

# Introdução aos Elementos de Máquinas PMR3320

## Aula 6 Mancais de Rolamento

**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

## 1. Introdução

# MANCAIS

São elementos de máquinas cuja função é receber **cargas radiais, axiais ou uma combinação destes dois tipos**. São classificados em mancais de:

- **Deslizamento** (buchas, Hidrodinâmicos)
- **Rolamentos** (de esferas, de rolos, de rolos cônicos, de agulhas);
- **Especiais** (Aerostáticos, Aerodinâmicos, Hidrostáticos, Magnético).

**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

## ❖ Mancais de Deslizamento

Para mancais de deslizamento geralmente são empregados **buchas** (ou casquilho) e suporte de bucha.

As buchas geralmente são fabricadas em bronze, latão, poliamida, madeira e outros. São submetidas a esforços preferencialmente radiais e garante a **centralização do eixo**. Para isto devem possuir uma **folga mínima, baixo coeficiente de atrito e desgaste com o material do eixo**. Algumas podem ser bipartidas a exemplo da bucha de biela em virabrequim.

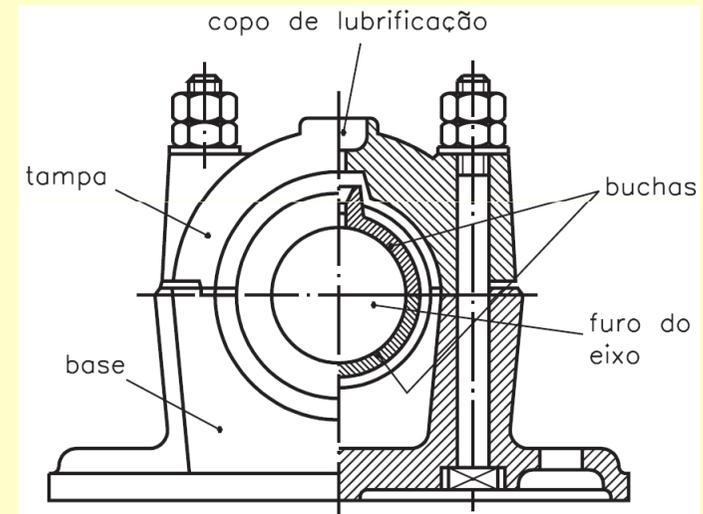
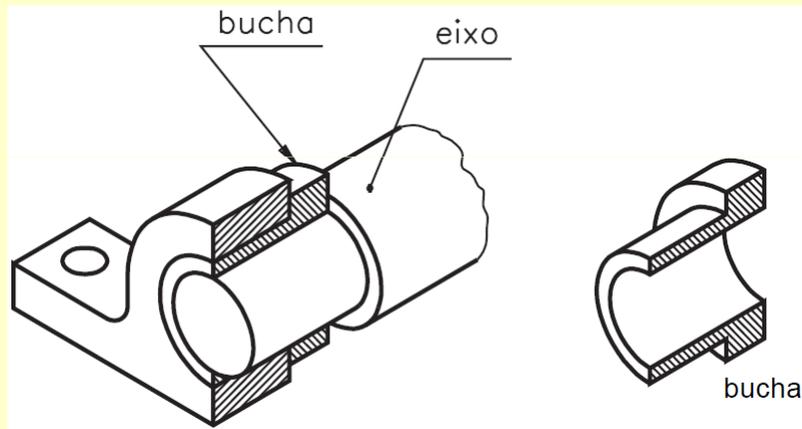


## 1. Introdução

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

## 2. Construção de Rolamentos

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes



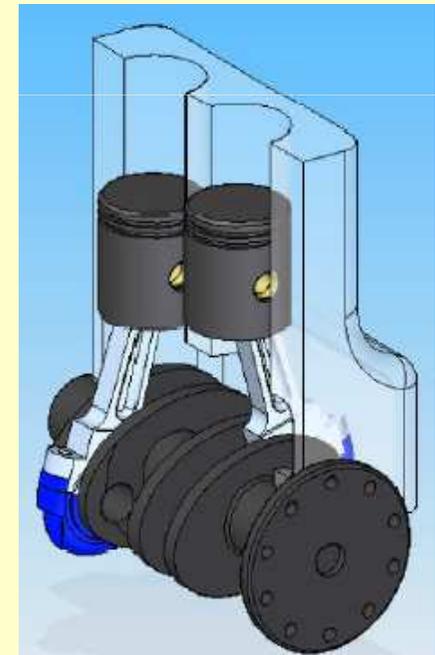
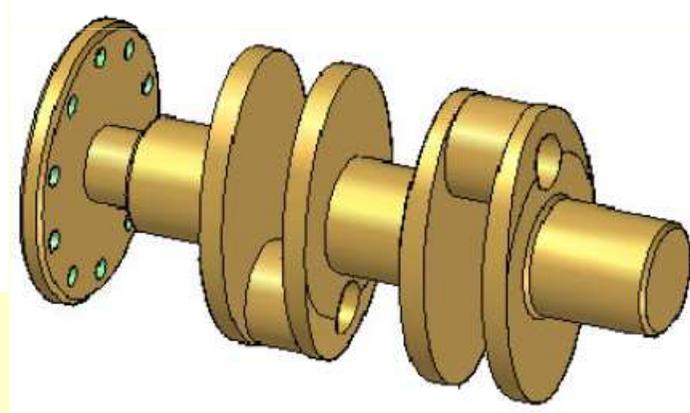
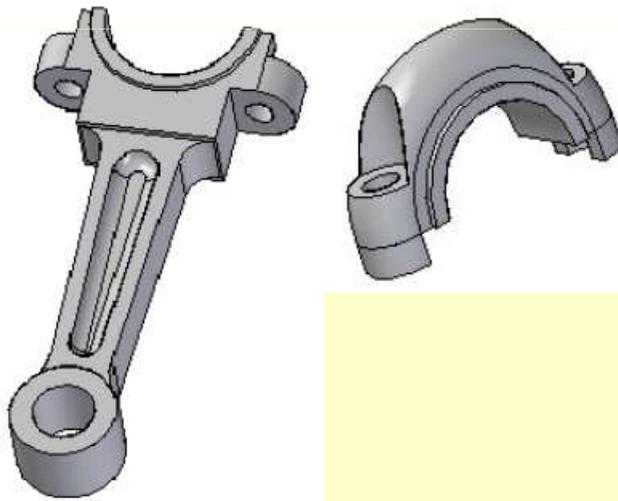


