ao contato no anel externo, este tipo de rolamento tem restrições quanto ao limite de rotação. Consultar o Catálogo Geral NSK, para sua aplicação.



* Vedação Sem Contato.

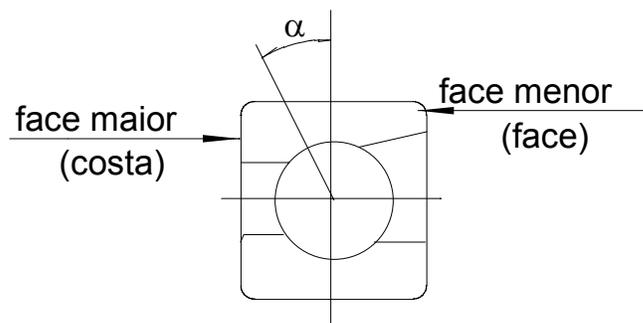
- A vedação sem contato é semelhante à vedação com contato, porém com diferenças construtivas. Duas fendas contraídas são dispostas diagonalmente. A fenda é mais estreita que a do rolamento comum com vedação tipo labirinto sem contato;
- Neste caso, como não tem contato, não há restrições quanto ao limite de rotação.



2.2. Rolamentos de Esferas de Contato Angular.

A) Características.

- Por terem um ângulo de contato, são adequados para suportarem cargas axiais em um sentido ou cargas combinadas;
- Quando se impõe uma carga radial, dá-se origem a uma componente de carga axial;
- As esferas e os anéis interno e externo formam ângulos que podem variar de 15°, 25°, 30° ou 40°. Quanto maior o ângulo de contato, maior será a capacidade de carga axial, e quanto menor o ângulo de contato melhor será para altas rotações.



α = ângulo de contato

B) Séries dimensionais disponíveis e símbolos de ângulo de contato.

- | | |
|------------------|-----------|
| • 79 { 7 (1) 9}; | A = 30°; |
| • 70 { 7 (1) 0}; | A5 = 25°; |
| • 72 { 7 (0) 2}; | B = 40°; |
| • 73 { 7 (0) 3}. | C = 15°. |

- Os rolamentos com ângulo de contato de 15° e 25° são utilizados em aplicações de alta precisão e alta rotação.

- Exemplo: 7205B (o ângulo de contato faz parte do código básico do rolamento, portanto, deve ser sempre especificado).

C) Classificação.

- Como suportam cargas axiais em apenas um sentido, devem ser montados aos pares, de forma que o outro rolamento, suporte a carga no sentido contrário.

Figura	Tipos	Características
	<p>Costa a Costa</p> <p>(DB)</p>	<p>Cargas radiais e cargas axiais em ambos os sentidos podem ser suportadas.</p> <p>Como a distância entre os centros da linha de carga é grande, são adequados para solicitações com cargas de momento.</p>
	<p>Face a Face</p> <p>(DF)</p>	<p>Cargas radiais e axiais em ambos os sentidos podem ser suportadas.</p> <p>Em comparação com o tipo DB, a distância entre os centros da linha de carga é pequena, de forma que a capacidade de suportar cargas de momento é inferior.</p>
	<p>Tandem</p> <p>(DT)</p>	<p>Cargas radiais e cargas axiais em apenas um sentido podem ser suportadas. Como suporta as cargas axiais com duas peças, é usada quando a carga em um sentido é grande.</p>

- Atenção! : Para a instalação deste tipo de rolamento, deve-se verificar sempre o sentido da carga axial (evitando a quebra do rolamento), observando como na tabela acima.

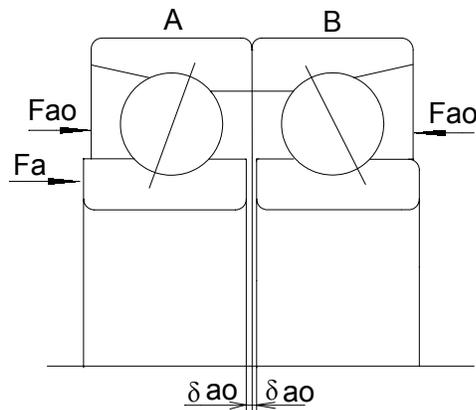
- Na disposição DB (costa a costa), aplicando-se a carga F1, o rolamento 1 suporta a carga; a carga F2, pelo rolamento 2. No caso da disposição DF (face a face), a carga F1 é suportada pelo rolamento 2, e a carga F2, pelo rolamento 1. Já na disposição DT (tandem), somente poderemos ter a carga no sentido da Força 2. No sentido F1, os rolamentos desmontam.

- Há ainda, a execução onde o rolamento poderá ser instalado em qualquer posição de forma aleatória. É denominado de rolamento para montagem universal, indicado pelo **sufixo G** (exemplo: 7206BG).

D) Folga interna e pré-carga.

Para os rolamentos de contato angular combinados, especifica-se a folga interna axial. Para determinadas aplicações, como por exemplo, em fusos de máquinas ferramentas, onde necessitam evitar a vibração na direção axial e garantir a precisão do conjunto, os rolamentos são usados com aplicação da pré-carga, ou seja, os rolamentos são aplicados numa condição que há uma tensão interna de maneira que fique com folga negativa.

A folga ou pré-carga (que poderá ser extra-leve, leve, média ou pesada) é obtida apertando-se axialmente o par, até que as faces laterais dos anéis interno ou dos anéis externos estejam pressionadas uma contra a outra.



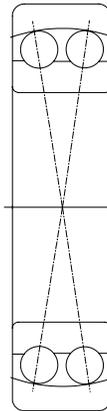
Ao aplicar a carga F_a na direção axial, os anéis A e B dos rolamentos combinados alteram-se para δ_{ao} , e a folga $2\delta_{ao}$ deixa de existir. Nesta condição, a pré-carga F_{ao} está aplicada.

A intensidade da pré-carga deve ser determinada considerando as condições de utilização e o objetivo do pré-carregamento, pois a pré-carga acima do necessário resulta em aumento anormal da temperatura, do torque de atrito e conseqüentemente, resultará em redução da vida de fadiga, entre outros. Os valores de pré-carga são encontrados no catálogo geral da NSK, nas páginas A98 ~ A99.

2.3. Rolamentos Autocompensadores de Esferas.

A) Características.

- A pista do anel externo é esférica e o centro do raio é coincidente ao centro do rolamento. Desta forma, o anel interno e a gaiola com as esferas giram livremente ao redor do centro do rolamento, permitindo com isto a correção de erros de alinhamento;
- Adequados para solicitações em que haja dificuldade de alinhamento do eixo em relação ao alojamento e em eixos de transmissão de movimento com facilidade de fletir;
- A capacidade de carga axial é reduzida por ter pequeno ângulo de contato;
- O desalinhamento permissível é de 4 a 7° para cargas normais.



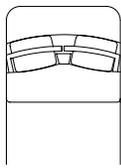
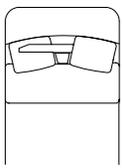
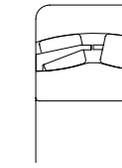
B) Séries dimensionais disponíveis.

- 12xx { 1 (0) 2};
- 13xx { 1 (0) 3};
- 22xx { 2 (0) 2};
- 23xx { 2 (0) 3}.
- Disponíveis com furo cilíndrico e com furo cônico (conicidade 1:12).

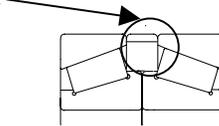
2.4. Rolamentos Autocompensadores de Rolos.

A) Características.

- Rolamento semelhante ao autocompensador de esferas, mas com duas carreiras de rolos esféricos. Devido a isso, permitem uma capacidade de carga maior que o de esferas;
- Desalinhamento permissível = $1^\circ \sim 2,5^\circ$;
- Tipo de gaiola.
 - * EA: gaiola de aço prensado com alta capacidade de carga.
 - * C e CD: gaiolas de aço prensado;
 - * CAM: gaiola de latão usinado;
 - * H: gaiola de poliamida (alta capacidade de carga, baixo ruído e baixo torque).