## 1. Introdução

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

## 2. Construção de Rolamentos

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes





**1. Introdução**

- ❖ **Mancais de Deslizamento**
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes



Mancais de deslizamento bi-partido

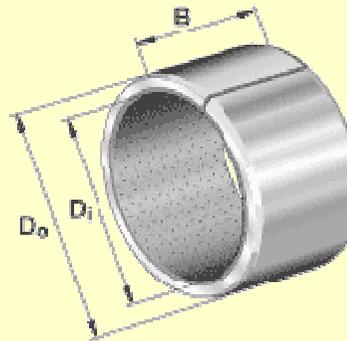


## 1. Introdução

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

## 2. Construção de Rolamentos

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes





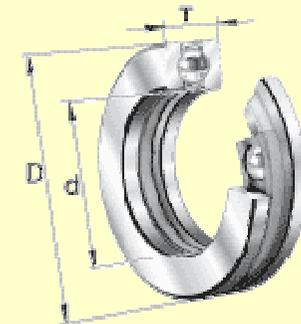
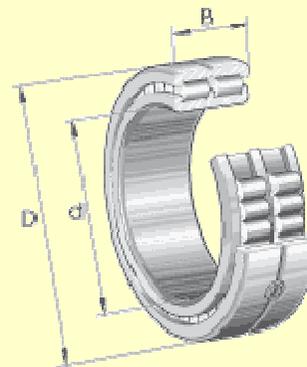
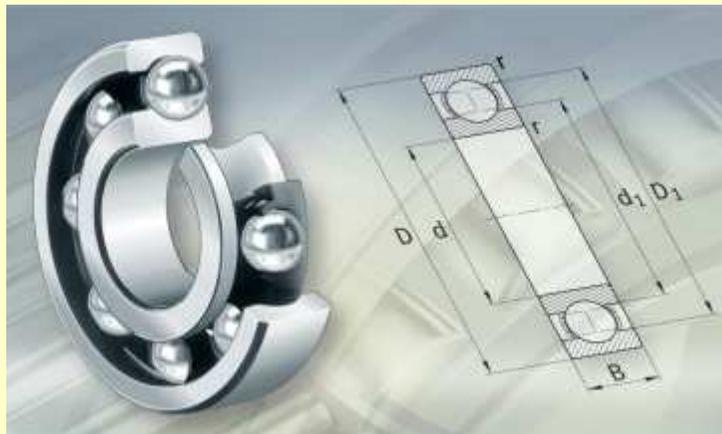
**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

## ❖ Mancais de Rolamento



**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

## ❖ Mancais de Rolamento

Definidos por **AFBMA** (*Anti-Friction Bearing Manufacturers Association = Associação dos Fabricantes de Mancais de Rolamento*) e/ou **ISO** (*International Organization for Standardization = Organização Internacional para Normatização*)

- ✓ início do séc. XX  $\Rightarrow$  materiais e fabricação  $\Rightarrow$  mancais mais precisos
- ✓ desde o início  $\Rightarrow$  **padronização**
- ✓ maioria dos mancais de esferas  $\Rightarrow$  aço AISI 5210 (liga cromo-aço) endurecido (HRC 61-65)  
(*American Iron and Steel Institute*)
- ✓ mancais de rolos  $\Rightarrow$  aço AISI 3310, 4620 e 8620

**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

## Vantagens do mancal de rolamento sobre o mancal de deslizamento - hidrodinâmico

1. Menor atrito de partida
2. Lubrificação mais fácil
3. Amaciamento desnecessário
4. Liberdade de escolha do material do eixo
5. Maior capacidade de carga por largura
6. Padronização

Quando os vagões das locomotivas foram convertidos de mancais hidrodinâmicos para rolamentos, há muitos anos nos EUA, comboios de vagões que antes necessitavam de dois motores para a partida, mas somente um para mantê-los em movimento, puderam começar a se mover com apenas um.



### 1. Introdução

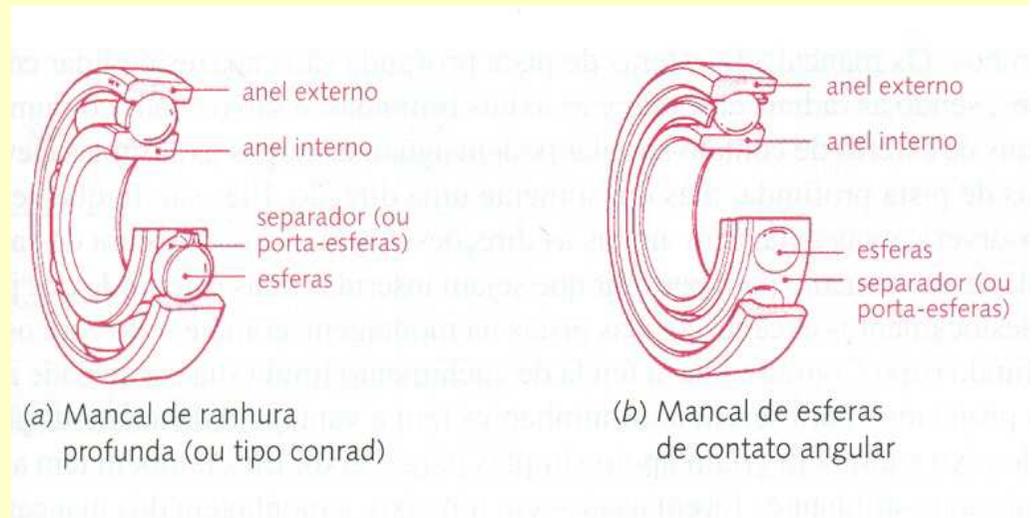
- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

### 2. Construção de Rolamentos

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

## 2. Construção de Rolamentos

- anel externo
- anel interno
- elemento rolante → esferas ou rolos
- separador ou porta-esferas ou gaiola  
( pista externa e pista interna)