Tipo	C e CD	CA	H
Figura			

- O rolamento pode ter canal e furo no anel externo para permitir a relubrificação. É designado pelo sufixo **E4**.



B) Séries disponíveis.

- 213xx; 222xx; 223xx; 230xx; 231xx; 232xx; 239xx; 230xx; 231xx; 232xx; 239xx; 240xx e 241xx.
- Disponível com furo cilíndrico e com furo cônico (sufixo K).

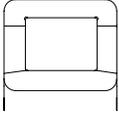
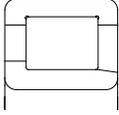
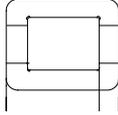
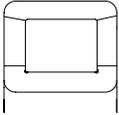
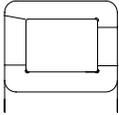
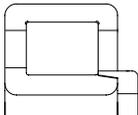
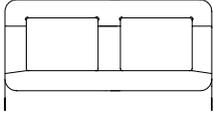
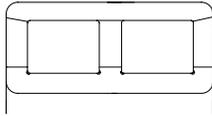
C) Rolamentos Tipo EA

Este tipo de rolamento possui capacidade de carga superior em até 30 % aos rolamentos convencionais. Isto se deve ao fato de este rolamento possuir uma gaiola diferenciada, que tem a capacidade de alojar roletes maiores e em maior quantidade. Esta gaiola é feita de aço prensado e reduz a quantidade de calor gerado, melhorando a performance do rolamento.

2.5. Rolamentos de Rolos Cilíndricos.

A) Classificação e características.

- Os rolamentos de rolos cilíndricos podem ser classificados nos tipos abaixo pela existência ou não de rebordos nos anéis.

Tipo	NU	NJ	NUP
Figura			
Tipo	N	NF	NH
Figura			
Tipo	NNU		NN
Figura			

- Os rolamentos NU, N, NNU e NN, são adequados como rolamentos lado livre;
- Os rolamentos NJ e NF, podem suportar carga axial em um sentido;
- Os rolamentos NH e NUP, por ter fixação por anéis são usados como rolamento lado fixo;
- Exemplo de aplicação: motor elétrico grande porte (maior capacidade de carga que o rolamento de esferas, no entanto, menor limite de rotação);
- Tipos de gaiola:
 - * W = Aço estampado;
 - * M = Latão usinado;
 - * ET = série de rolamentos com alta capacidade de carga com gaiola de poliamida;
 - * EM = alta capacidade de carga com gaiola de latão usinado;
 - * EWS = alta capacidade de carga com gaiola de aço estampado.
- Os rolamentos tipo N e NN, podem ser fornecidos com furo cônico e alta precisão. São utilizados em fusos de máquinas ferramentas.

B) Séries disponíveis.

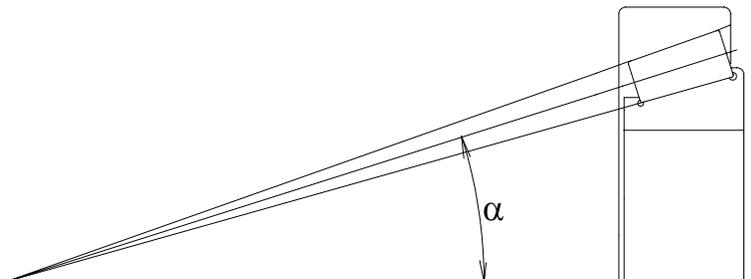
- 2xx { (0) 2}; 22xx; 3xx { (0) }; 23xx; 10xx; 4xx { (0) 4}.
- O anel de encosto tipo L, é designado pelo prefixo HJ (HJ xxx ou HJ xxxx).

- O rolamento tipo NJ + anel de encosto HJ é denominado rolamento tipo NH

2.6. Rolamentos de Rolos Cônicos.

A) Características.

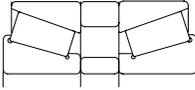
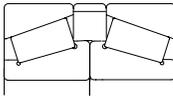
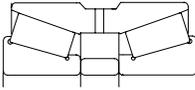
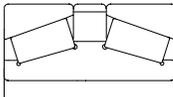
- Os rolamentos de rolos cônicos são projetados de forma que o vértice dos cones formados pelas pistas do anel interno e externo, e pelos rolos, coincidam em um ponto na linha de centro do rolamento. Quando se aplica uma carga radial, dá-se origem a uma componente de carga axial. É necessário usar dois rolamentos em oposição, em alguma combinação ou de duas carreiras. São usados para cargas combinadas, ou seja, carga radial e axial.
- O ângulo de contato α determina a capacidade de carga axial do rolamento. Quanto maior o ângulo, maior a capacidade de carga axial.
 - * ângulo intermediário: C = 20°;
 - * ângulo grande: D = 28°;
 - * ângulo normal: sem sufixo = 17°.



- Série HR: rolamento alta capacidade de carga, com sufixo J, atende as especificações da ISO para o diâmetro menor da pista do anel externo, ângulo de contato e largura do anel externo. Portanto, o conjunto do anel interno com os rolos (também denominado **cone**) e o anel externo (denominado **capa**), dos rolamentos com o mesmo número básico e o sufixo J são intercambiáveis.

B) Séries disponíveis.

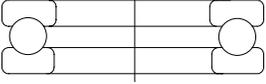
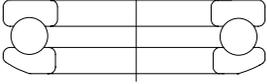
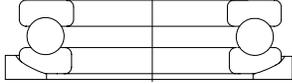
- 302xx; HR303xx; HR320xx; HR322xx; HR323xx; HR329xx; HR330xx.

Figura	Tipos	Exemplo de Designação	Características
	Costa a Costa	HR30210JDB + KLR10	Combinação de dois rolamentos normais, a folga é obtida pela ajustagem dos espaçadores entre os anéis. Os anéis interno e externo da peça e o código de agrupamento, portanto, quando do uso é necessário agrupar na ordem indicada e com as peças do mesmo número.
	Face a Face	HR30210JDF + KR	
	tipo KBE	100KBE 31 + L	A integração do espaçador e o anéis externos da disposição costa a costa acima, forma o rolamento tipo KBE; o KH é a integração dos anéis internos da disposição face a face. A folga é obtida através da ajustagem do espaçador, portanto, como nas combinações, quando do uso é necessário agrupar na ordem indicada e com as peças do mesmo grupo.
	Tipo KH	100KH 31 + K	

2.7. Rolamentos Axiais.

A) Características e classificação.

- Podem suportar somente cargas axiais. As cargas radiais não podem ser aplicadas, devido à sua construção.
- Tipos:
 - Axiais de esferas de escora simples:
 - * com assento plano;
 - * com assento esférico;
 - * com contraplaca esférica.
 - Axiais de esferas de escora dupla;
 - Axiais de rolos cilíndricos;
 - Axiais autocompensadores de rolos;
 - Axiais de esferas de contato angular.

Com Assento Plano	Com Assento Esférico	Com Contraplaca Esférica
		

3. Processo da Seleção do Rolamento.

A seguir, o roteiro para seleção completa do rolamento.

Inicialmente, devemos ter as seguintes informações:

- Desempenho e condições requeridas ao rolamento.
- Condições de operação e meio.
- Dimensão do espaço para o rolamento.

3.1. Avaliação do tipo de Rolamento.

3.1.1. Espaço permissível para o rolamento.

Devemos verificar neste item, quais os rolamentos disponíveis que se enquadram nas dimensões requeridas pelo projeto.

3.1.2. Intensidade e direção da carga.

Devemos ao selecionar o rolamento, verificar a direção da carga (radial ou axial) e a sua intensidade.