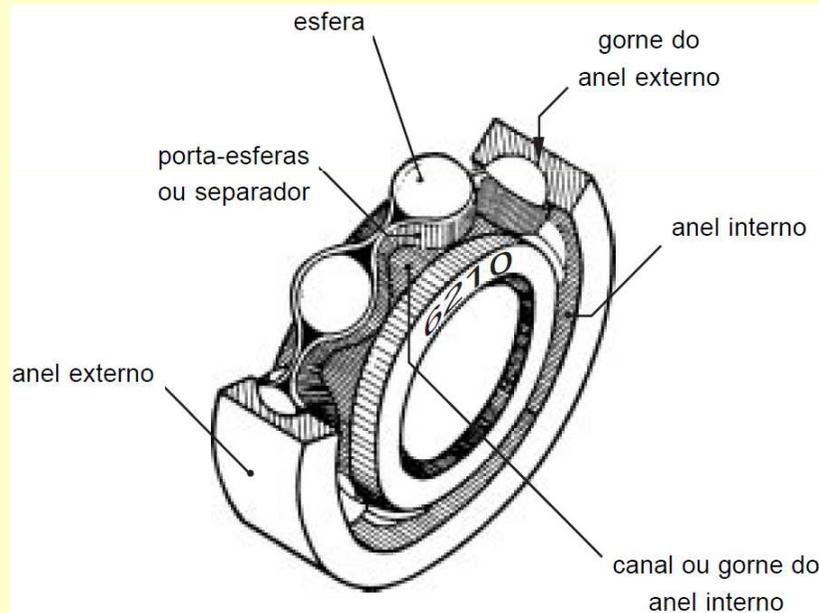


### 1. Introdução

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

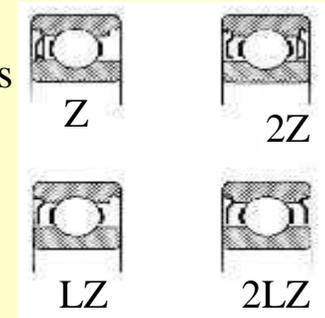
### 2. Construção de Rolamentos

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes



### Blindagem ( opcional ) :

- proteção contra partículas externas
- placa protetora fixa no anel ext.
  - Z ( 1 placa )
  - 2Z ( 2 placas )
  - LZ ( pré lubrificadas )





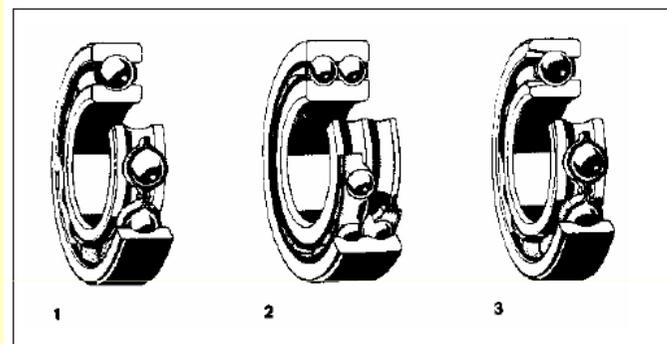
**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

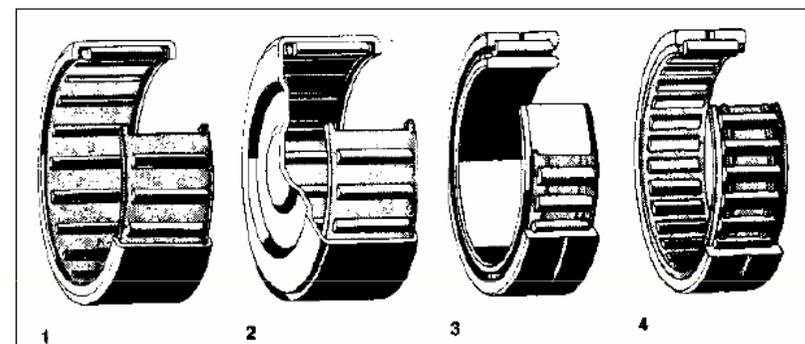
**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

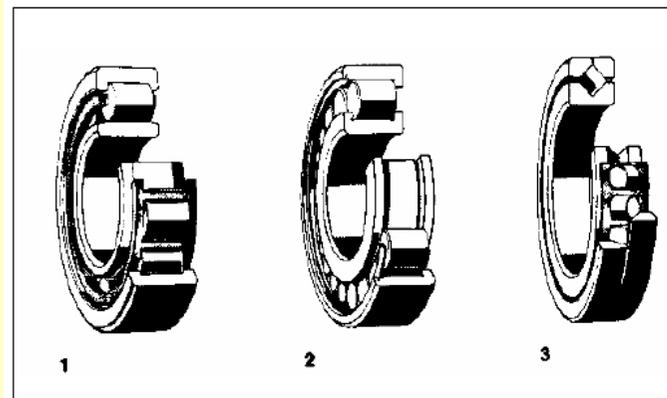
❖ Tipos de Rolamentos – imagens (são padronizados mundialmente em tamanhos métricos)



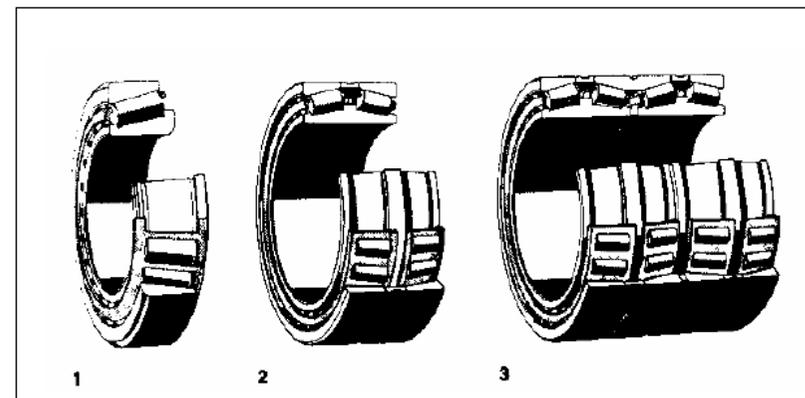
Rolamentos de esferas



Rolamentos de agulhas



Rolamentos de rolos cilíndricos



Rolamentos de rolos cônicos

**Radiais**



**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

❖ Tipos de Rolamentos – imagens (são padronizados mundialmente em tamanhos métricos)

**Axiais**



Rolamentos Axiais de Esferas



Rolamentos Axiais de Rolos Cilíndricos



Rolamentos Axiais de Rolos Cônicos

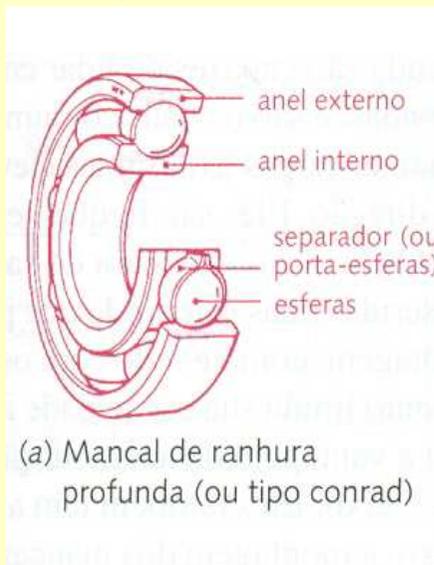


- |   |   |
|---|---|
| <b>1. Introdução</b> <ul style="list-style-type: none"><li>❖ Mancais de Deslizamento</li><li>❖ Mancais de Rolamento</li></ul> | <b>2. Construção de Rolamentos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>❖ Tipos de Rolamentos</li><li>❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais</li><li>❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes</li><li>❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes</li></ul> |
|---|---|

## ❖ Tipos de Rolamentos – detalhes

### ROLAMENTO RÍGIDO DE ESFERAS

- mais comum, mais barato
- suporta cargas radiais e um pouco de carga axial
- baixo atrito → altas rotações
- cargas leves e médias



Tipo	Forma Construtiva	Representação Esquemática
Rolamentos Rígidos de esferas	Básico: uma carreira de esferas sem ranhuras para placas de proteção ou de vedação	
	Uma carreira de esferas com ranhuras para placa de proteção ou de vedação	
	Uma carreira com ranhura para anel de retenção	
	Duas carreiras de esferas	



### 1. Introdução

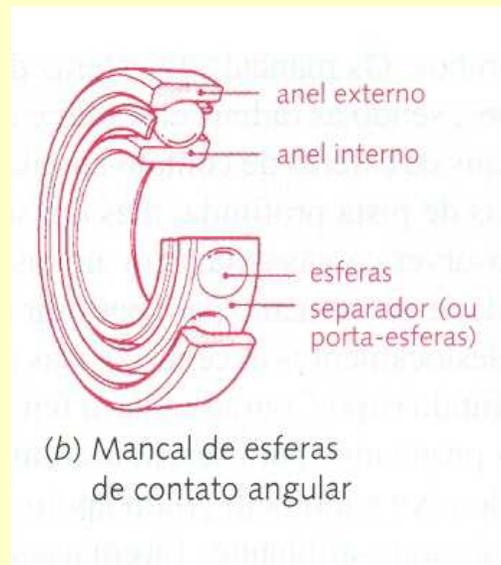
- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

### 2. Construção de Rolamentos

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

## ROLAMENTOS DE ESFERAS DE CONTATO ANGULAR

- uso parecido ao anterior
- inclinação do contato aumenta cargas axiais suportadas
- carga axial só em um sentido



Rolamentos esferas de contato angular	Pistas do anel interno e do anel externo deslocadas entre si na direção do eixo do rolamento	
---------------------------------------	--	--





### 1. Introdução

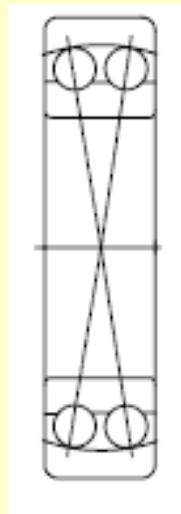
- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

### 2. Construção de Rolamentos

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

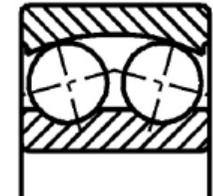
## ROLAMENTO AUTOCOMPENSADOR DE ESFERAS

- duas fileiras de esferas
- compensam desalinhamento angular de até 3 graus
- suporta cargas radiais e axiais leves



Rolamentos autocompensadores de esferas

Duas carreiras de esferas com uma pista esférica comum no anel externo





**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

## ROLAMENTOS DE ROLOS CILÍNDRICOS

- maior capacidade de carga
- os anéis são separáveis
- com duas flanges não suporta carga axial ( N, NU )
- com três flanges → axial em um sentido
- com quatro flanges → axial em dois sentidos



Rolamento de rolos cilíndricos	Tipo NU: possui dois flanges integrados no anel externo e anel interno sem flanges	
	Tipo N: possui dois flanges integrados no anel interno e anel externo sem flanges	
	Tipo NJ: possui dois flanges integrados no anel externo e um no anel interno e pode ser usado para fixação axial do eixo somente em um sentido	
	Tipo NUP: possui dois flanges integrados no anel externo e o anel interno possui um flange integrado e um anel flange solto, permitindo que fixe o eixo em ambos os sentidos	



**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

## ROLAMENTOS DE AGULHAS

- capacidade de carga maior
- usados nos casos de falta de espaço na direção radial
- são separáveis
- somente carga radial
- pode ou não ter pista interna



Tipo	Forma Construtiva	Representação Esquemática
Rolamentos de agulhas	Rolamento sem anel interno, usado quando é possível temperar e retificar um eixo para formar uma pista de rolamento	
	Rolamentos com anel interno, usados quando é impossível ou antieconômico temperar e retificar o eixo	



### 1. Introdução

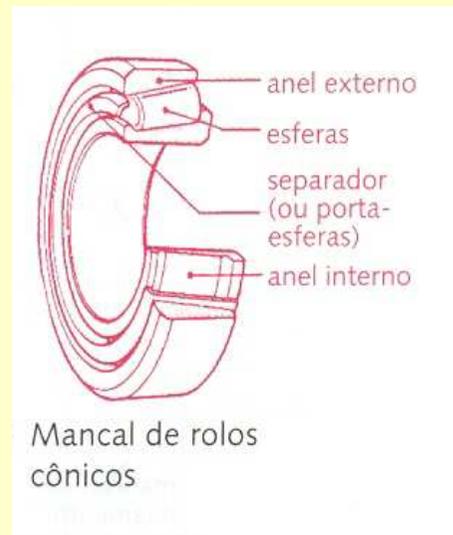
- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