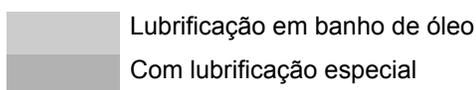
Comparando os tipos de rolamentos podemos definir a tabela abaixo:

<i>Tipo de rolamento</i>	<i>Capacidade de carga radial</i>				<i>capacidade de carga axial</i>			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Fixo de uma carreira de esferas								
Contato angular								
Rolos Cilíndricos								
Rolos Cônicos								
Autocompensadores de rolos								

3.1.3. Velocidade de rotação e limite de rotação.

A rotação máxima permissível varia em função do tipo de rolamento, da dimensão, do tipo e material da gaiola, carga e método de lubrificação. A tabela abaixo, mostra uma comparação do limite de rotação em função dos tipos de rolamentos.

Tipo de rolamento	Velocidade Permissível Relativa			
	1	4	7	10
Fixo de uma carreira de esferas				
Contato angular				
Rolos Cilíndricos				
Rolos Cônicos				
Autocompensadores de rolos				
Rolos Agulha				
Axiais de Esferas				



3.1.4. Desalinhamento dos anéis interno e externo.

O desalinhamento entre o anel interno e externo ocorre em casos como o da flexão do eixo em função da carga, da imprecisão do eixo e alojamento ou da deficiência na instalação. Quando temos grandes desalinhamentos, deve-se selecionar rolamentos com a capacidade de auto-alinhamento como os rolamentos autocompensadores.

3.1.5. Fixação na direção axial e disposição.

Em uma disposição de rolamentos, uma das peças é determinada como *lado fixo* e é usada para fixar o eixo posicionando axialmente o rolamento. Neste lado fixo, deve ser selecionado o tipo de rolamento que suporte a carga radial juntamente com a carga axial. Na outra posição, o rolamento é denominado *lado livre*, suportando somente a carga radial e devem permitir o deslocamento do eixo devido à dilatação ou contração pela variação de temperatura. A não observância desta norma, poderá acarretar em uma carga axial anormal no rolamento, podendo ser a causa de uma falha prematura.

Para maiores detalhes e figuras ilustrativas, consultar nosso catálogo geral - página A20.

3.1.6. Dificuldade na instalação e remoção.

Os rolamentos de rolos cilíndricos que têm os anéis internos ou externos separáveis, de agulha ou de rolamentos cônicos, apresentam maior facilidade de instalação e remoção, facilitando a manutenção em equipamentos que requerem uma inspeção periódica. Rolamentos com furo cônicos também são fáceis de instalar, pois podem ser instalados com a utilização de buchas.

3.1.7. Ruído e Torque.

Os rolamentos fixos de esferas são os mais adequados para as máquinas que requerem baixo ruído e baixo torque, como nos motores elétricos e instrumentos de medição.

3.1.8. Rigidez.

Ao aplicar uma carga no rolamento, ocorre uma deformação elástica nas áreas de contato entre os corpos rolantes e a pista. A rigidez do rolamento é determinada em função proporcional da carga no rolamento e a intensidade da deformação elástica no anel interno, no anel externo e no corpo rolante. Os rolamentos de contato angular de esferas e os rolamentos de rolamentos cônicos são os mais apropriados para casos onde devemos ter o aumento da rigidez pelo método de pré-carregamento, como em fusos de máquinas-ferramentas.

3.1.9. Disponibilidade e custo.

Há diferenças significativas de custo de acordo com o tipo e tamanho de rolamento utilizado. Além disso, há a dificuldade de se obter determinados tipos de rolamentos. Diante disso, recomendamos que na medida do possível, na seleção dos rolamentos, não se optem por rolamentos de custo inacessível ou de difícil localização para compra.