### 2. Construção de Rolamentos

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

## ROLAMENTO DE ROLOS CÔNICOS

- carga axial grande num só sentido; montado aos pares
- carga radial
- podem ser separados axialmente



Rolamento de rolos cônicos	Uma carreira. Suportam cargas axiais atuando em apenas um sentido	
	Duas carreiras. Suportam cargas axiais nos dois sentidos	

Ex. usados como mancais de rodas em automóveis e caminhões



**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

## ROLAMENTO AUTOCOMPENSADOR DE ROLOS

- cargas axiais e radiais maiores que autocompensador de esferas



Rolamentos autocompensadores de rolos	Construção CC, C e EC: rolos simétricos, uma anel interno sem flange e uma gaiola prensada de aço para casa carreira de rolos.	
	Construção CAC, ECAC, CA e ECA: para rolos grandes. Rolos simétricos e o anel interno possui flanges de retenção	
	Construção E: rolos simétricos um anel interno sem flanges, um anel de guia sinterizado, posicionado na direção do anel externo e centrado nas gaiolas, com uma gaiola prensada de aço para cada carreira de rolos	



**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

## ROLAMENTOS AXIAIS

- somente cargas axiais e num só sentido



Rolamentos axiais de esferas	De escora simples: Adequados para suportar cargas axiais em um sentido e fixar o eixo neste sentido	
Rolamentos axiais de rolos cilíndricos	Adequados para arranjos que devem suportar cargas axiais pesadas. De escora simples: Suportam apenas cargas axiais em um sentido	
Rolamentos autocompensadores de rolos	São capazes de suportar cargas radiais atuando juntamente com cargas axiais. E é auto-alinhante, o que o torna insensível a desalinhamentos do eixo em relação à caixa proveniente de deflexões do eixo	



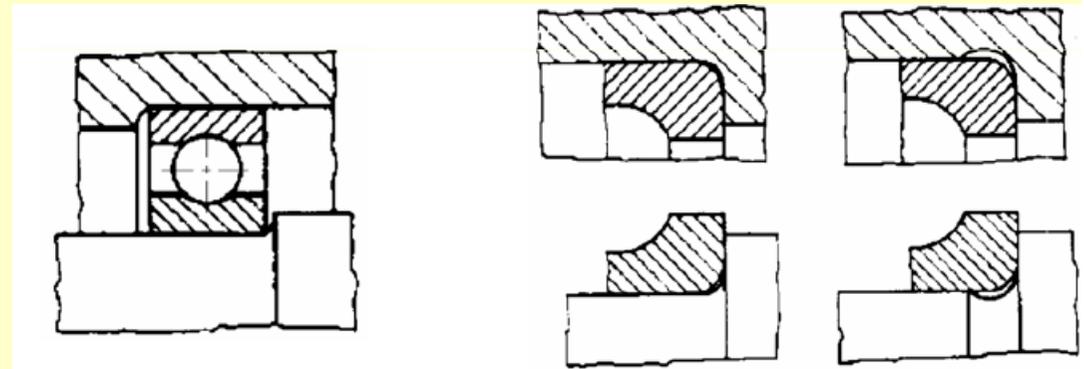
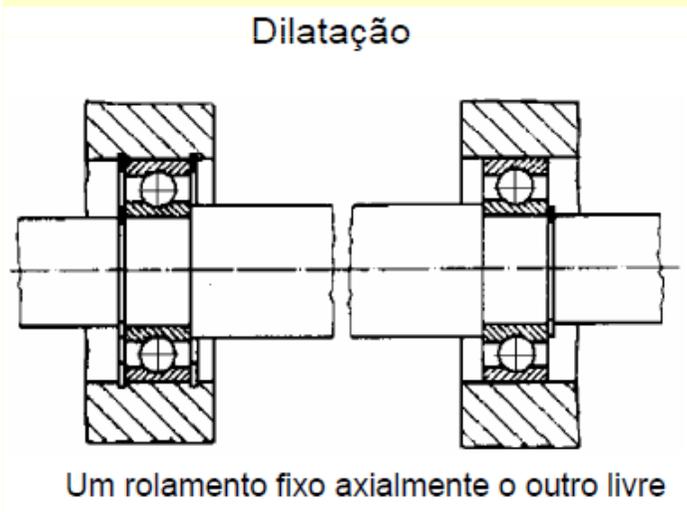
**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais



Concordância excessiva impede o apoio do rolamento no suporte

Concordância necessária



**1. Introdução**

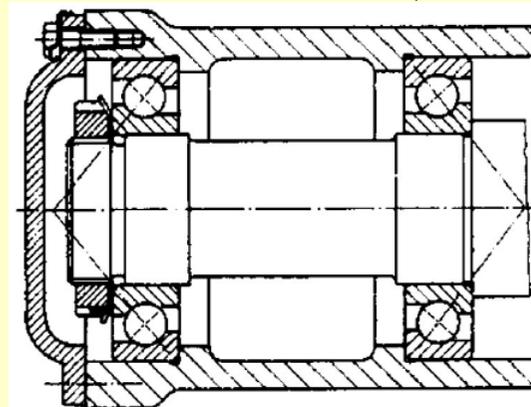
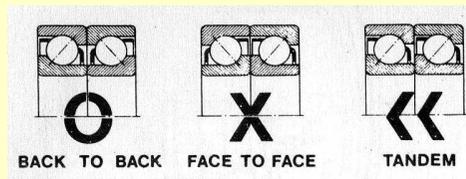
- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

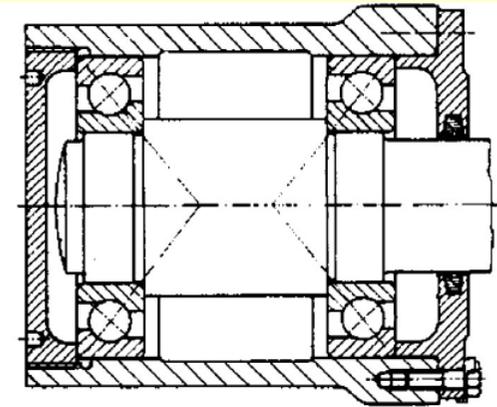
- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

Montagens especiais ( $F_{ax}$  elevadas)

- “O”  $F_{ax}$  elevadas 2 sentidos
- “X”  $F_{ax}$  elevadas 2 sentidos
- “TANDEM”  $F_{ax}$  muito elevada em 1 sentido, são rolamentos especiais para montagem aos pares.
- Rolamentos de rolos cônicos também podem ser montados em O, X e TANDEM



Montagem em “O”



Montagem em “X”

[http://www.flash3d.com.br/nsk\\_/topico4.swf](http://www.flash3d.com.br/nsk_/topico4.swf)

**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

### ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes

Admitindo-se presença de lubrificante limpo e em quantidade suficiente;

- a falha se dará por **fadiga superficial**, podendo ocorrer na pista interna, externa ou na esfera (tipicamente na pista)
- “Aviso”  $\Rightarrow$  ruído e vibração devido à cavitação

Os mancais são tipicamente classificados com base na vida, expressa em revoluções ou em horas de operação na velocidade do projeto. Num lote, espera-se que 10% dos membros falhem com aquela carga antes que a vida de projeto seja alcançada. Isto é chamado de **vida**  $L_{10}$  ( $B_{90}$  ou  $C_{90}$ ).

**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

## ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

Uma vez que o **tipo de mancal** apropriado para a aplicação **tenha sido escolhido**, a **seleção das dimensões** apropriadas depende das magnitudes da **carga estática e dinâmica** aplicadas e da **vida** desejada até a fadiga.

### Algumas definições

**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

- capacidade de carga dinâmica ( $C$ )

Carga nominal aplicada no mancal na qual ele resiste a **1 milhão de ciclos**  $\Rightarrow$  definida pelo fabricante e publicada nos catálogos

Mancais de esferas

Relação carga  $x$  vida

$$L = \left( \frac{C}{P} \right)^3$$

Mancais de rolos

$$L = \left( \frac{C}{P} \right)^{10/3}$$

$L$  = Vida expressa em milhões de ciclos

$P$  = Carga equivalente aplicada

$C$  = Capacidade de carga dinâmica (**definida pelo fabricante**)

**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

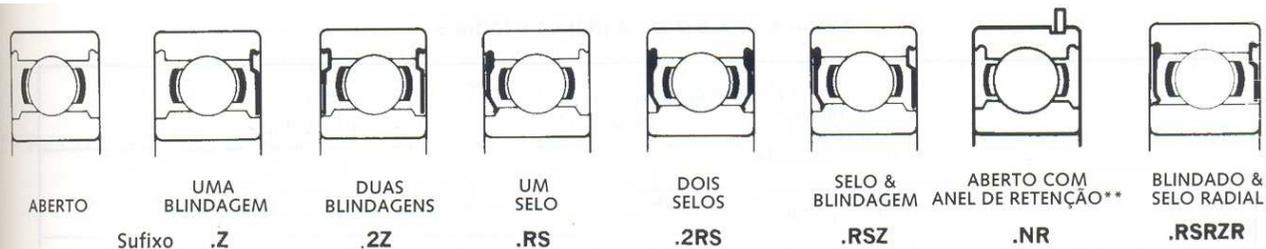
**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

- capacidade de carga estática ( $C_0$ )  $\Rightarrow$  valor máximo

Carga que produz deformação total permanente na pista e no elemento rolante em qualquer ponto de contato no valor de **0,0001 do diâmetro do elemento rolante** (**definida pelo fabricante**)

Ex. Tensões requeridas para causar esta deformação estática em mancais de aço  
4 GPa em mancais de rolos  
4,6 Gpa em mancais de esferas



Esta configuração é mostrada somente para ilustrar os novos padrões de vedação. Presentemente alguns mancais estão sendo convertidos.

NÚMERO DO MANCAL	DIMENSÕES DO CONTORNO					DIMENSÕES DO ANEL DE RETENÇÃO polegadas			RAIO MÁXIMO DO FILETE DO EIXO polegadas	PESO APROXIMADO lb.	S <sub>L</sub> VELOCIDADE LIMITE rpm	C CARGA NOMINAL DINÂMICA lb.	C <sub>e</sub> CARGA NOMINAL ESTÁTICA lb.	
	FURO mm	FURO polegadas	DIÂMETRO EXTERNO mm	DIÂMETRO EXTERNO polegadas	LARGURA mm	LARGURA polegadas	H	S						t
6300	10	0,3937	35	1,3780	11	0,4331	0,125	1,562	0,044	0,025	0,13	22000	1400	850
6301	12	0,4724	37	1,4567	12	0,4724	0,125	1,625	0,044	0,040	0,15	20000	1700	1040
6302	15	0,5906	42	1,6535	13	0,5118	0,125	1,821	0,044	0,040	0,20	18000	1930	1200
6303	17	0,6693	47	1,8504	14	0,5512	0,141	2,074	0,044	0,040	0,25	16000	2320	1460
6304	20	0,7874	52	2,0472	15	0,6906	0,141	2,276	0,044	0,040	0,34	14000	3000	1930
6305	25	0,9843	62	2,4409	17	0,6693	0,195	2,665	0,067	0,040	0,58	11000	3800	2550
6306	30	1,1811	72	2,8346	19	0,7480	0,195	3,091	0,067	0,040	0,83	9500	5000	3400
6307	35	1,3780	80	3,1496	21	0,8268	0,195	3,406	0,067	0,060	1,07	8500	5700	4000
6308	40	1,5748	90	3,5433	23	0,9055	0,226	3,799	0,097	0,060	1,41	7500	7350	5300
6309	45	1,7717	100	3,9370	25	0,9843	0,226	4,193	0,097	0,060	1,95	6700	9150	6700
6310	50	1,9685	110	4,3307	27	1,0630	0,226	4,587	0,097	0,080	2,50	6000	10600	8150
6311	55	2,1654	120	4,7244	29	1,1417	0,271	5,104	0,111	0,080	3,30	5300	12900	10000
6312	60	2,3622	130	5,1181	31	1,2205	0,271	5,498	0,111	0,080	3,81	5000	14000	10800
6313	65	2,5591	140	5,5118	33	1,2992	0,304	5,892	0,111	0,080	4,64	4500	16000	12500
6314	70	2,7559	150	5,9055	35	1,3780	0,304	6,286	0,111	0,080	5,68	4300	18000	14000
6315	75	2,9528	160	6,2992	37	1,4567	0,304	6,679	0,111	0,100	6,60	4000	19300	16300
6316	80	3,1496	170	6,6929	39	1,5354	0,346	7,198	0,122	0,100	9,53	3800	21200	18000
6317	85	3,3465	180	7,0866	41	1,6142	0,346	7,593	0,122	0,100	11,00	3400	21600	18600
6318	90	3,5433	190	7,4803	43	1,6929	0,346	7,986	0,122	0,100	11,60	3400	23200	20000
6319	95	3,7402	200	7,8740	45	1,7717	0,346	8,380	0,122	0,100	13,38	3200	24500	22400
6320	100	3,9370	215	8,4646	47	1,8504	—	—	—	0,100	16,34	3000	28500	27000
6321	105	4,1338	225	8,8582	49	1,9291	—	—	—	0,100	17,8	2800	30500	30000
6322	110	4,3307	240	9,4488	50	1,9685	—	—	—	0,100	21,0	2600	32500	32500
6324	120	4,7244	260	10,2362	55	2,1654	—	—	—	0,100	32,3	2400	36000	38000
6326	130	5,1181	280	11,0236	58	2,2835	—	—	—	0,12	40,1	2200	39000	43000
6328	140	5,5118	300	11,8110	62	2,4409	—	—	—	0,12	48,1	2000	44000	50000
6330	150	5,9055	320	12,5984	65	2,5590	—	—	—	0,12	57,8	1900	49000	60000

Página do catálogo de um fabricante de mancal.

Pág 579 - Norton

**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

- carga radial e axial combinadas (carga estática equivalente)

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a$$

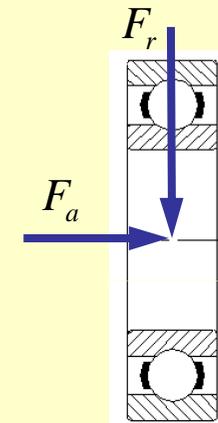
$P_0$  = Carga estática equivalente aplicada

$X_0$  = Fator radial (definido pelo fabricante)

$Y_0$  = Fator axial (definido pelo fabricante)

$F_r$  = Força radial

$F_a$  = Força axial



Se  $P_0$  calculado  $< F_r \Rightarrow P_0 = F_r$

**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

Ex: Rolamento **rígido de esferas**

- **Individuais** ou dispostos em **Tandem**:  $P_0 = 0,6 F_r + 0,5 F_a$
- Dispostos em **X** ou **O**:  $P_0 = F_r + 1,7 F_a$

Ex: Rolamento **autocompensador de esfera**:  $P_0 = F_r + Y_0 F_a$

( $Y_0 \Rightarrow$  definido pelo fabricante)

**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

- carga radial e axial combinadas (carga dinâmica equivalente)

deve-se calcular uma carga dinâmica equivalente → AFBMA

$$P = X V F_r + Y F_a$$

$P$  = Carga equivalente aplicada

$V$  = Fator de rotação (**definido pelo fabricante**)

$X$  = Fator radial (**definido pelo fabricante**)

$Y$  = Fator axial (**definido pelo fabricante**)

$F_r$  = Força radial

$F_a$  = Força axial

**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

$e$  = razão mínima entre as forças axial e radial abaixo da qual a **força axial** pode ser **ignorada**

$$e = \frac{F_a}{V F_r}$$

Comparar  $e$  calculado com  $e$  tabelado

Se  $e$  calculado  $\leq e$  tabelado

$\Rightarrow$

$$X = 1 \quad ; \quad Y = 0$$

$$P = X V F_r + Y F_a$$

### Fatores V, X e Y para mancais radiais

Tipo de mancal			Em relação à carga o anel interno está:		Mancais de fila única (1)		Mancais de fila dupla (2)																																							
			Rodando	Estacionário	$\frac{F_a}{VF_r} > e$		$\frac{F_a}{VF_r} \leq e$		$\frac{F_a}{VF_r} > e$		e																																			
			V	V	X	Y	X	Y	X	Y																																				
(3)	(4)	(5)																																												
												$\frac{F_a}{C_0}$	$\frac{F_a}{iZD_w^2}$																																	
Mancais de bolas de ranhura de contato radial	0,014	25	1	1,2	0,56	2,30	1,99	1,71	1	0	0,56	2,30	1,99	1,71	0,19																															
	0,028	50														1,55	1,45	1,31	1,15	1,04	1,00																									
	0,056	100																				1,45	1,31	1,15	1,04	1,00																				
	0,084	150																									1,31	1,15	1,04	1,00																
	0,11	200																													1,15	1,04	1,00													
	0,17	300																																1,04	1,00											
	0,28	500																																		1,04	1,00									
	0,42	750																																				1,00								
	0,56	1000																																												
	20°	1																																					1,2	0,43	1,00	1	1,09	0,70	1,63	0,57
	25°																																							0,41	0,87		0,92	0,67	1,44	0,68
	30°																																							0,39	0,76		0,78	0,63	1,24	0,80
35°	0,37		0,66	0,66	0,60	1,07	0,95																																							
40°	0,35		0,57	0,55	0,57	0,93	1,14																																							
Mancais de bola de auto alinhamento	1	1	0,40	0,4 cot α	1	0,42 cot α	0,65	0,65 cot α	1,5 tan α																																					
Mancais de rolos cônicos de auto alinhamento	1	1,2	0,40	0,4 cot α	1	0,45 cot α	0,67	0,67 cot α	1,5 tan α																																					

(1) Para mancais de fila única, quando  $\frac{F_a}{VF_r}$  use  $X = 1$  e  $Y = 0$ .

Para mancais de esfera ou rolo de duas filas simples (isoladas) de contato angular montadas "face com face" ou "costa com costa" use os valores de X e Y que se aplicam a mancais de fila dupla. Para mancais de duas ou mais filas montados "em tandem" use os valores de X e Y que se aplicam para mancais de fila única.

(2) Mancais de fila dupla são supostamente simétricos.

(3) Valores máximos permissíveis de  $\frac{F_a}{C_0}$  dependem do projeto do mancal.

(4)  $C_0$  é a carga estática nominal básica

(5) As unidades são libras e polegadas.

Valores de X, Y e e para carga ou ângulo de contato diferentes daqueles mostrados na tabela são obtidos por interpolação linear.



**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

<http://www.youtube.com/watch?v=-bENfnpBco0>

<http://www.youtube.com/watch?v=0JjIgeezQz4&feature=related>

[http://www.youtube.com/watch?v=GGBI1qw\\_XqA&feature=related](http://www.youtube.com/watch?v=GGBI1qw_XqA&feature=related)

[http:// www.schaeffler.com.br](http://www.schaeffler.com.br)

<http://medias.ina.de/medias/da!hp/;bxNK5sksIUd4?lang=pt>

<http://www.skf.com/pt/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-row-deep-groove-ball-bearings/single-row/index.html>



## PERGUNTAS?





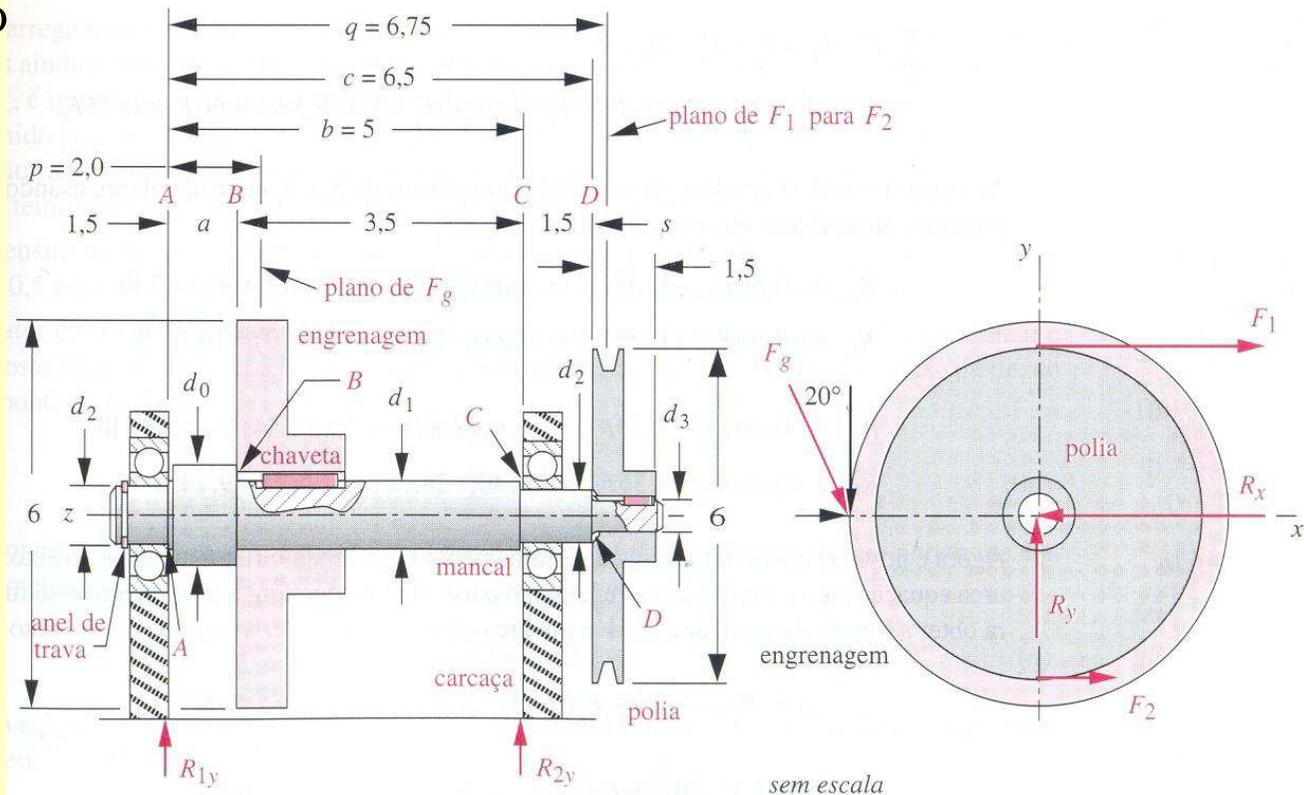
**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

Exercício 1: Selecione mancais radiais de esferas para o eixo projetado no exemplo de momento alternado e torque constante. Encontre as vidas de fadiga dos mancais para ambas as posições no eixo



**1. Introdução**

- ❖ Mancais de Deslizamento
- ❖ Mancais de Rolamento

**2. Construção de Rolamentos**

- ❖ Tipos de Rolamentos
- ❖ Considerações sobre Montagem dos Mancais
- ❖ Falha em Mancais de Elementos Rolantes
- ❖ Seleção de Mancais de Elementos Rolantes

Exercício 2: Selecione um rolamento de esferas do tipo Conrad de ranhura profunda para os carregamentos axial e radial e a vida desejada conforme dados abaixo. O anel interno é girante.

Dados:

$$F_r = 1686 \text{ lb}$$

$$F_a = 1012 \text{ lb}$$

2000 rpm

vida requerida:  $5 \cdot 10^8$  revoluções



## Exercício 3

É necessário dimensionar os mancais de rolamentos de um eixo de acordo com os dados abaixo. Foram escolhidos rolamentos rígidos de esferas para ambos os mancais, sendo que o esquerdo é bloqueado e o direito é livre. Pede-se :

- Dimensionar os rolamentos

Dados :

- |   | Mancal Esquerdo | Mancal Direito |
|---|-----------------|----------------|
| • Força radial                              | 6000 [N]        | 8000 [N]       |
| • Força axial (sentido único para esquerda) | 3000 [N]        | 0              |
| • Diâmetro do assento no eixo $d =$         | 40 [mm]         | 40 [mm]        |
- Máquina de uso intermitente
  - Temperatura de serviço  $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$
  - Direção das forças bem definidas.
  - Lubrificação e montagem confiáveis.
  - Não há desbalanceamento.
  - Eixo de rotação contínua de 200 [rpm] e em funcionamento tem vibrações médias e choques ocasionais leves.