Exemplo: *Selecionar um rolamento para motor elétrico, com as seguintes características:*

- Diâmetro do eixo, entre 50 ~ 70mm;
- Diâmetro do alojamento, entre 80 ~130mm;

- Força Radial = 1000 kgf;
- Força Axial = 200 kgf;
- Temperatura de Trabalho = 80° C;
- Local com pequena concentração de impurezas;
- Rotação = 3600 rpm;
- Vida mínima exigida de 10.000 horas.

Para o nosso exemplo, e baseado nas informações dos itens 3.1.1. à 3.1.9. poderemos definir o tipo de rolamento mais adequado para a aplicação requerida.

3.1.1. Espaço permissível para o rolamento.

Diâmetro Interno = 50 ~70 mm: poderemos utilizar qualquer rolamentos entre XX10 ~XX14;

Diâmetro Externo = 80 ~ 130mm: qualquer rolamento entre XX10 ~ XX14, exceto X313 (D = 140mm) e X314 (D = 150mm).

Largura = Neste exemplo, não foi especificada a largura permitida.

3.1.2. Intensidade e direção da carga.

No exemplo dado, vamos comparar a capacidade de carga dos rolamentos 6310, 21310, NU310 e 7310B:

Rolamento	Cr (kgf)	Cor (kgf)
6310	6.300	3.900
21310	12.100	13.000
7310B	6.950	4.900
NU310	8.850	8.800

- Todos os rolamentos acima atenderiam a exigência do projeto quanto à capacidade de carga.

3.1.3. Velocidade de rotação.

Vamos comparar o limite de rotação dos rolamentos 6310, 21310, NU310 e 7310B:

<i>Rolamento</i>	<i>Graxa</i>	<i>Óleo</i>
6310	6.000	7.500
21310	2.800	3.800
7310B	5.000	6.700
NU310	5.600	6.700

- Neste caso, o rolamento 21310 não atende às exigências de rotação do equipamento.

3.1.4. Desalinhamento

Não exigido para o exemplo dado.

3.1.5. Fixação na direção axial

Definir se é livre ou lado fixo.

3.1.6. Dificuldade na instalação e remoção

Verificar as dimensões dos encostos nas tabelas de dimensões dos rolamentos.

3.1.7. Ruído

Os rolamentos de esferas são os mais adequados quando o nível de ruído é importante.

3.1.8. Rigidez

Os rolamentos de contato angular são os mais indicados, no entanto, esta exigência não é requerida para esta aplicação.

3.1.9. Disponibilidade e custo.

Tabela comparativa de custos entre rolamentos de tipos diferentes com o mesmo dimensional.

Rolamento	6310	22310	30310	NU2310	7310B
Custo (unidade: x)	1,00	2,60	1,80	2,80	1,90

Pelos custos simbólicos da tabela acima, verificamos que os rolamentos fixo de uma carreira de esferas têm um custo menor (para rolamentos de mesmo tamanho), além disso, são mais fáceis de serem adquiridos.

Diante do exposto acima, o rolamento fixo de uma carreira de esferas é o mais indicado e atende às exigências: das dimensões requeridas, da rotação, da carga radial e axial e aos requisitos da aplicação.

Além disso, tem o menor custo comparado aos outros tipos de rolamentos com o mesmo tamanho e a vantagem da fácil localização para compra.

Resultado do Exemplo:

Definição do Tipo	Especificação do Tipo
Rolamento Fixo de uma Carreira de Esferas	6310

3.2. Avaliação das Dimensões do Rolamento

3.2.1 Vida do Rolamento.

As funções requeridas para os rolamentos diferem de acordo com a aplicação, e devem ser mantidas necessariamente por um período além do determinado. O rolamento mesmo que utilizado corretamente, ao passar do tempo deixa de desempenhar de forma satisfatória, devido entre outros casos como o aumento de ruído e vibração, a redução da precisão pelo desgaste, a deterioração da graxa lubrificante ou o escamamento por fadiga na superfície do rolamento.

A vida do rolamento são estes períodos até a impossibilidade do uso, denominadas respectivamente como, vida de ruído, vida de desgaste, vida de graxa ou vida de fadiga.

3.2.2. Capacidade de Carga Básica Dinâmica (C_r , para rolamentos radiais ou C_a , para axiais)

Representa a capacidade de carga do rolamento, é definida como a carga de direção e intensidade constantes que resulte na vida nominal de um milhão de revoluções (10^6 revoluções), na condição de anel interno em movimento e o anel externo em repouso.

3.2.3. Capacidade de carga básica estática (C_{or} , para rolamentos radiais ou C_{oa} , para axiais):

É definida como a carga estática que resulte nas tensões de contato relacionadas a seguir, calculadas no centro da área de contato entre o corpo rolante submetido à tensão máxima e a superfície da pista. Esferas = 428 kgf/mm^2 , Autocompensadores de esferas = 469 kgf/mm^2 , rolos = 408 kgf/mm^2 . A soma da deformação permanente no corpo rolante (quando submetido a carga estática que provoca uma deformação parcial permanente nas pistas e corpos rolantes) e nas pistas, na área de contato submetida a tensão de contato, será de aproximadamente 0,0001 do diâmetro do corpo rolante.

3.2.4. Limite de rotação

É a velocidade máxima permissível obtida empiricamente pelo qual se permite a operação contínua do rolamento, sem que ocorra o travamento por superaquecimento ou a geração de calor acima de certo limite. O limite de rotação varia em função de:

- * O tipo e a dimensão do rolamento. Exemplo: 6205 (13.000 rpm) e 6305 (11.000 rpm);
- * O tipo e o material da gaiola;
- * A carga no rolamento;
- * O método de lubrificação e o tipo de lubrificante utilizado. Exemplo: rolamento 6205 (lubrificado a óleo = 15.000 rpm, lubrificado à graxa = 13.000 rpm). O tipo de graxa limita a rotação do rolamento (graxa Alvânia limita em 70 % do limite da tabela do Catálogo Geral, a graxa Beacon, 100% do limite). Devido a esse fator, há a necessidade de se selecionar graxas e óleos lubrificantes que tenham boas propriedades para altas rotações;
- * Utilização de rolamentos de esferas com vedação com contato (tipo DDU).

3.2.5. Seleção da Dimensão do Rolamento em função da Capacidade de Carga Básica Dinâmica.

$$\Rightarrow \text{Para rolamentos de Esferas: } L = \left(\frac{C}{P}\right)^3$$

$$\Rightarrow \text{Para rolamentos de Rolos: } L = \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3}$$

Onde L = Vida Nominal (10^6 rev.)

P = Carga no rolamento (equivalente).

C = Capacidade de carga básica dinâmica (C_r no rolamento radial e C_a no rolamento axial), são encontrados nas tabelas dos rolamentos no Catálogo Geral NSK.

Vida Nominal em horas:

$$\Rightarrow \text{Para Rolamentos de Esferas: } L_h = \frac{10^6}{60.n} \left(\frac{C}{P}\right)^3 = 500.f_h^3$$

$$\Rightarrow \text{Para Rolamentos de Rolos: } L_h = \frac{10^6}{60.n} \left(\frac{C}{P}\right)^{10/3} = 500.f_h^{10/3}$$

Onde: L_h = Vida Nominal em horas;

f_h = Coeficiente de vida: $f_h = f_n \cdot \frac{C}{P}$;

f_n = Coeficiente de Velocidade: $f_n = \left(\frac{10^6}{500 \times 60n} \right)^a$, onde $a = 1/3$ para rolamentos de esferas

$a = 3/10$ para rolamentos de rolos.

$$P = X \cdot Fr + Y \cdot Fa$$

Onde, P: Carga Dinâmica Equivalente.

Fr: Carga Radial.

Fa: Carga Axial.

X: Coeficiente de carga radial (encontrado no Catálogo Geral nas tabelas de dimensões).

Y: Coeficiente de carga axial (encontrado no Catálogo Geral nas tabelas de dimensões).

ANOTAÇÕES:

ANOTAÇÕES: