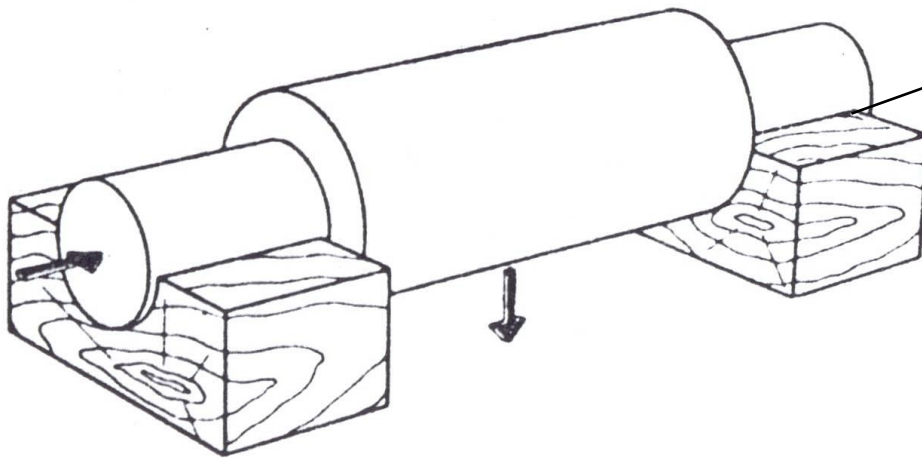


**PMR 3103**

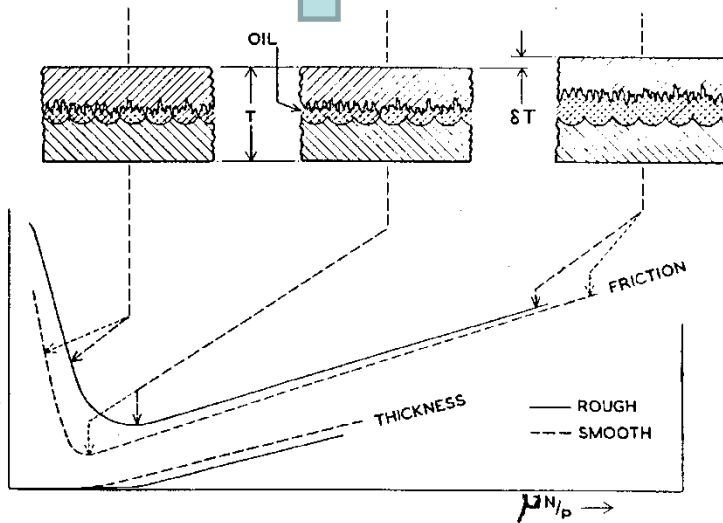
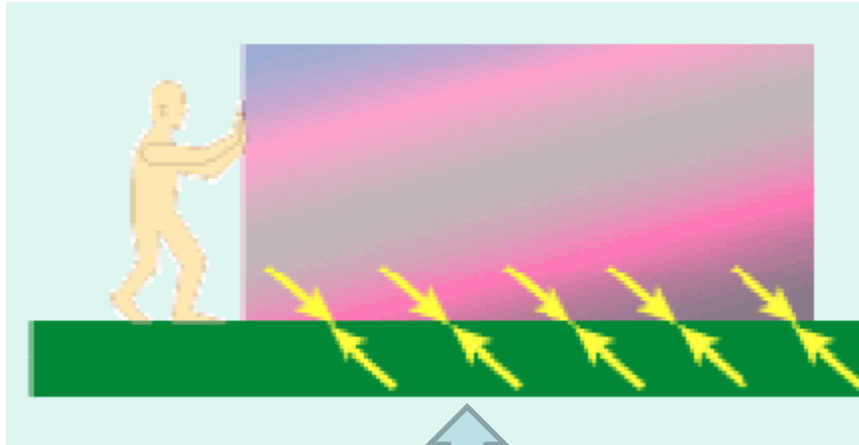
**Mancais de Rolamento**

1

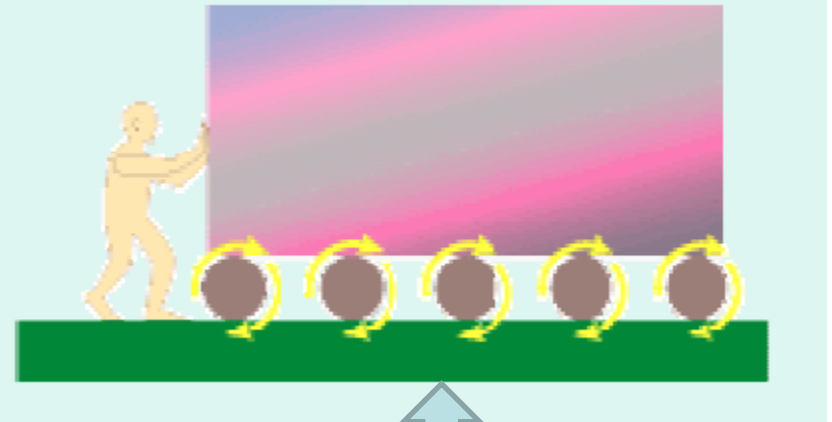


**Problema: Como reduzir o atrito de rotação do eixo?**

## ATRITO DE DESLIZAMENTO



## ATRITO DE ROLAMENTO



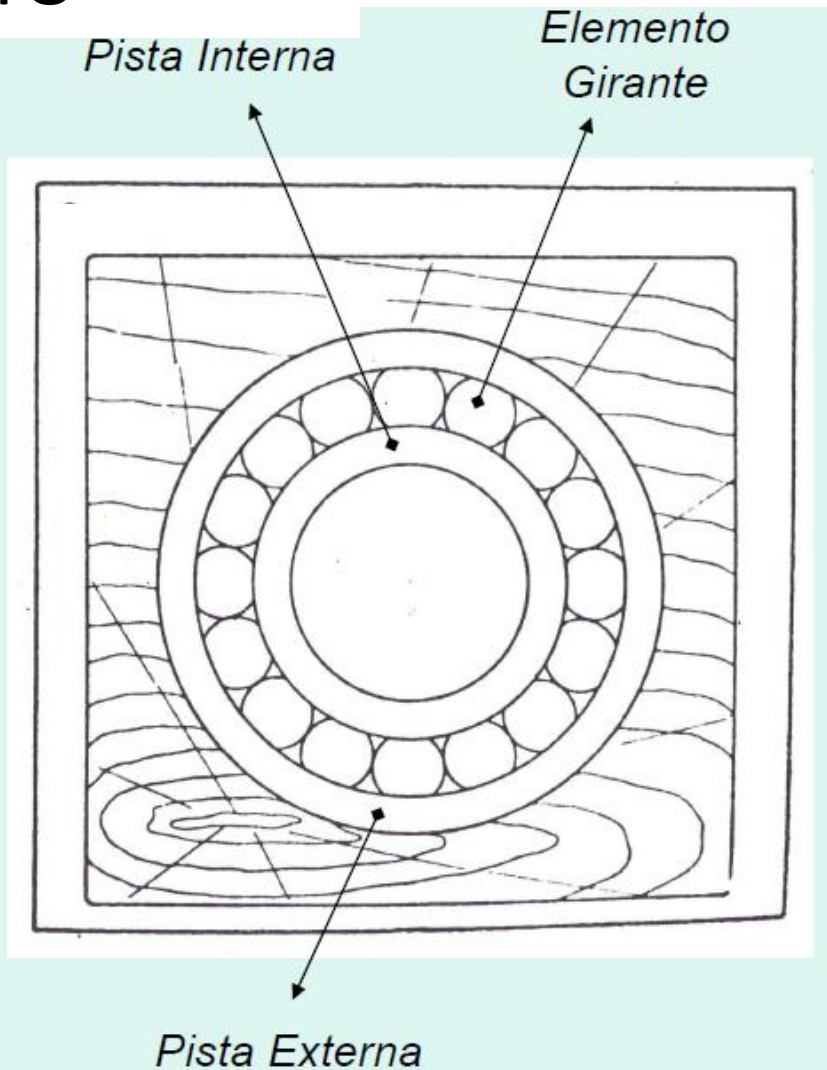
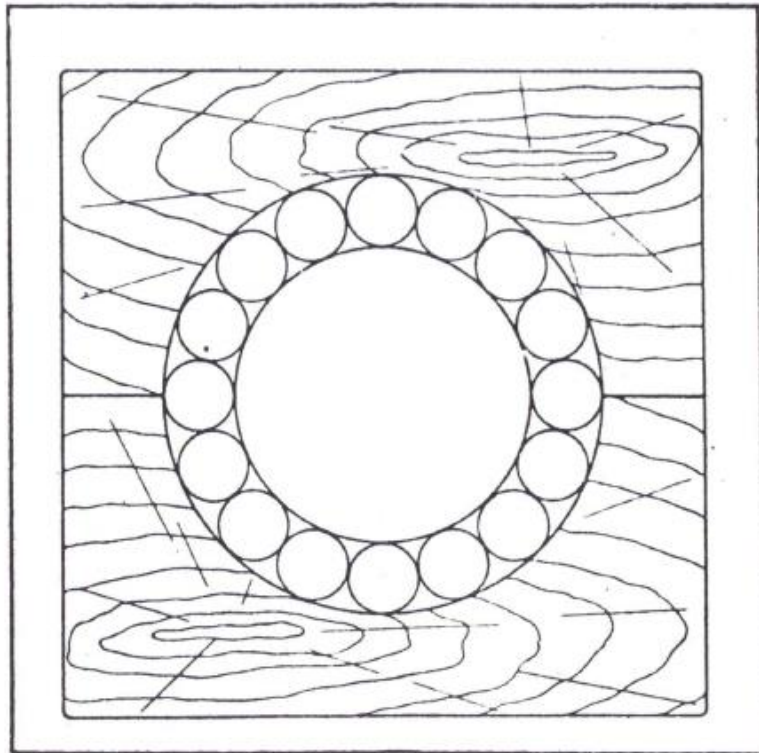
- Principal Característica: Baixo Atrito mesmo sem Lubrificação

- Valores Típicos:

$$\mu = 0.001 - 0.005$$

# MANCAL DE ROLAMENTO

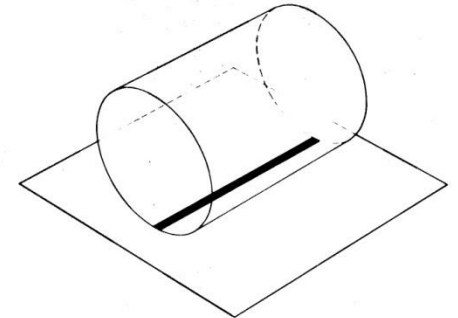
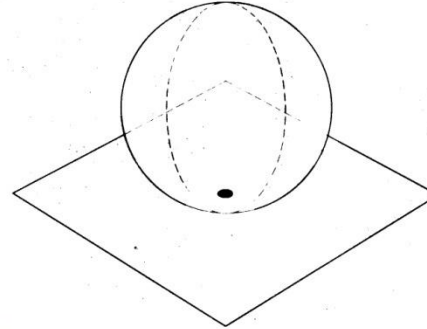
UTILIZAÇÃO DE ELEMENTOS OU  
CORPOS GIRANTES ( RODANTES)



**Mancal de Rolamento**

# Mancais de Rolamento – Corpos Rodantes

Esfera (Bola)



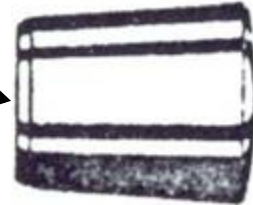
Rolo Cilíndrico



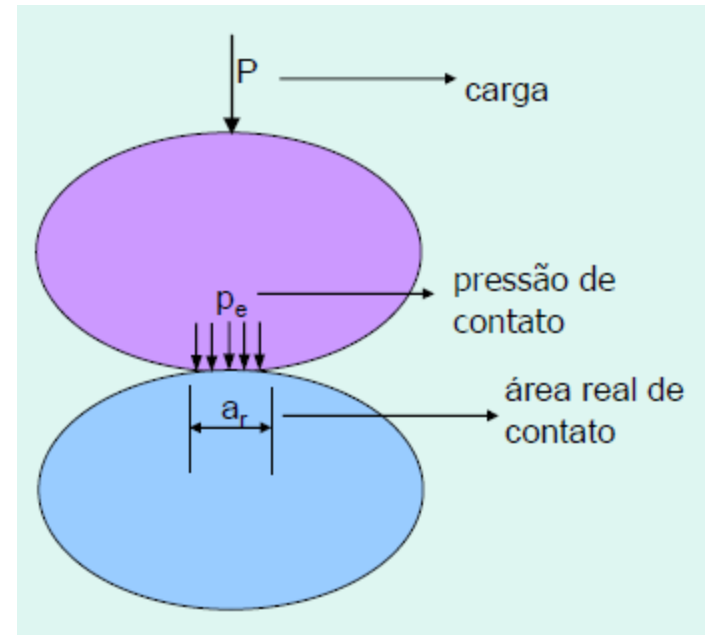
Contato puntiforme

Contato linear

Rolo Cônico



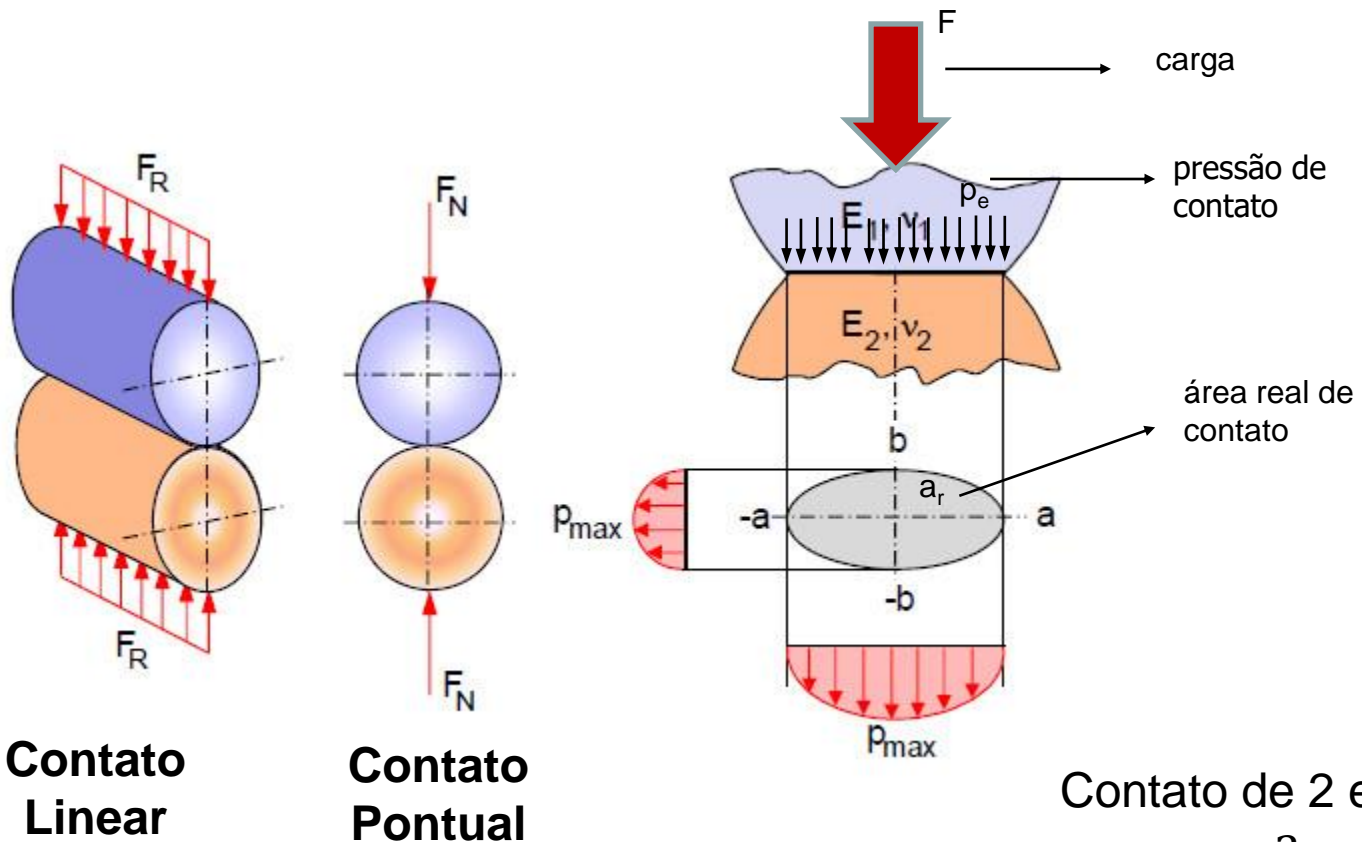
Rolo Esférico  
(Abaulado)



TEORIA DE HERTZ

# Contato nos elementos rodantes

## Teoria de Hertz



Contato de 2 esferas

$$p_{max} = \frac{3}{2} \cdot \frac{F}{\pi \cdot a^2}$$

# SELEÇÃO DE MANCAIS DE ROLAMENTO

## SENTIDO DA CARGA

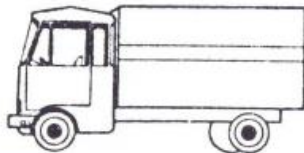
### MAGNITUDE DA CARGA



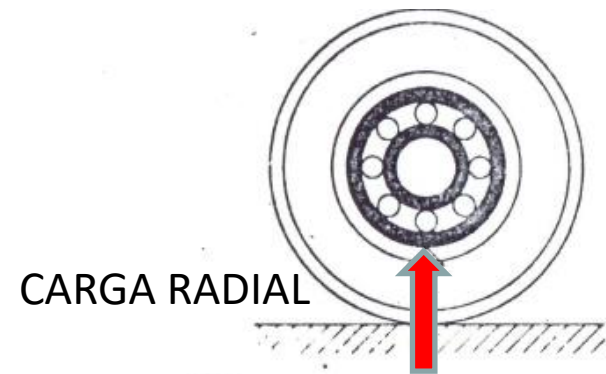
CARGAS LEVES  
ROLAMENTOS DE ESFERAS



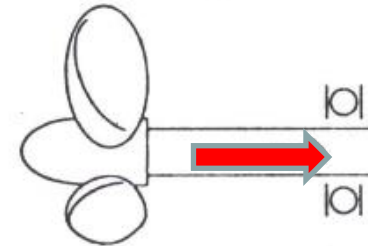
CARGAS MÉDIAS  
ROLAMENTOS DE ESFERAS  
ROLAMENTOS DE ROLOS



CARGAS PESADAS  
ROLAMENTOS  
DE ROLOS



CARGA RADIAL



CARGA AXIAL (HÉLICE DE NAVIO)

Grande variedade de tipos de mancais de rolamento





# Mancais de Rolamento

(mancais de elementos rodantes)

- Classificação quanto ao carregamento resistido



Radiais



Radiais/Axiais



Axiais

# TIPOS DE ROLAMENTOS RADIAIS E AXIAIS

## ROLAMENTOS RADIAIS

RÍGIDOS DE ESFERAS

---

DE ESFERAS DE CONTATO ANGULAR

---

AUTOCOMPENSADORES DE ESFERAS

---

DE ROLOS CILÍNDRICOS

---

DE AGULHAS

---

AUTOCOMPENSADORES DE ROLOS

---

DE ROLOS CÔNICOS

---

## ROLAMENTOS AXIAIS

AXIAIS DE ESFERAS

---

AXIAIS DE ESFERAS DE CONTATO ANGULAR

---

AXIAIS AUTOCOMPENSADORES DE ROLOS

# Características dos Mancais de Rolamento



1 TIPOS E CARACTERÍSTICAS DOS ROLAMENTOS

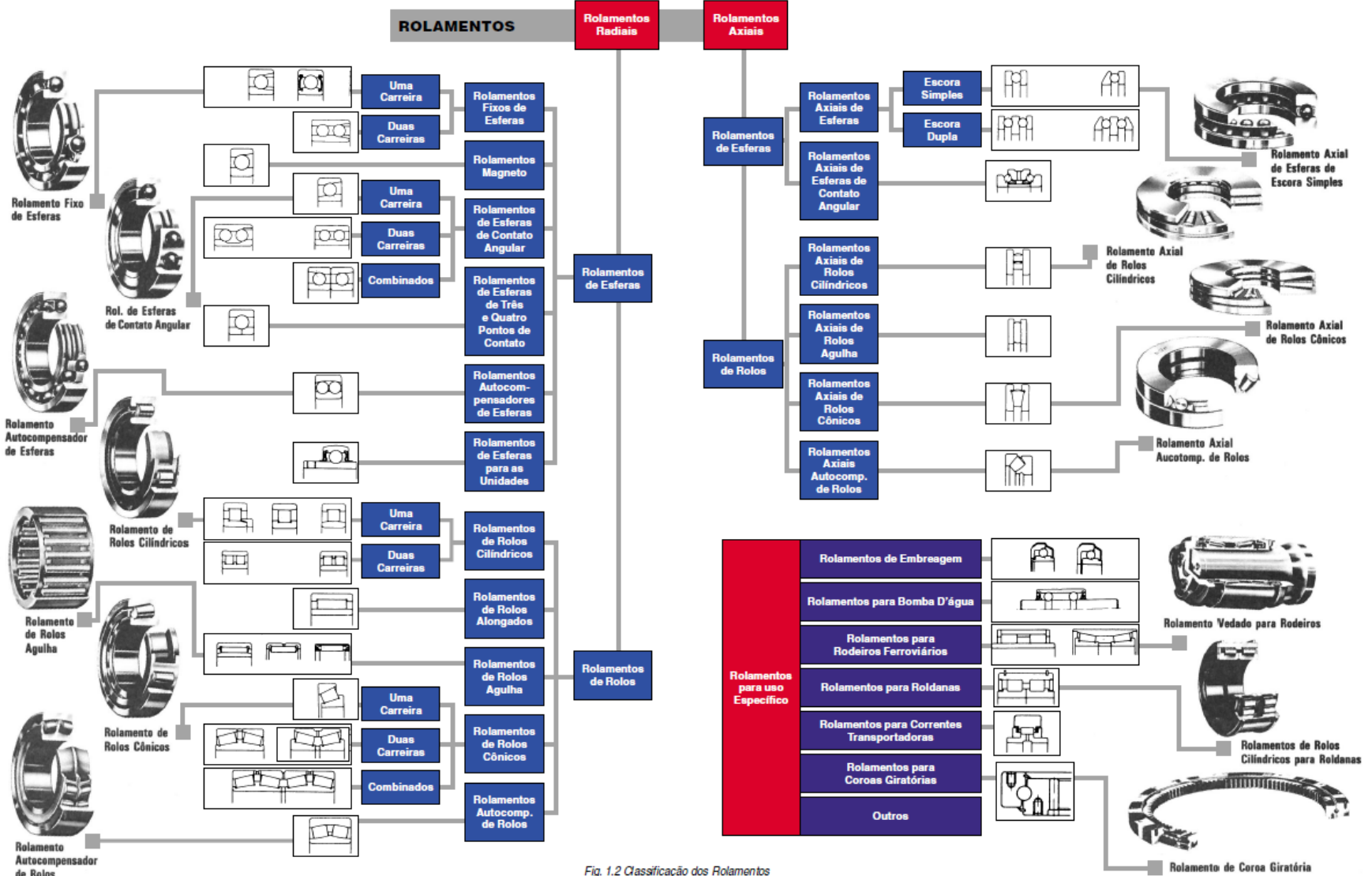
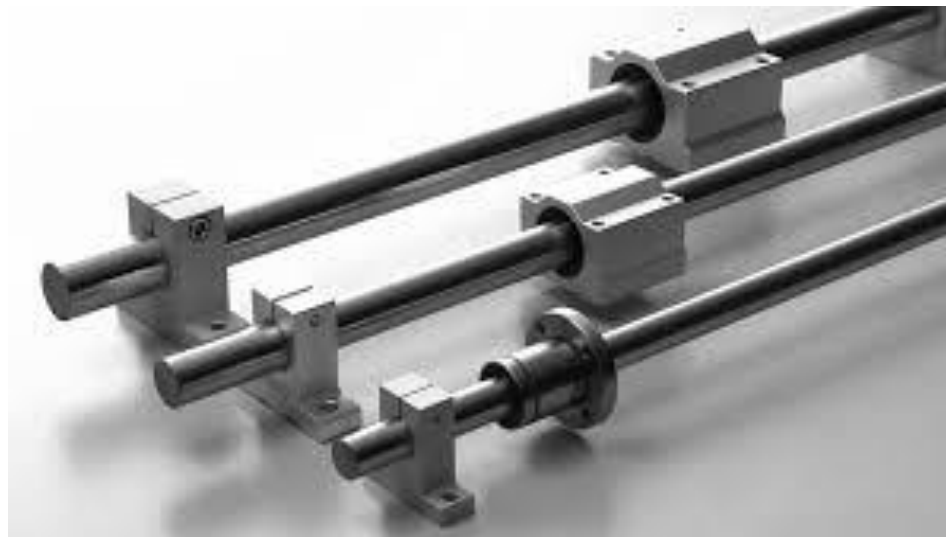
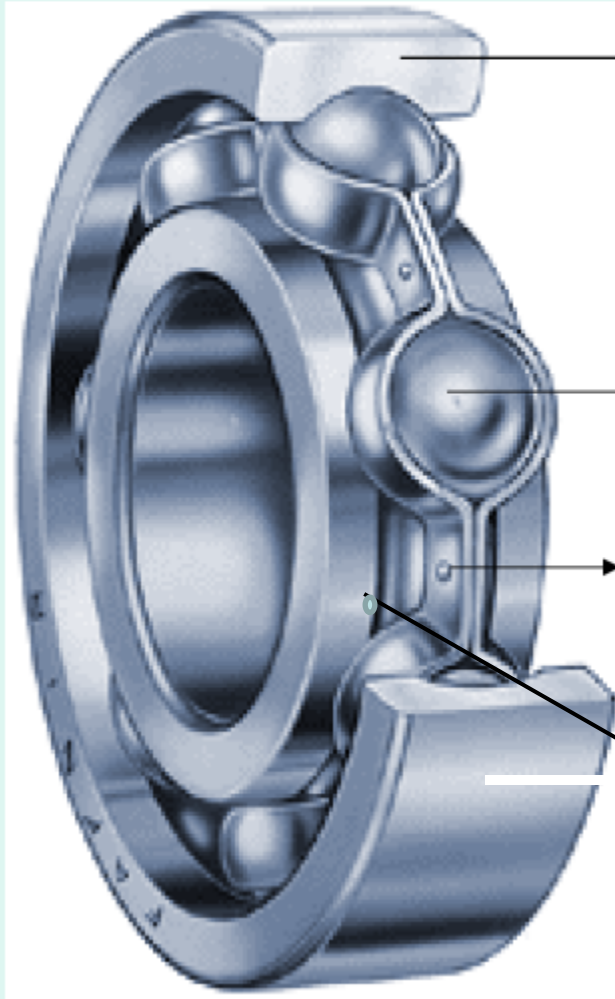


Fig. 1.2 Classificação dos Rolamentos

# Mancais de Rolamento Lineares



# Mancal de Rolamento Rígido de uma Carreira de Esferas



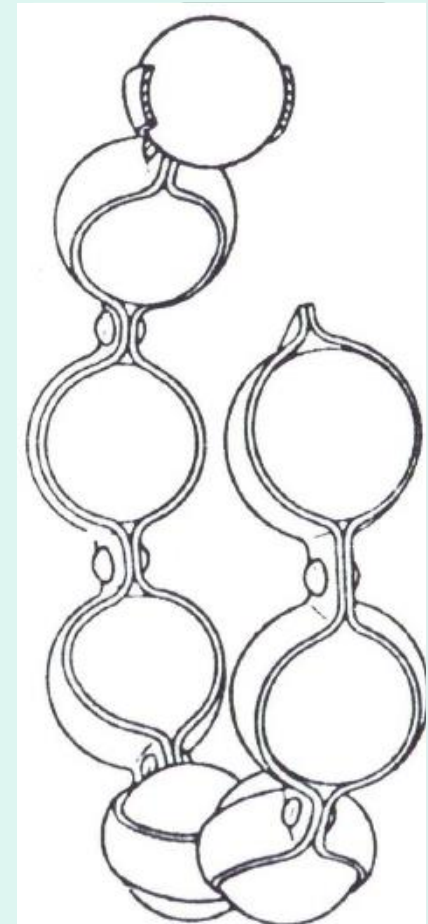
Pista externa  
(anel externo)

Esfera

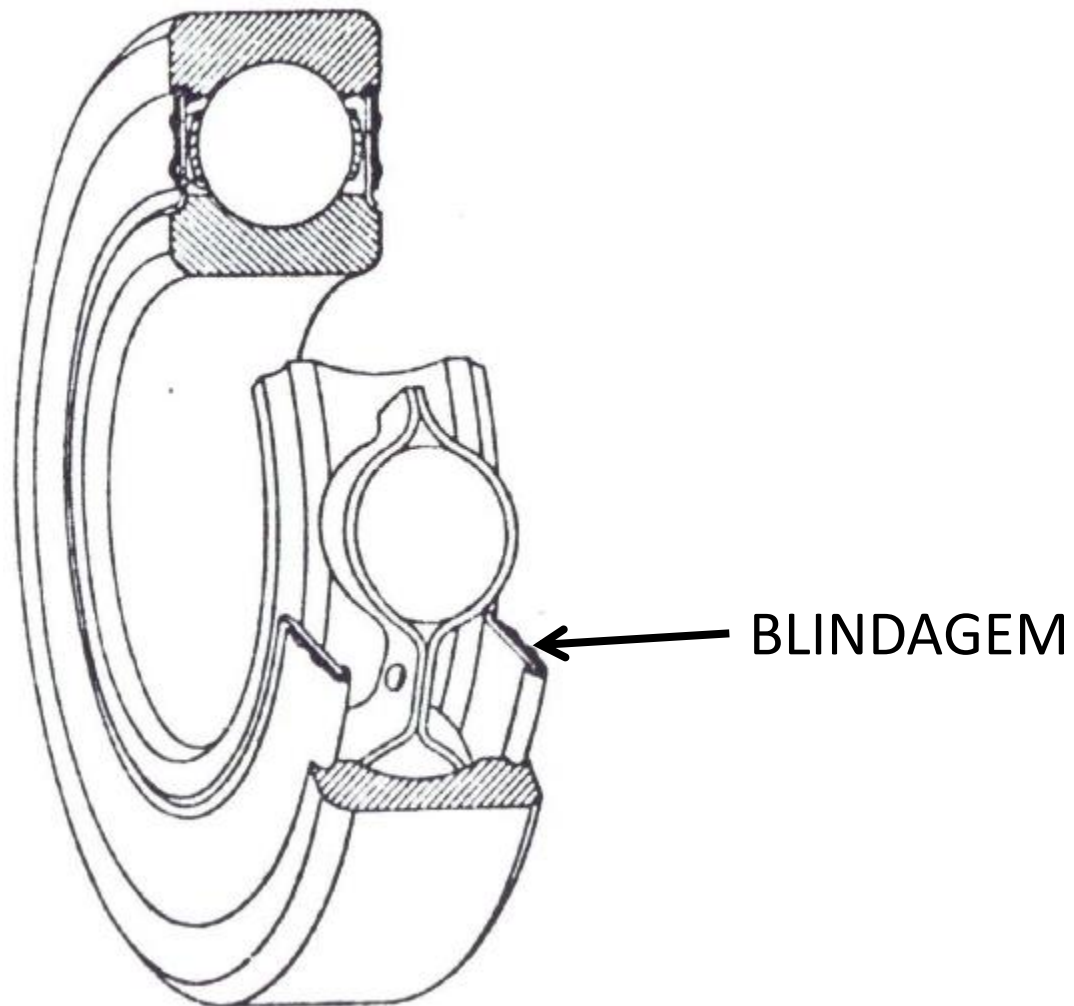
Gaiola

Pista  
interna  
(anel  
interno)

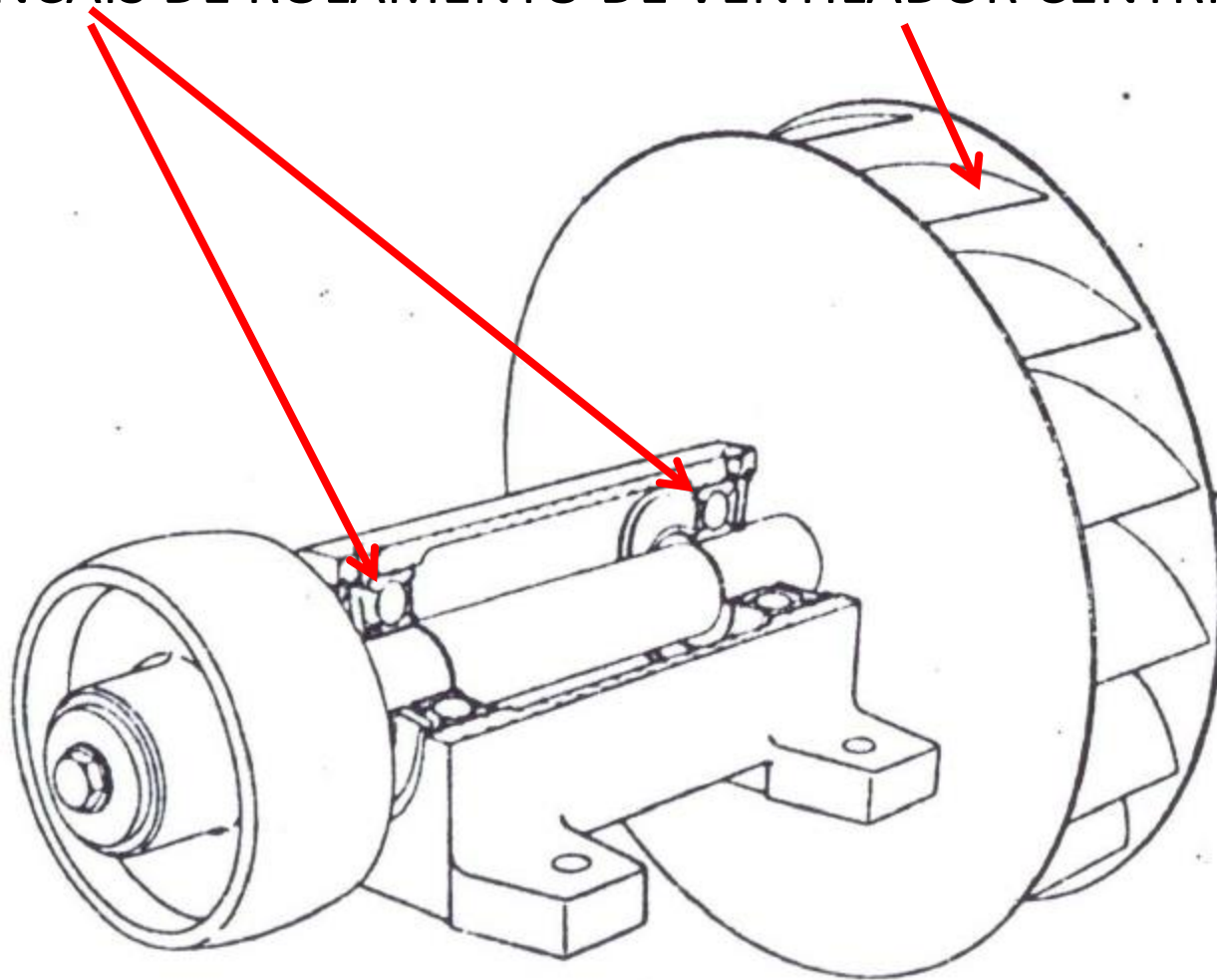
Gaiola + Esferas



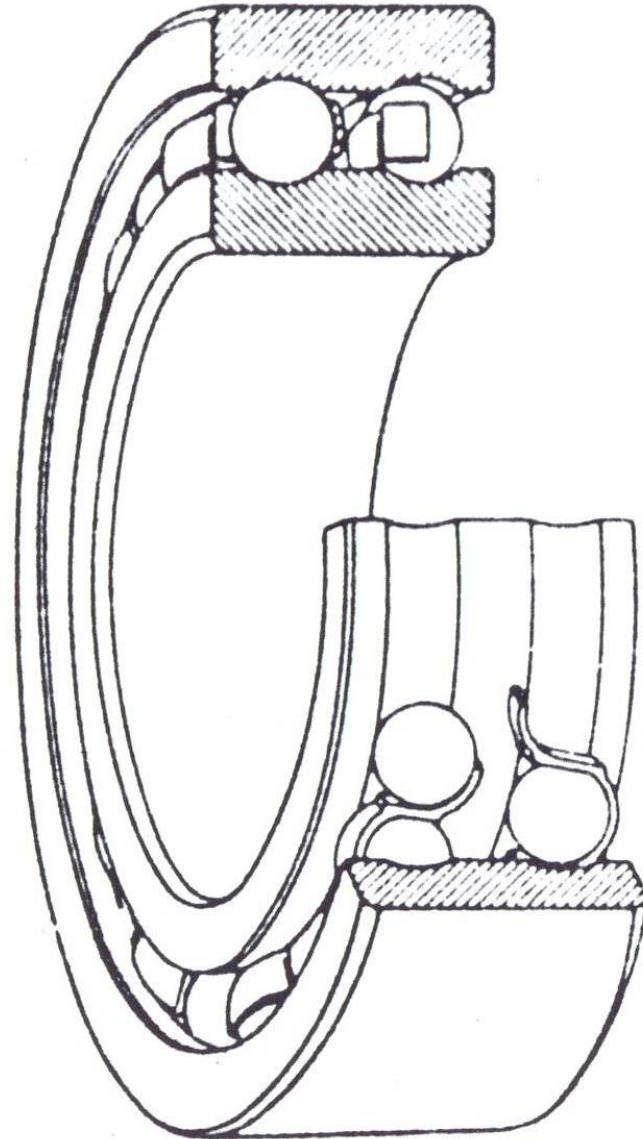
# MANCAL DE ROLAMENTO RÍGIDO DE UMA CARREIRA DE ESFERAS COM BLINDAGEM



# MANCAIS DE ROLAMENTO DE VENTILADOR CENTRÍFUGO



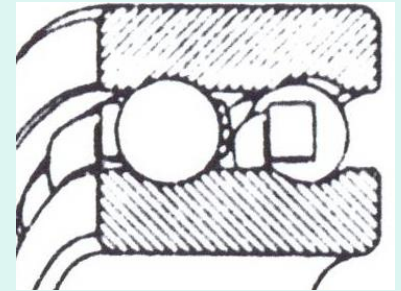
# Rolamento Rígido de Duas Carreiras de Esferas



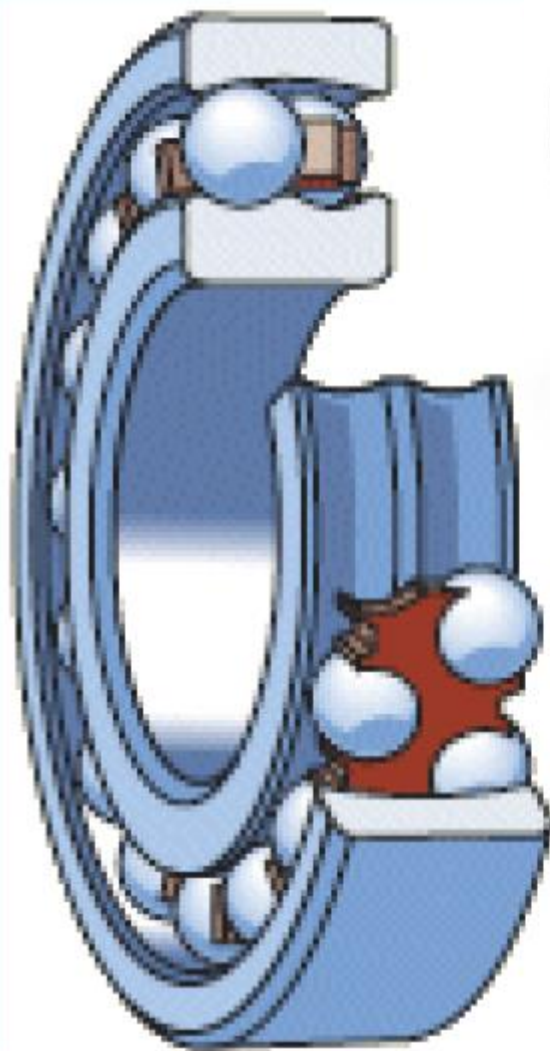
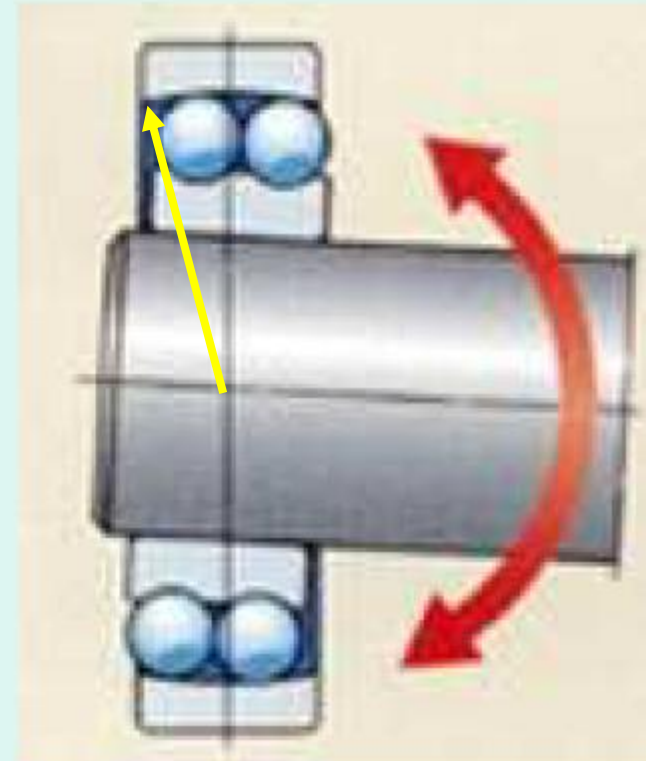


# Rolamento Autocompensador

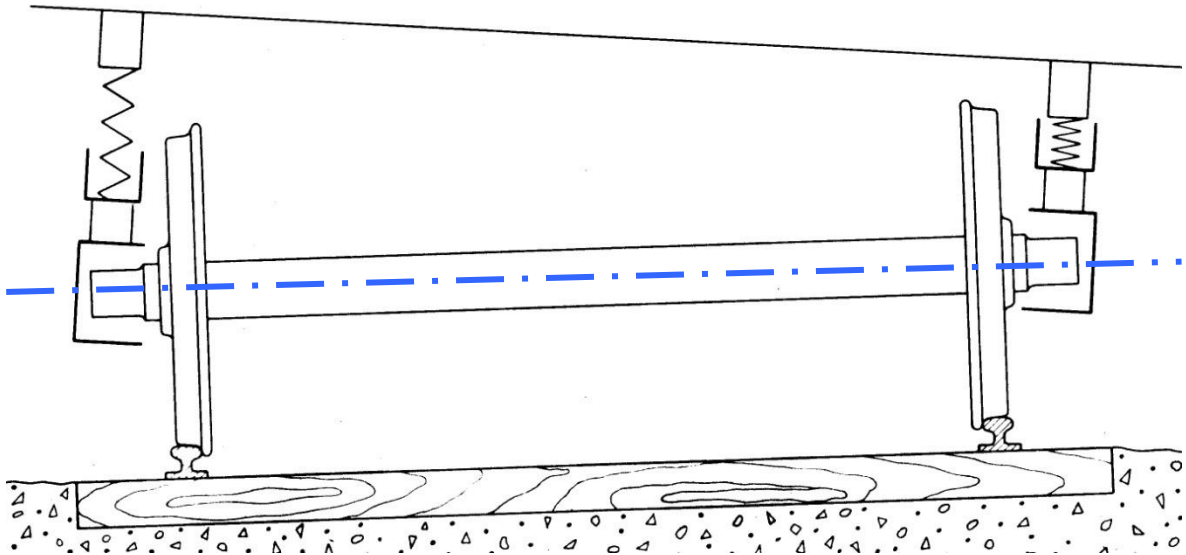
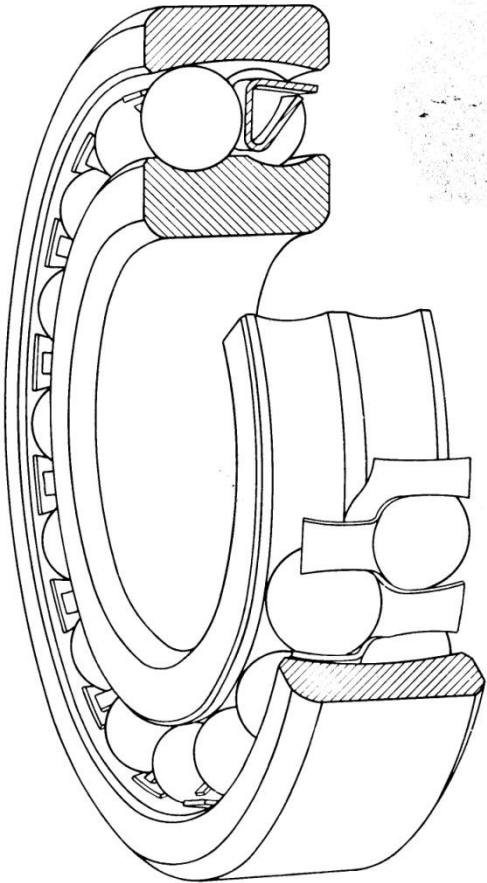
de Esferas



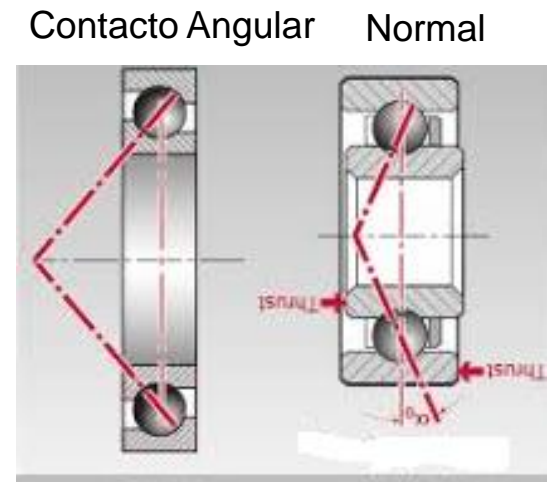
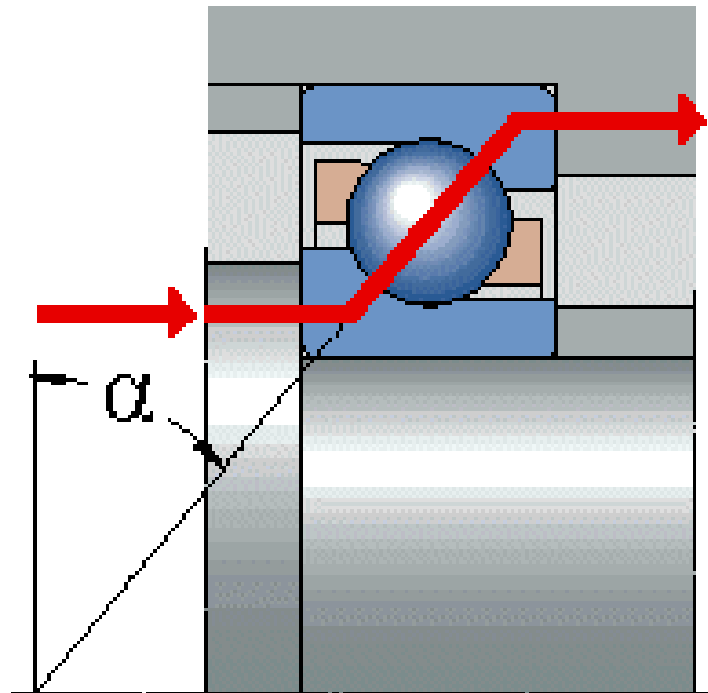
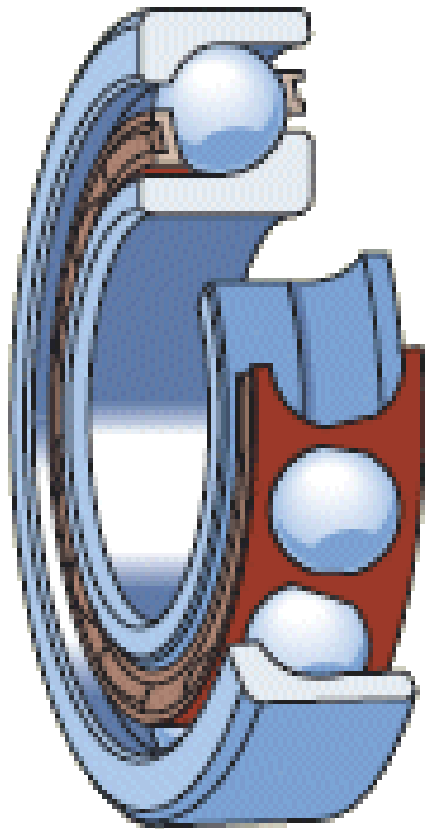
de Rolos



# ROLAMENTO AUTOCOMPENSADOR DE ESFERAS

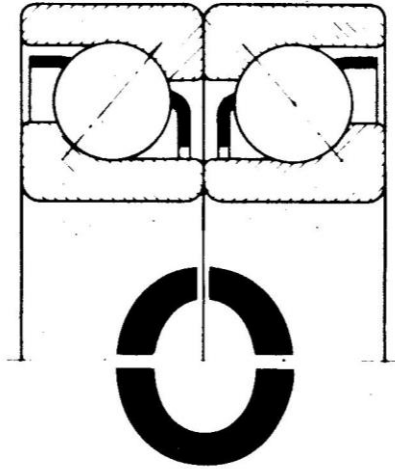


# Rolamento de Contato Angular de uma Carreira de Esferas

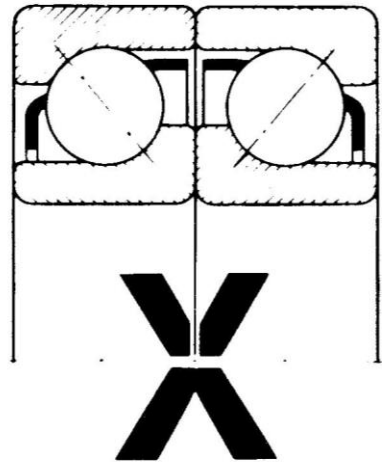


# Rolamentos de Contacto Angular de Esferas

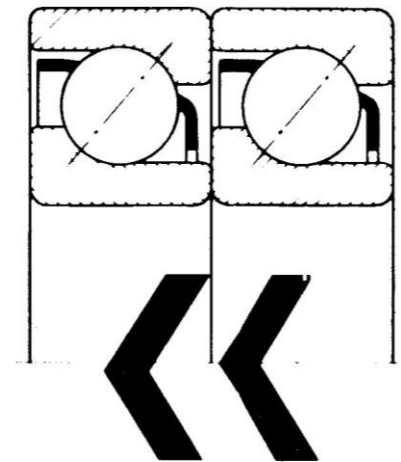
## Montagens



Quando montados com arranjo em **O** as linhas de carga divergem em direção ao eixo do rolamento. É possível suportar cargas axiais atuando em ambas as direções, porém estas serão suportadas apenas por um rolamento em cada direção. Os rolamentos dispostos em **O** proporcionam um arranjo relativamente rígido e também podem suportar momentos de inclinação.

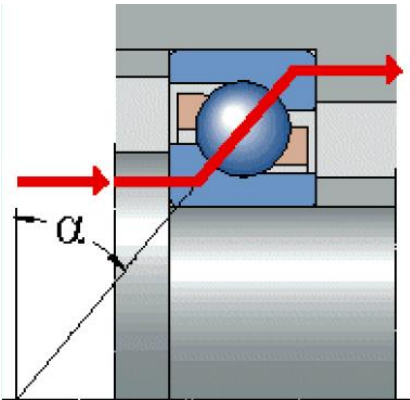
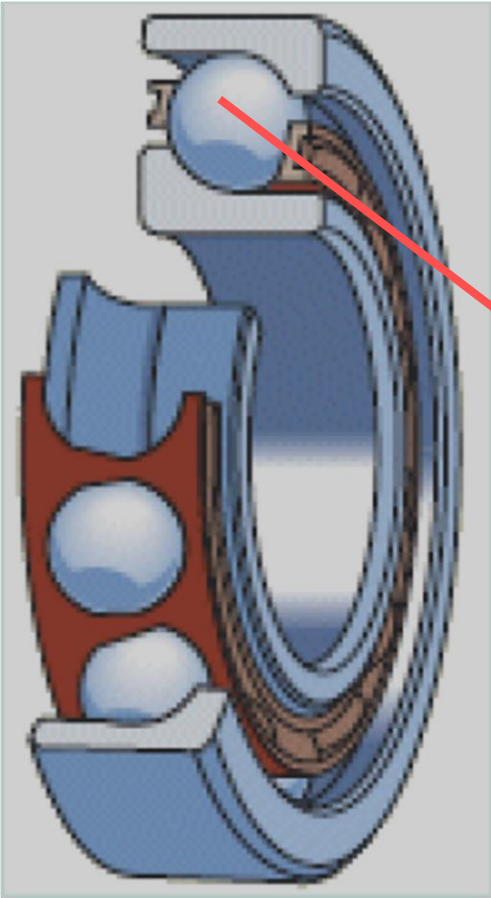


As linhas de carga dos rolamentos com arranjo em **X** convergem em direção ao eixo do rolamento. É possível suportar cargas axiais atuando em ambas as direções, porém estas serão suportadas apenas por um rolamento em cada direção. O arranjo em questão não é tão rígido quanto à disposição em **O**, e também é menos adequado para suportar momentos de inclinação.

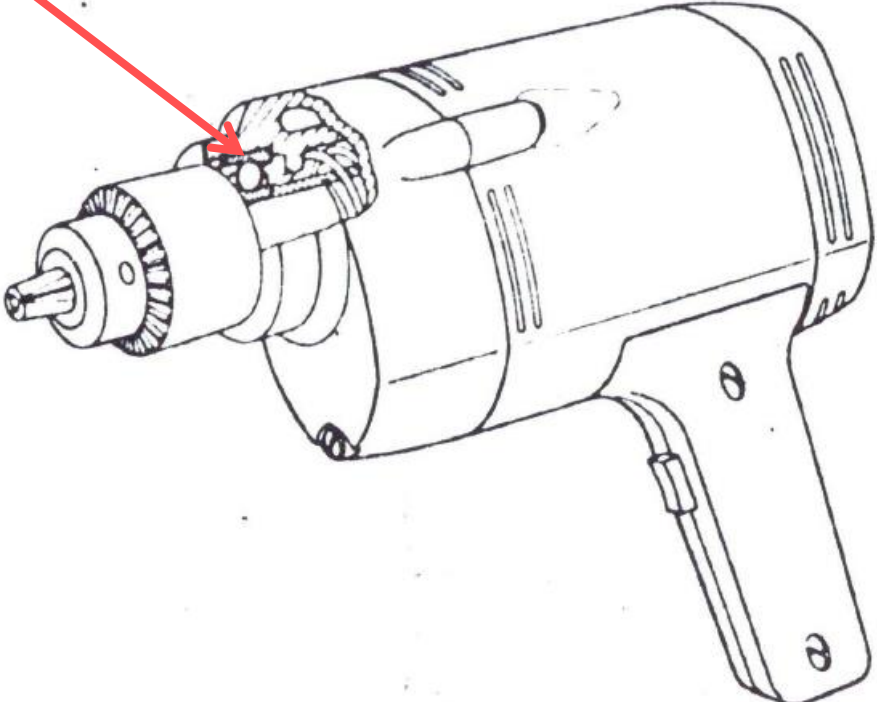
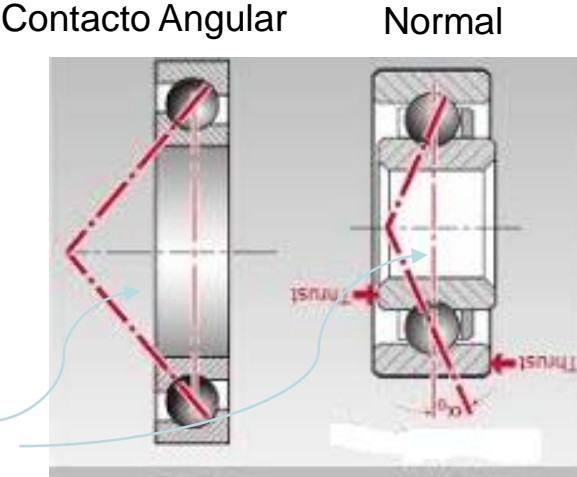


Quando montados em **tandem** as linhas de carga ficam paralelas e as cargas radial e axial são uniformemente divididas entre os rolamentos. No entanto, o conjunto de rolamentos somente pode suportar cargas axiais atuantes em uma direção. Se houver cargas axiais atuantes na direção oposta, ou se houver cargas combinadas, será necessário acrescentar um terceiro rolamento ajustado contra o par disposto em tandem

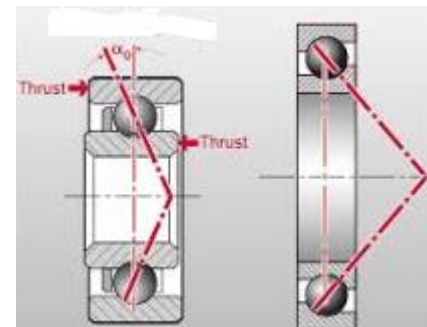
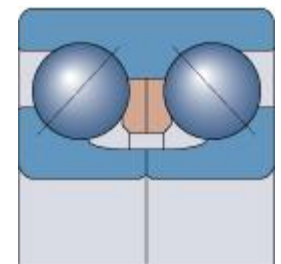
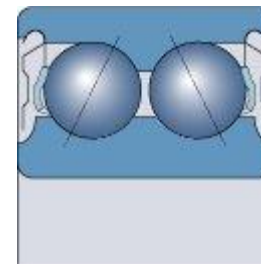
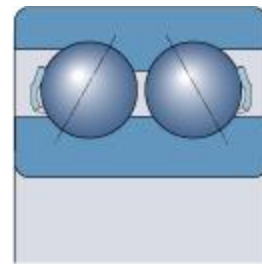
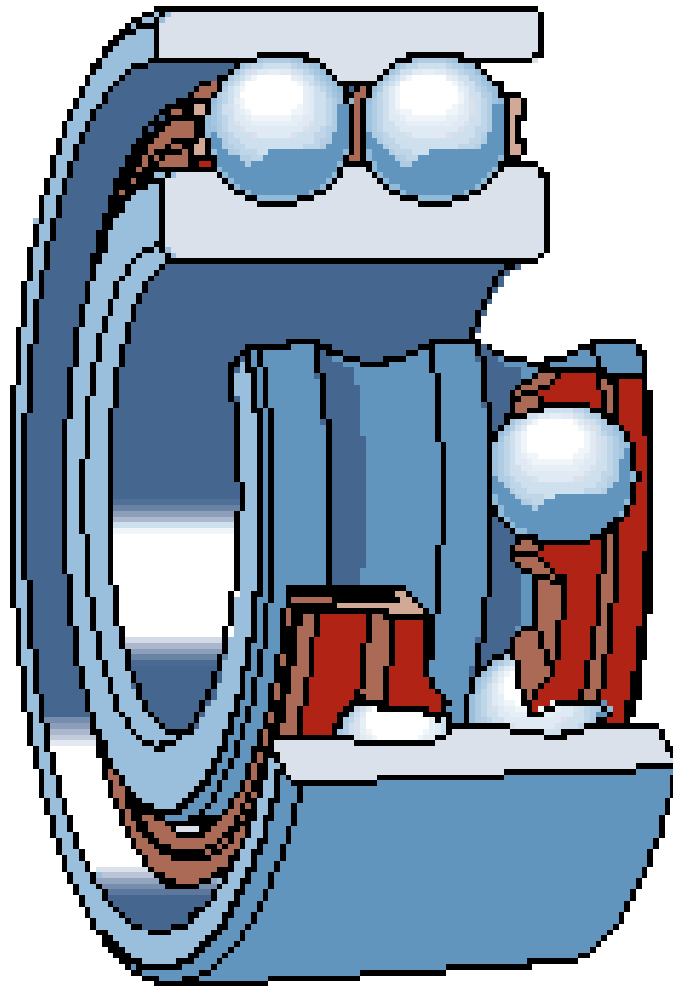
# APLICAÇÃO DO ROLAMENTO DE CONTACTO ANGULAR- FURADEIRA MANUAL



( $\alpha$ ) Ângulo de Contacto



# Rolamento de Contato Angular de 2 Carreiras de Esferas



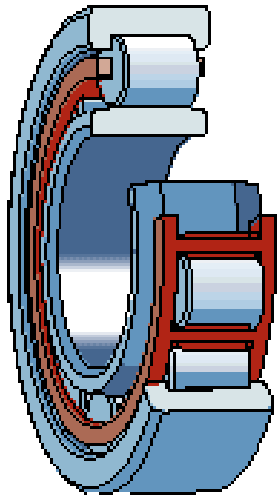
## Fabricação de Rolamentos de Esferas e Esferas



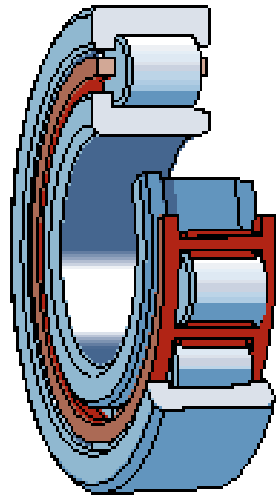
<https://www.youtube.com/watch?v=-e-oYUZ4ZhE>

<https://www.youtube.com/watch?v=19duYMdiXi0>

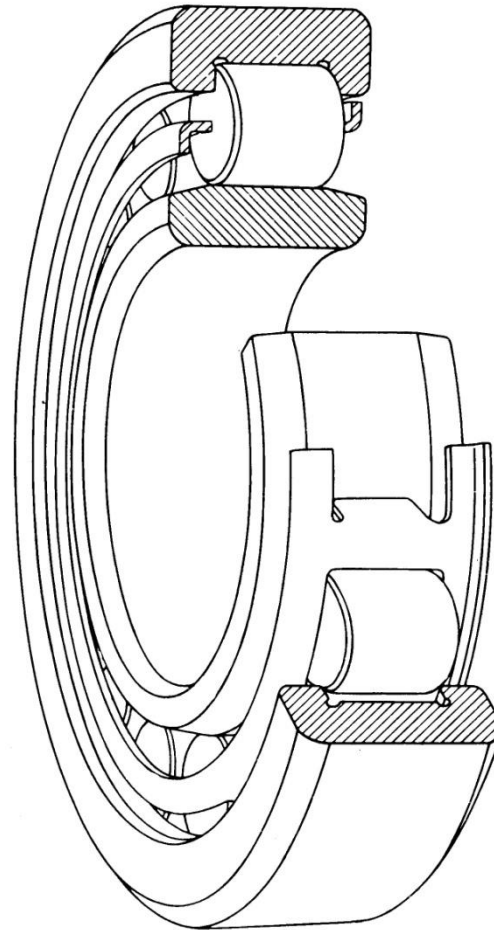
# ROLAMENTOS DE ROLOS CILINDRICOS



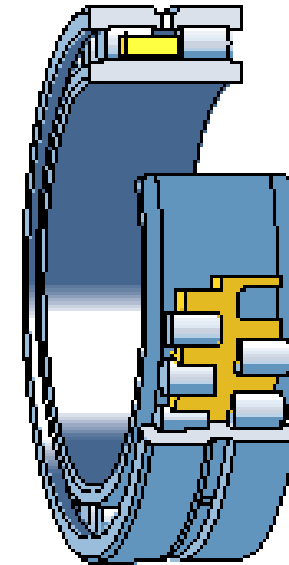
**NU**



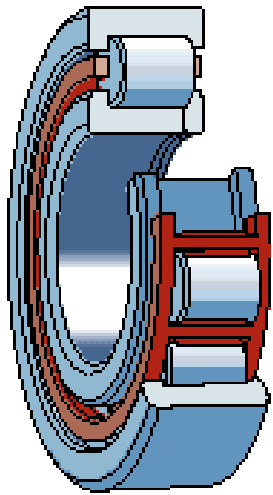
**NJ**



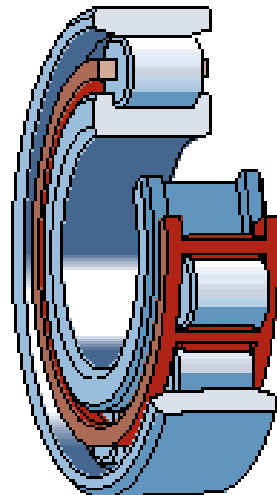
**1 CARREIRA DE ROLOS**



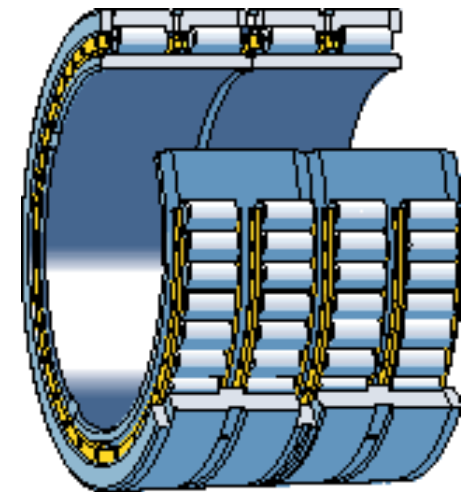
**2 CARREIRAS**



**NUP**



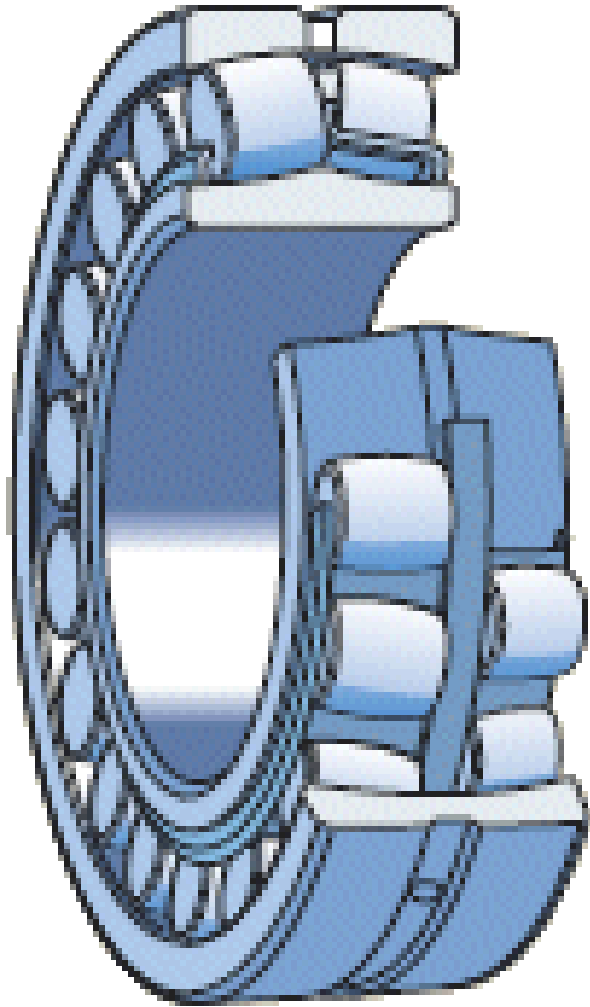
**N**



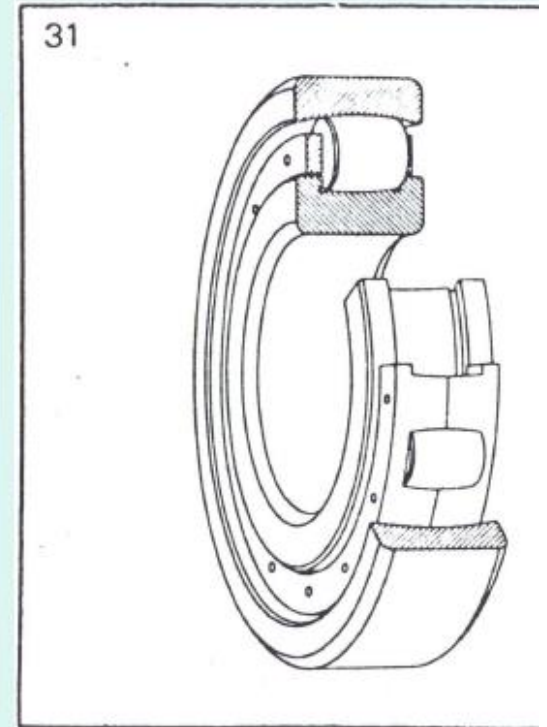
**4 CARREIRAS**



# ROLAMENTO AUTOCOMPENSADOR DE ROLOS

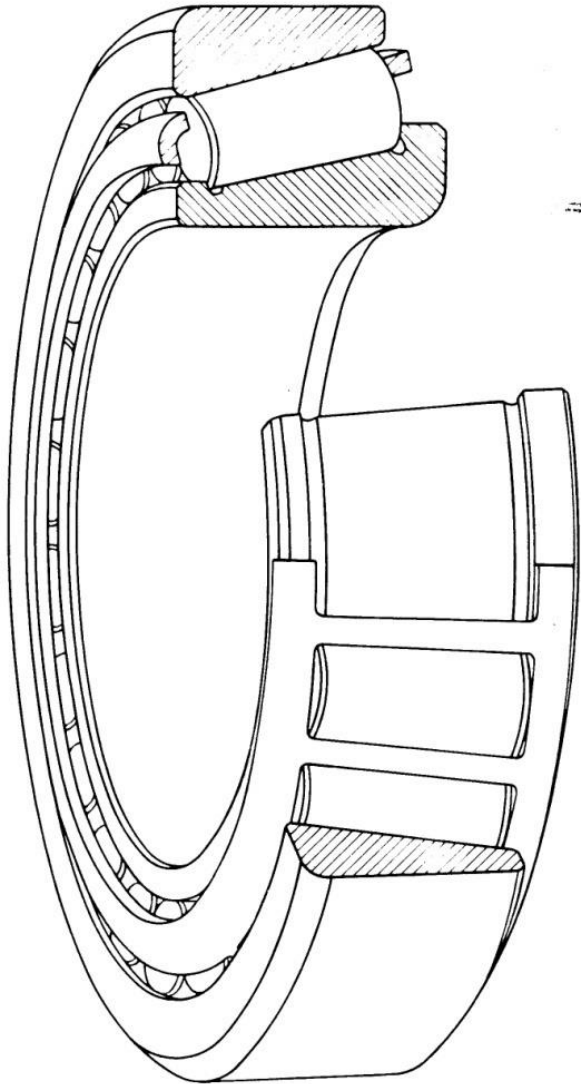


2 CARREIRAS

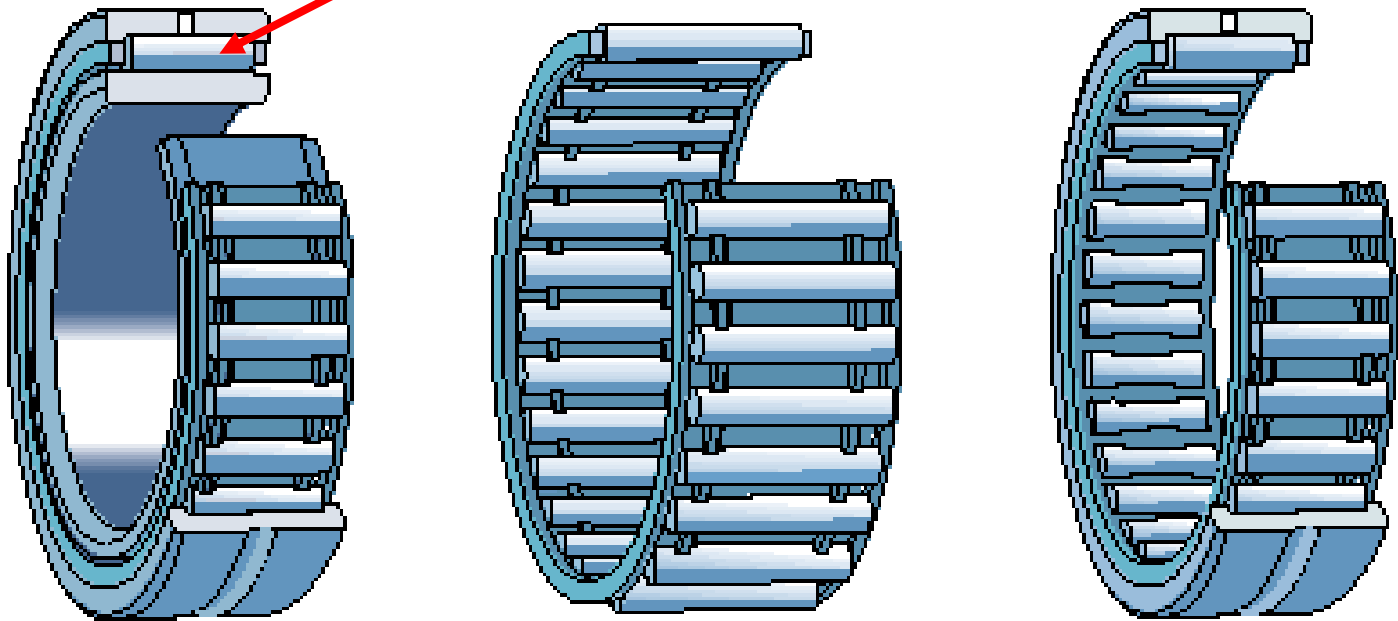


1 CARREIRA

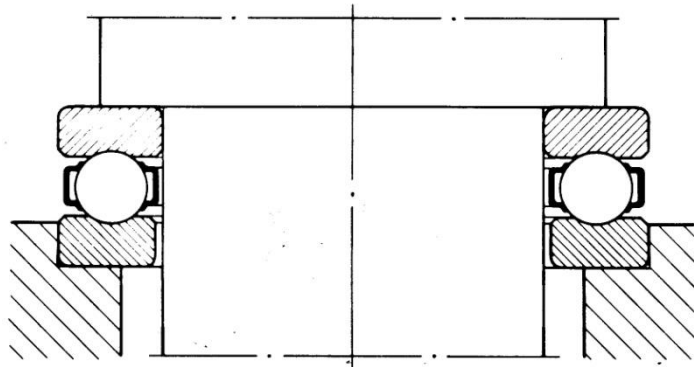
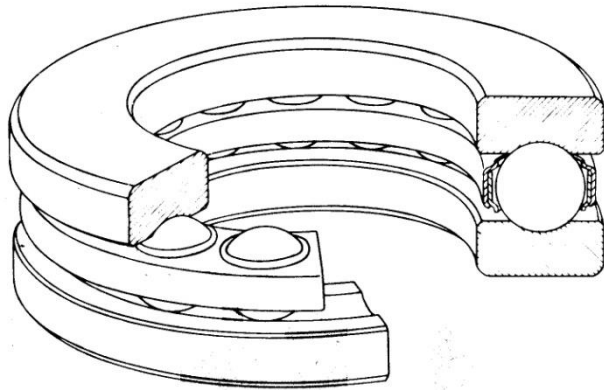
# ROLAMENTO DE ROLOS CÔNICOS



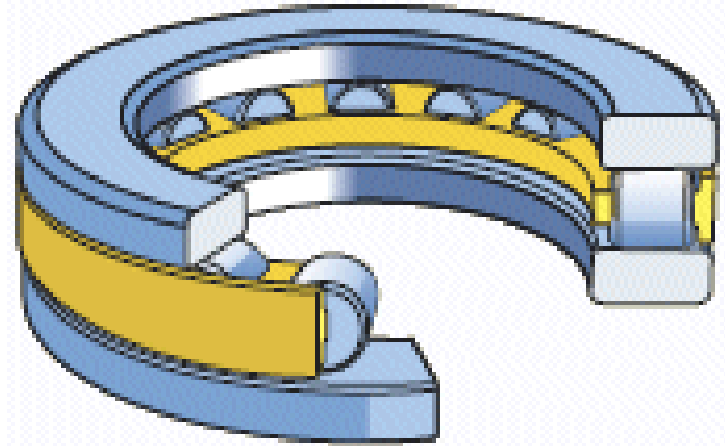
# Rolamento de Agulhas ( rolos de pequeno diâmetro)



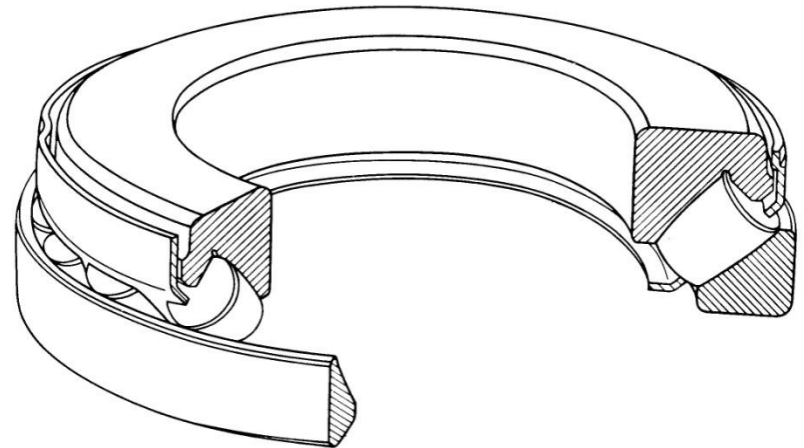
# Rolamentos Axiais de Esferas e Rolos



AXIAL DE ESFERAS

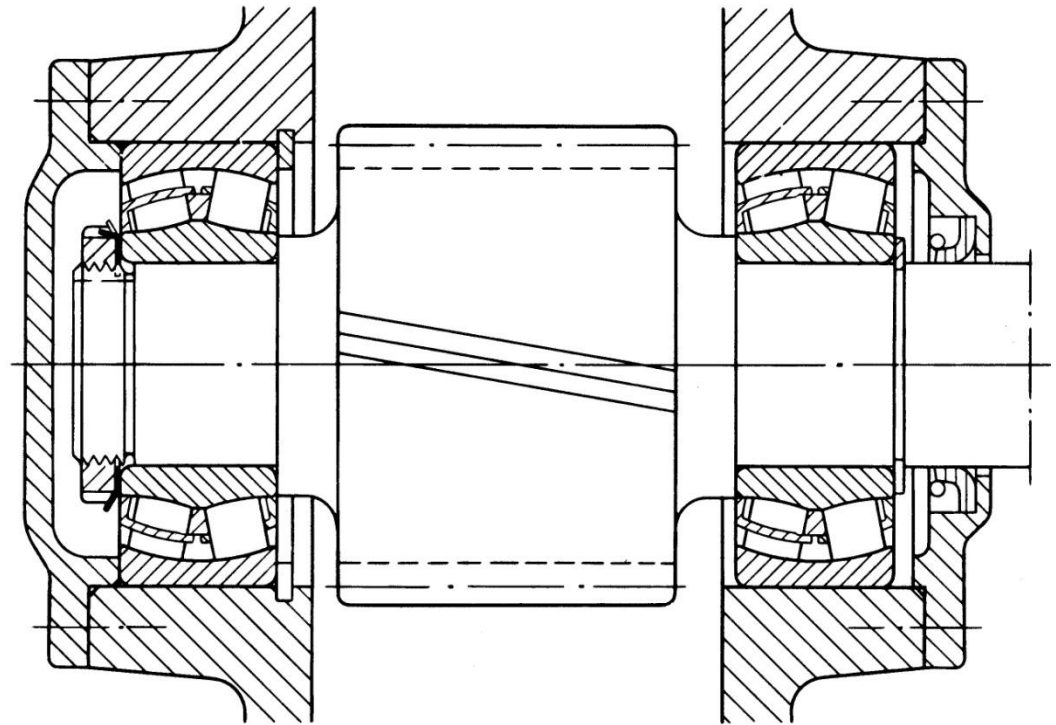
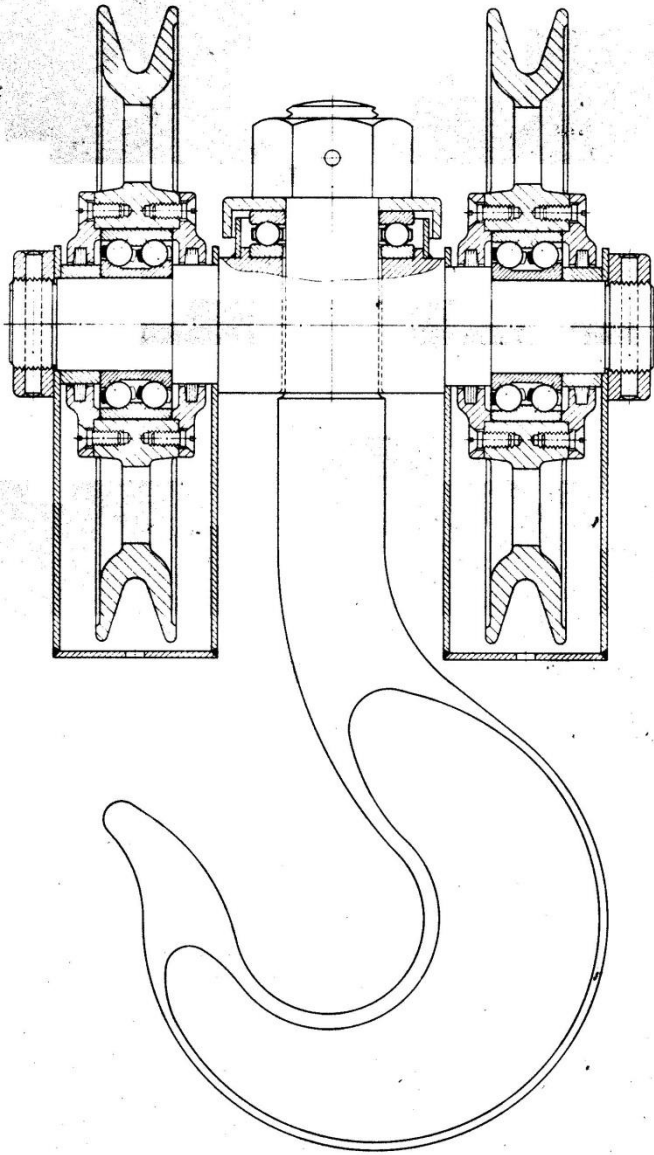


AXIAL DE ROLOS CILINDRICOS



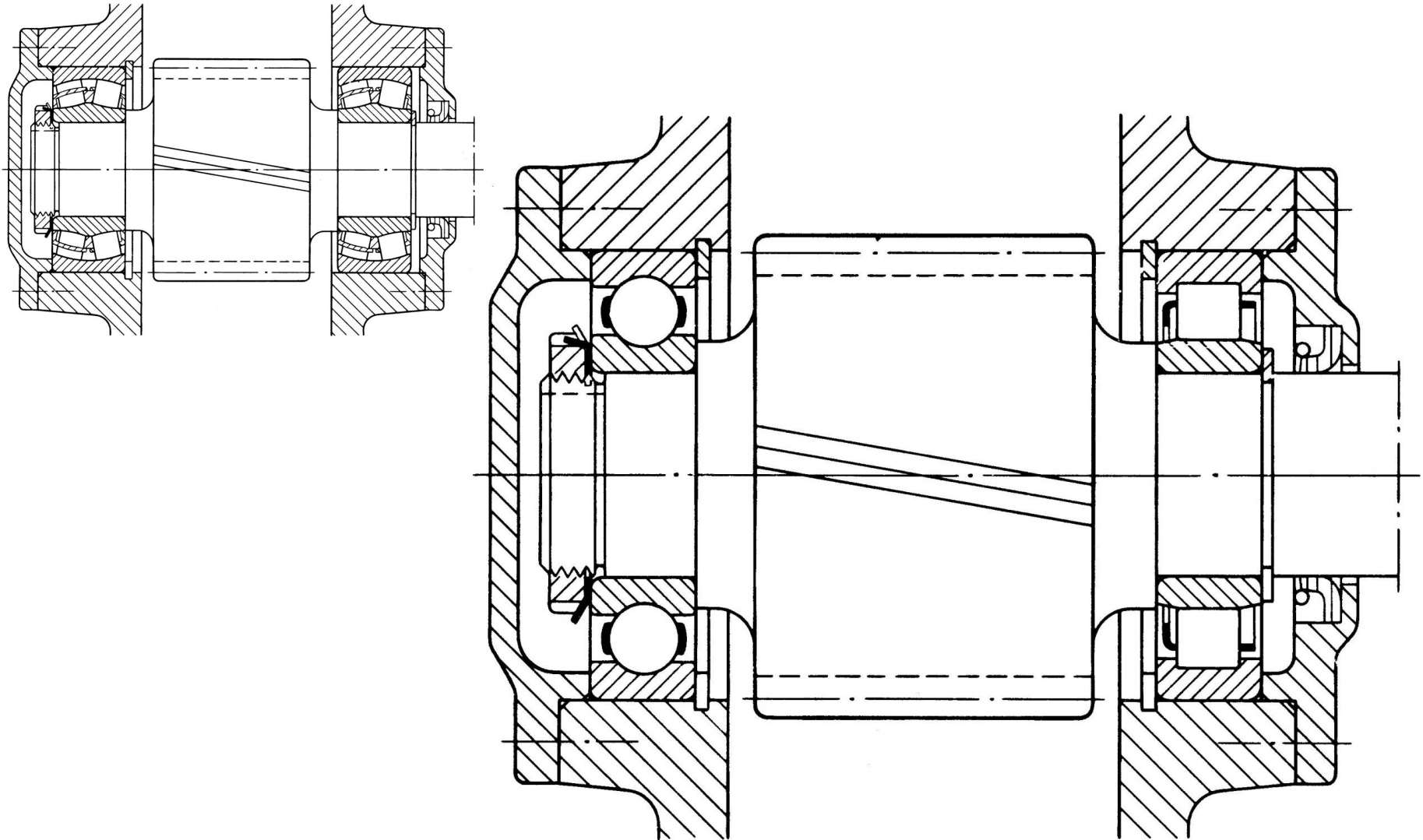
AXIAL AUTOCOMPENSADOR DE ROLOS

# Rolamentos – Montagens



# Rolamentos – Montagens

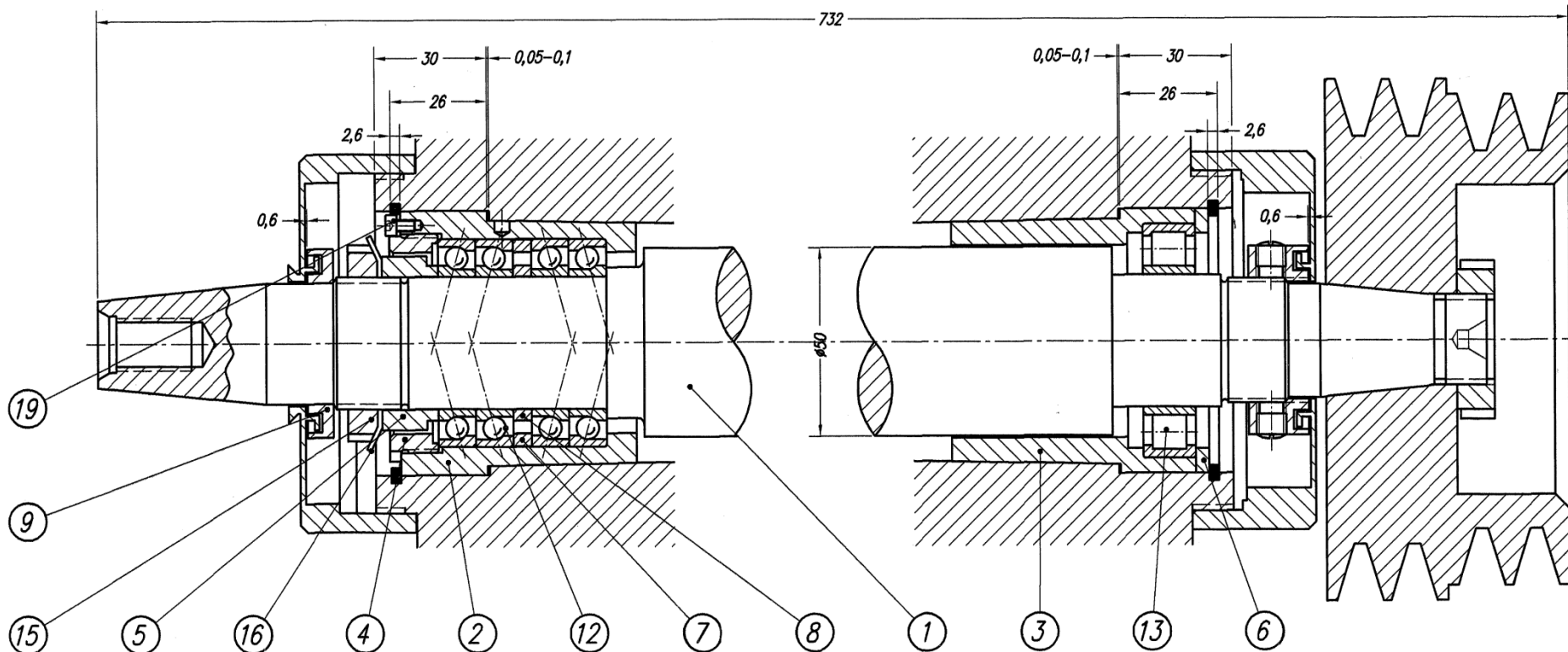
## 2 soluções para mesmo problema



# Retificadora Tangencial Plana Horizontal



## Eixo Principal

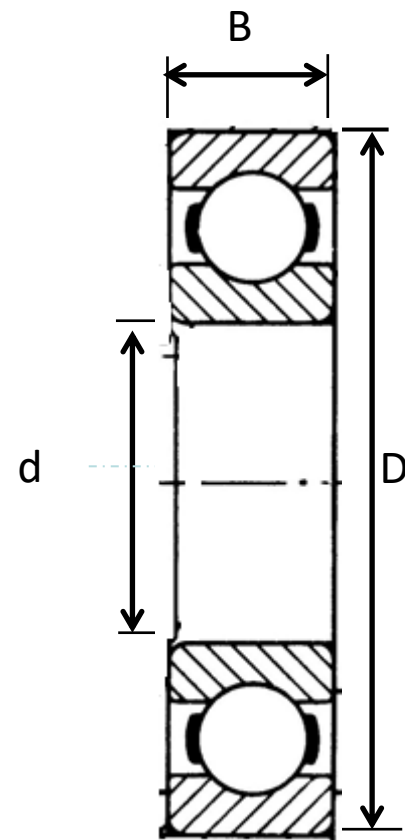
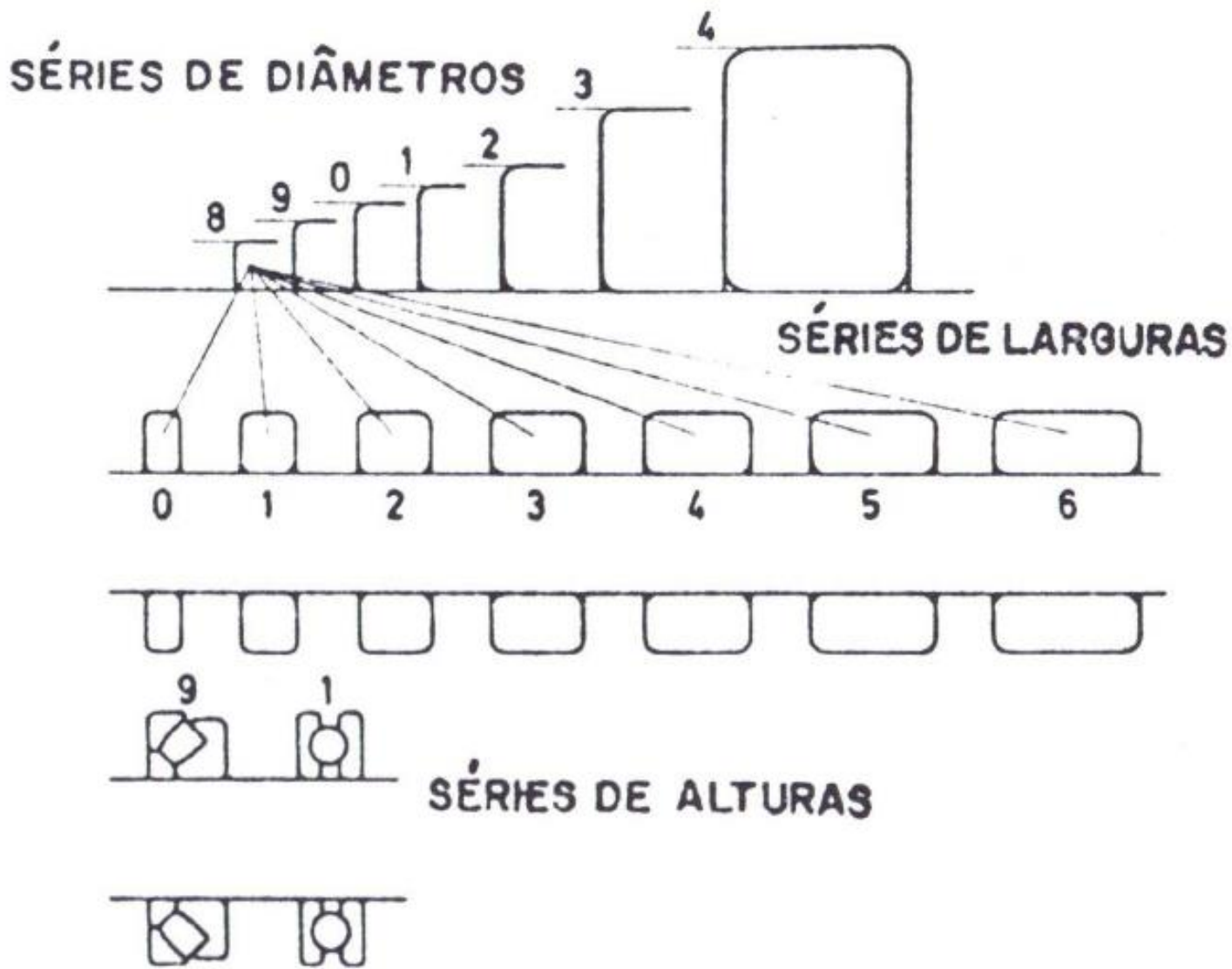


# Como especificar os rolamentos?





# SÉRIES DE DIMENSÕES DOS ROLAMENTOS



# SÉRIES DE DIMENSÕES DOS ROLAMENTOS

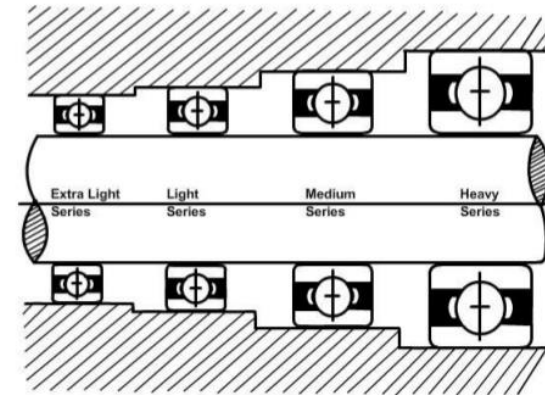
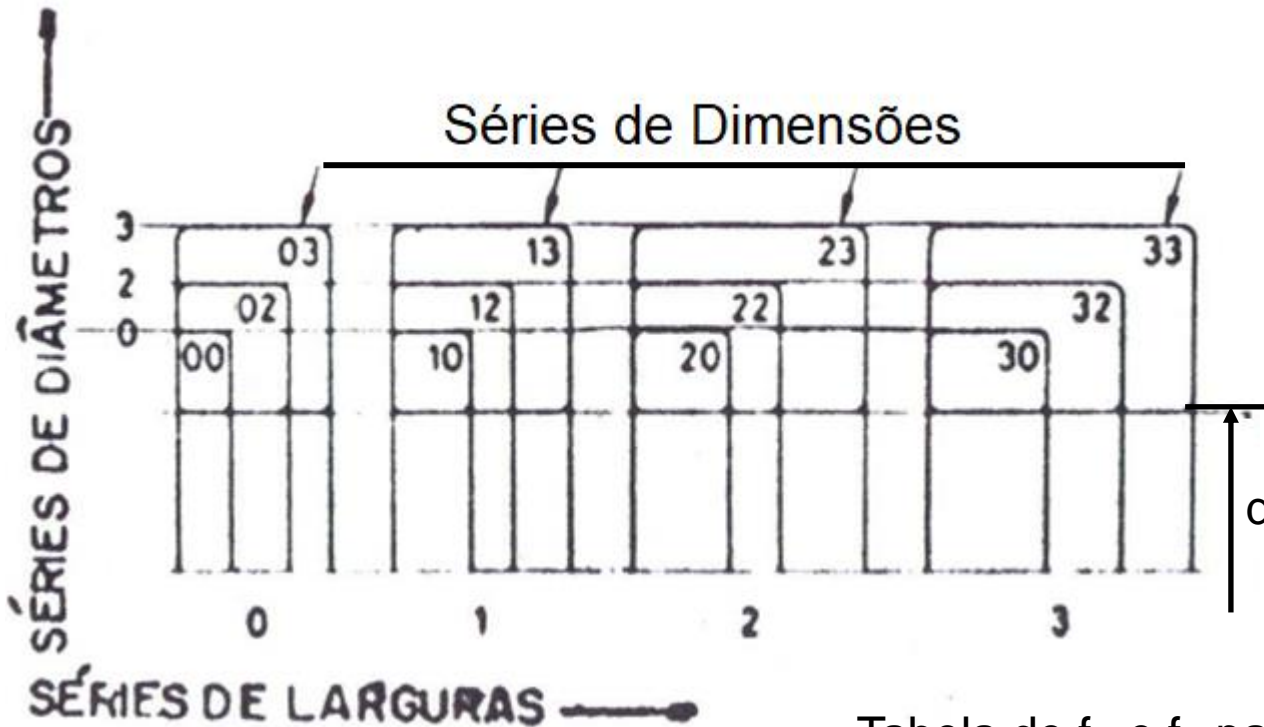


Tabela de  $f_D$  e  $f_B$  para Rolamentos Radiais

Séries de Diâmetros	7	8	9	0	1	2	3	4
$f_D$	0.34	0.45	0.62	0.84	1.12	1.48	1.92	2.56

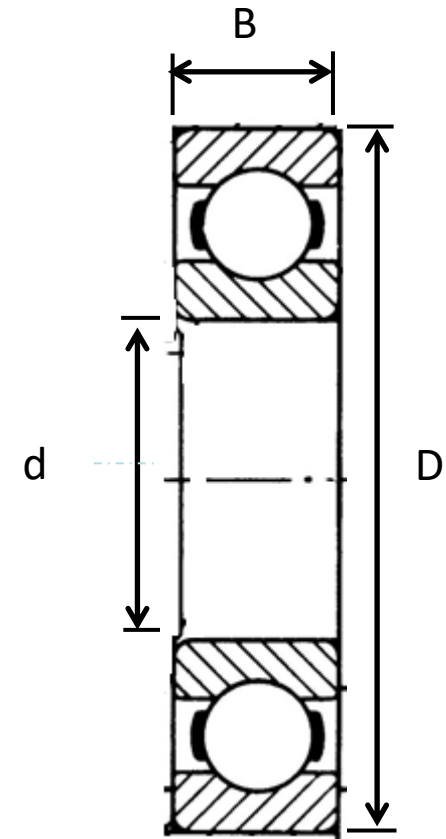
Séries de Larguras	0	1	2	3	4	5	6	7
$f_B$	0.64	0.88	1.15	1.5	2.0	2.7	3.6	4.8

$$D = d + f_D \times d^{0,9}$$

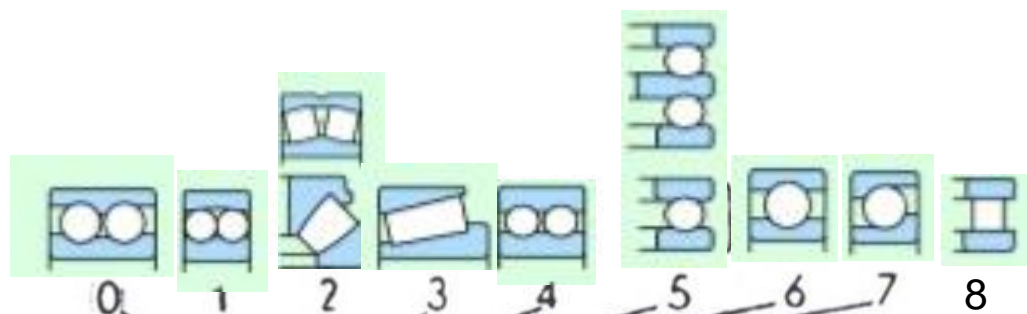
$$B = f_B \times \frac{(D - d)}{2}$$

# DIMENSÕES CARACTERÍSTICAS DE ROLAMENTO

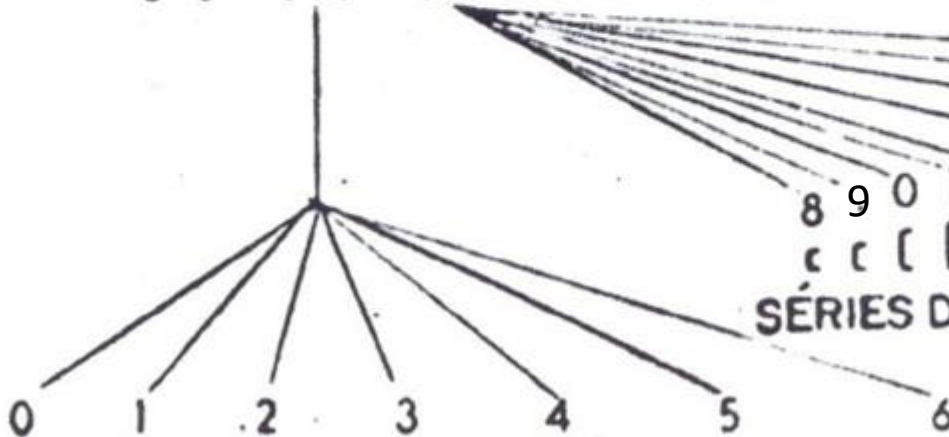
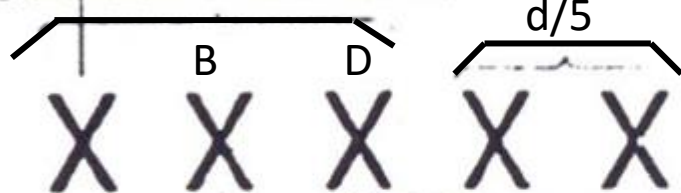
Diam. furo	Série de diâmetros 1				
	Série de dimensões				
		11	21	31	41
d	D	B			
mm	mm				
160	270	51	66	86	109
170	280	51	66	88	109
180	300	56	72	96	118
190	320	60	78	104	128
200	340	65	82	112	140
220	370	69	88	120	150
240	400	74	95	128	160
260	440	82	106	144	180
280	460	82	106	146	180
300	500	90	118	160	200



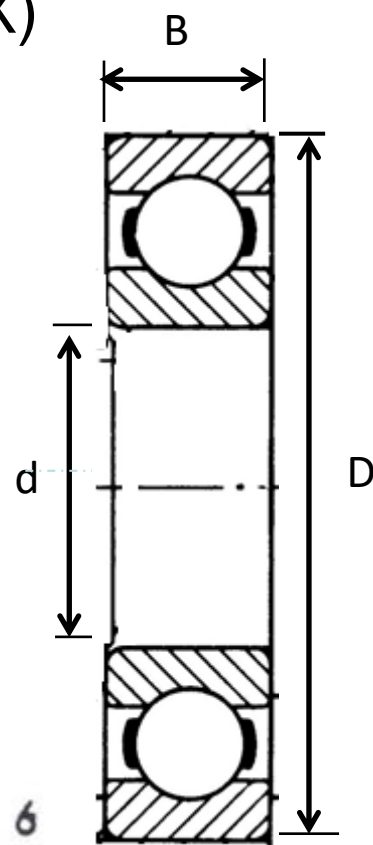
# Designação do Rolamento – 5 Dígitos ( XXXXX )



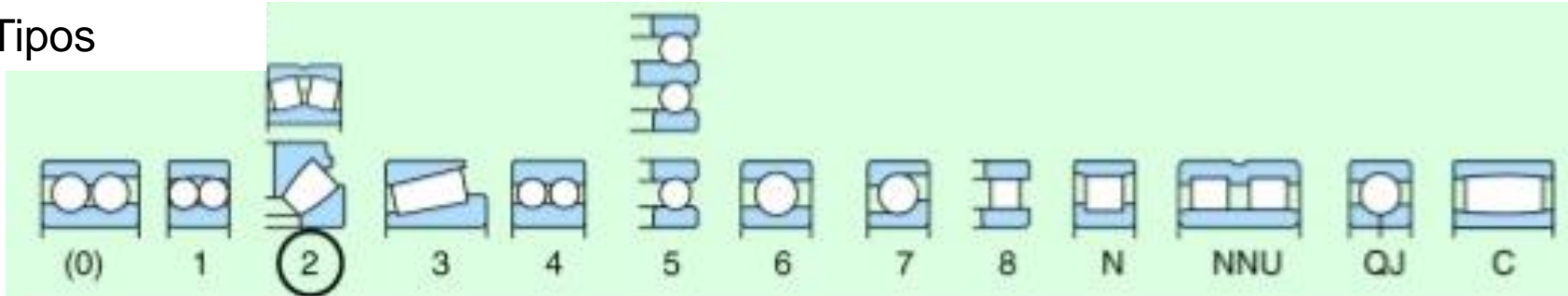
SÉRIE DO ROLAMENTO



SÉRIES DE LARGURAS



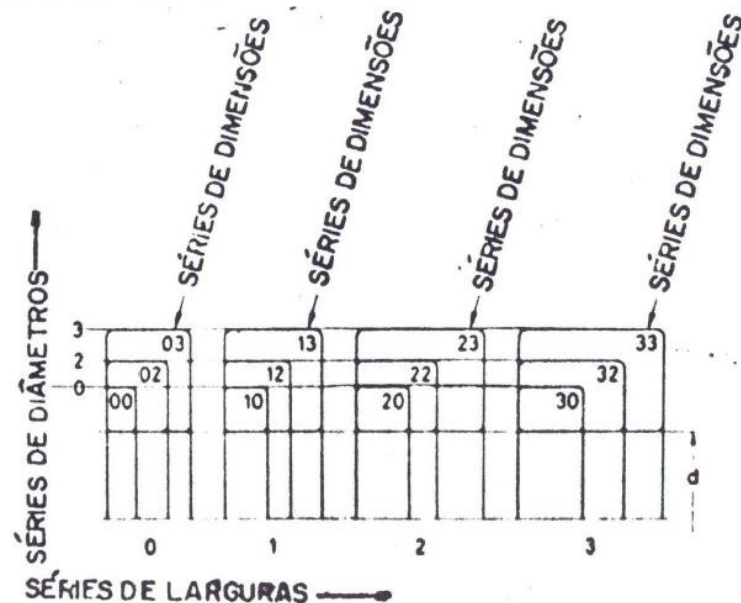
Tipos



22214

$$d = 14 \cdot 5 = 70 \text{ mm}$$

ROLAMENTO AUTOCOMPENSADOR  
DE ROLOS, SÉRIE 222



# Designação de Rolamentos de Esferas Normalizados

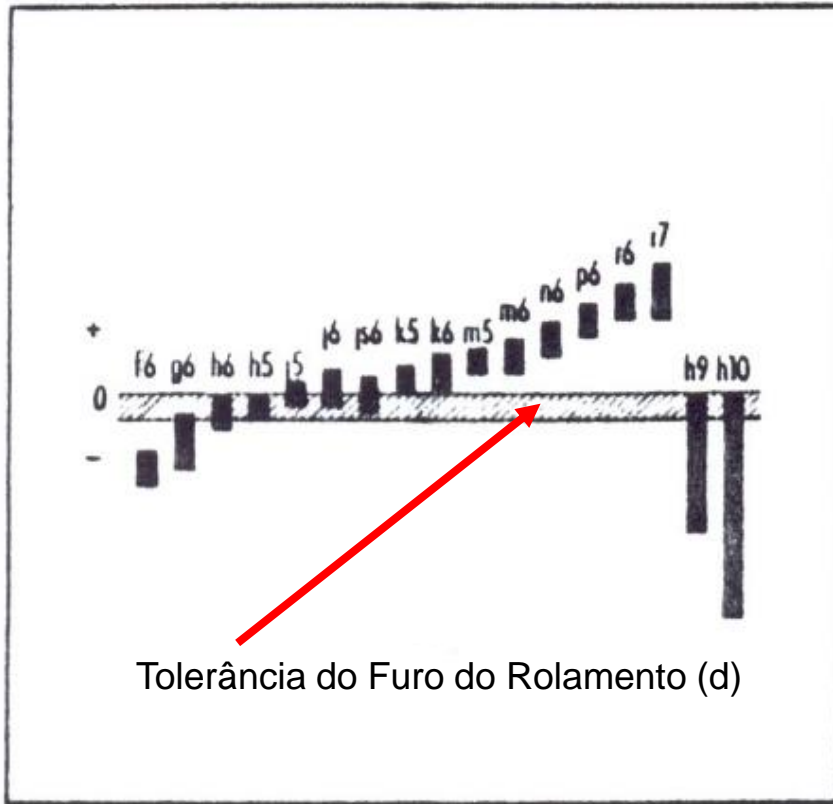
Para rolamento radial de esferas (normalizado) o símbolo da série de larguras é omitido e o número do rolamento é expresso por 4 dígitos



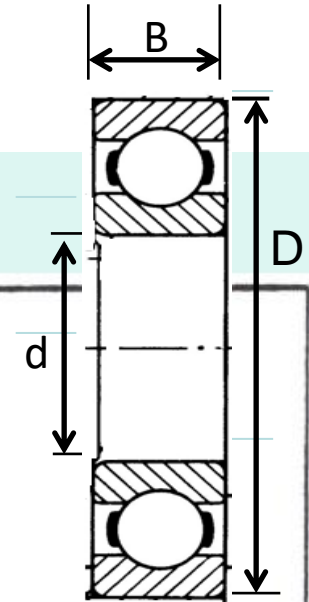
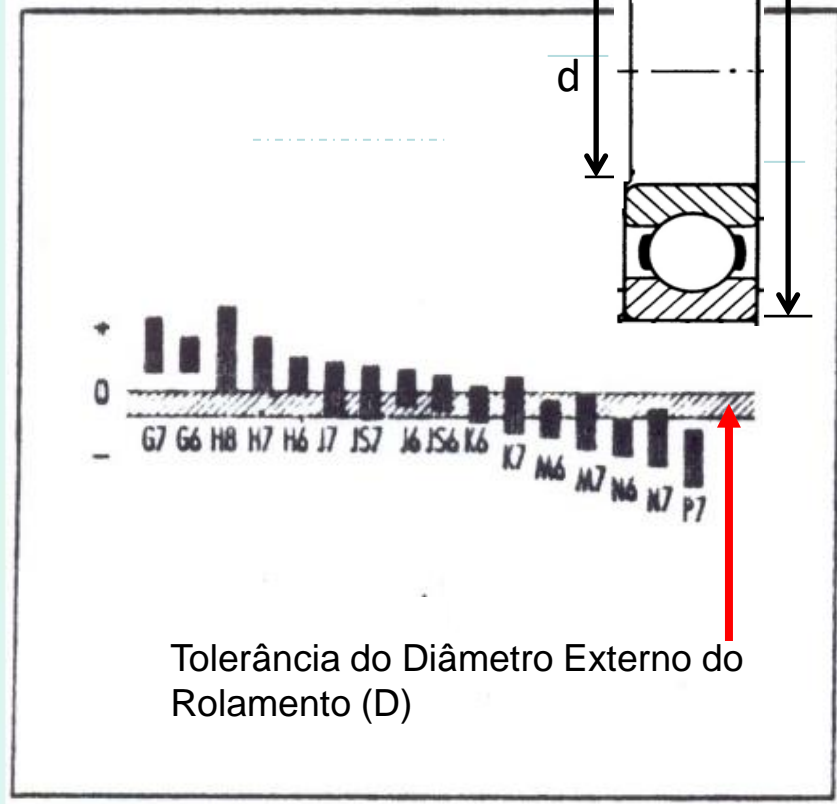
- Que tipo de rolamento é este de acordo com a numeração?
- Qual o diâmetro do furo do rolamento?
- Qual a série de diâmetros à qual este rolamento pertence?

# Ajustes para montagem dos Rolamentos

- Eixo



- Carcaça

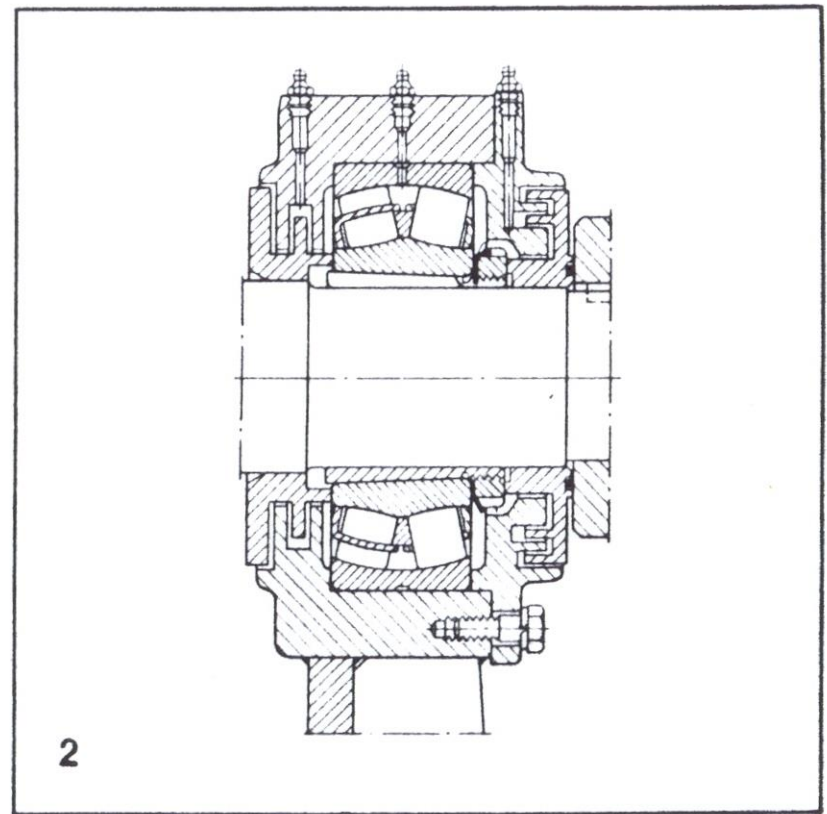
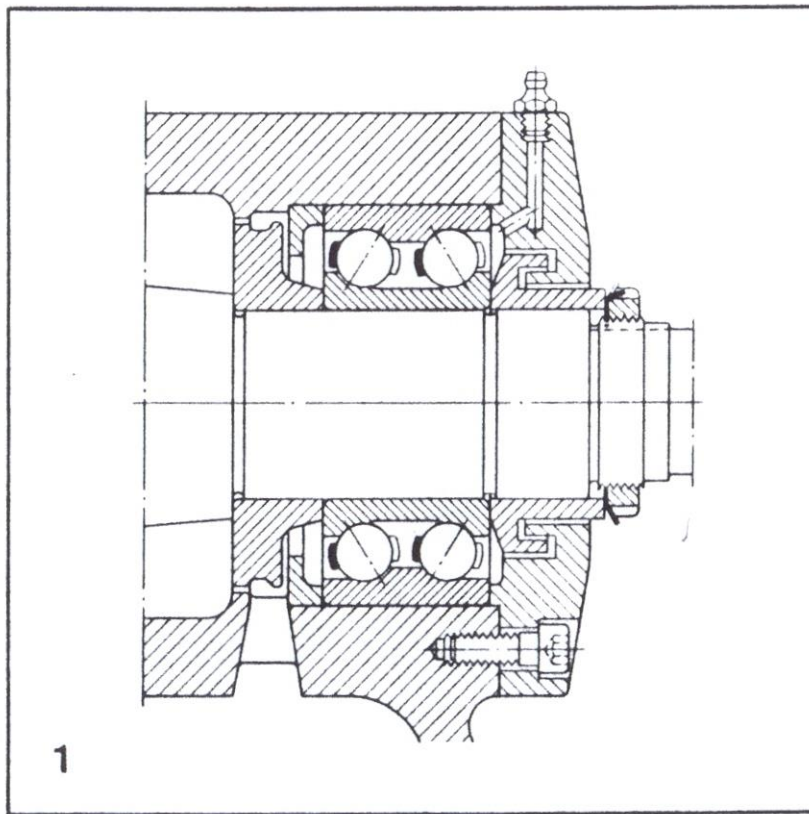


Tolerância do Furo do Rolamento (d)

Tolerância do Diâmetro Externo do Rolamento (D)

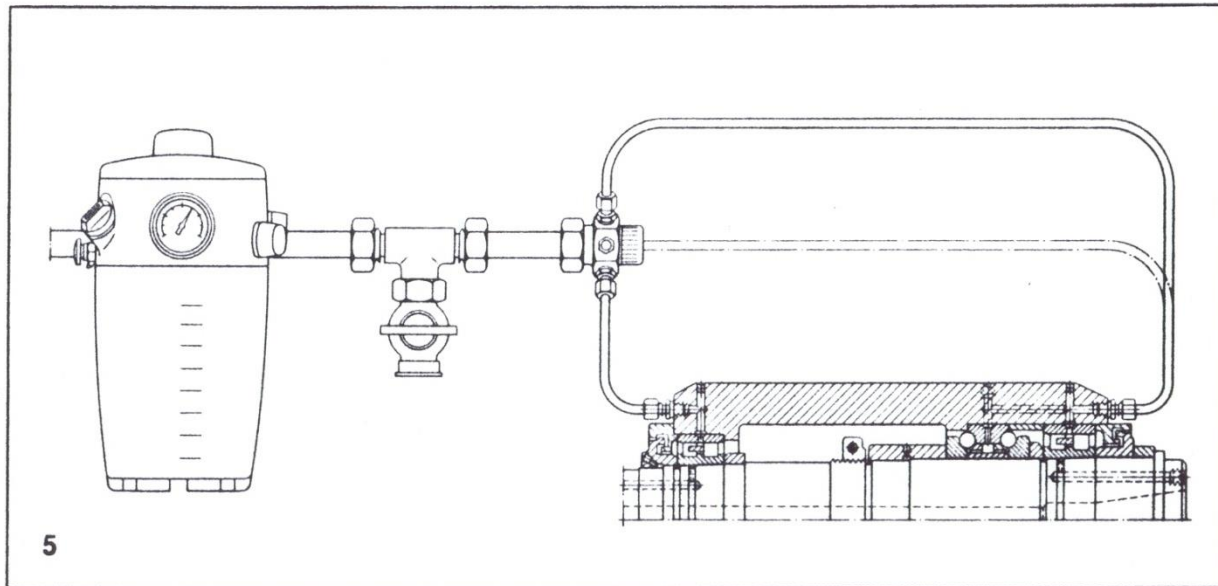
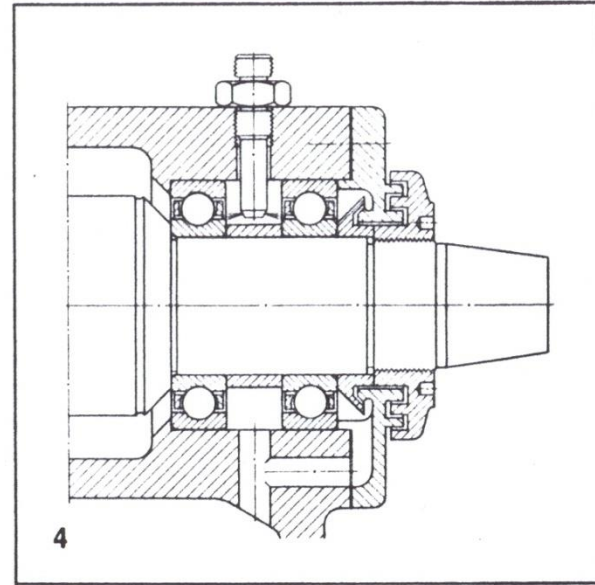
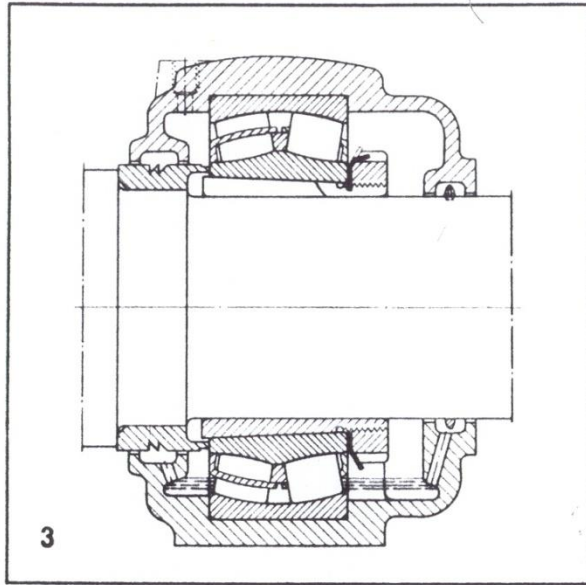
# Lubrificação de Mancais

- Graxa

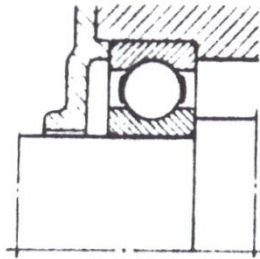




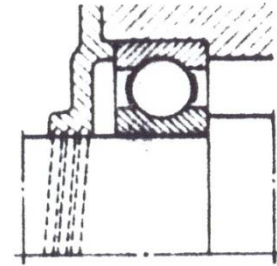
# Óleo



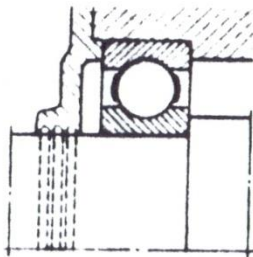
# Vedação sem Contato



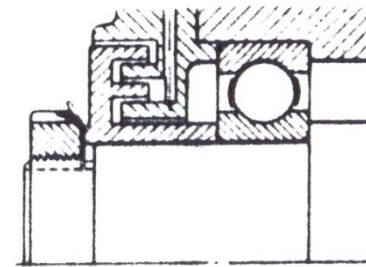
a



c

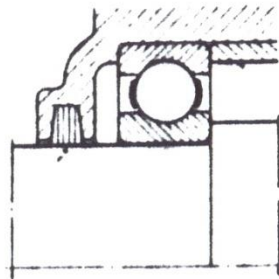


b

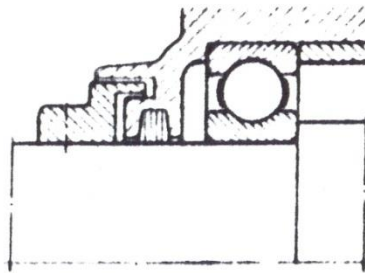


d

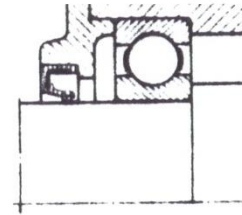
# Vedação com Contato



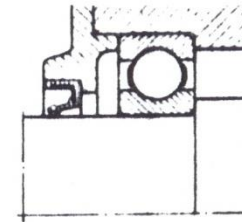
a



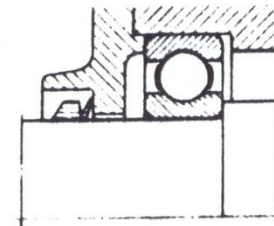
b



c

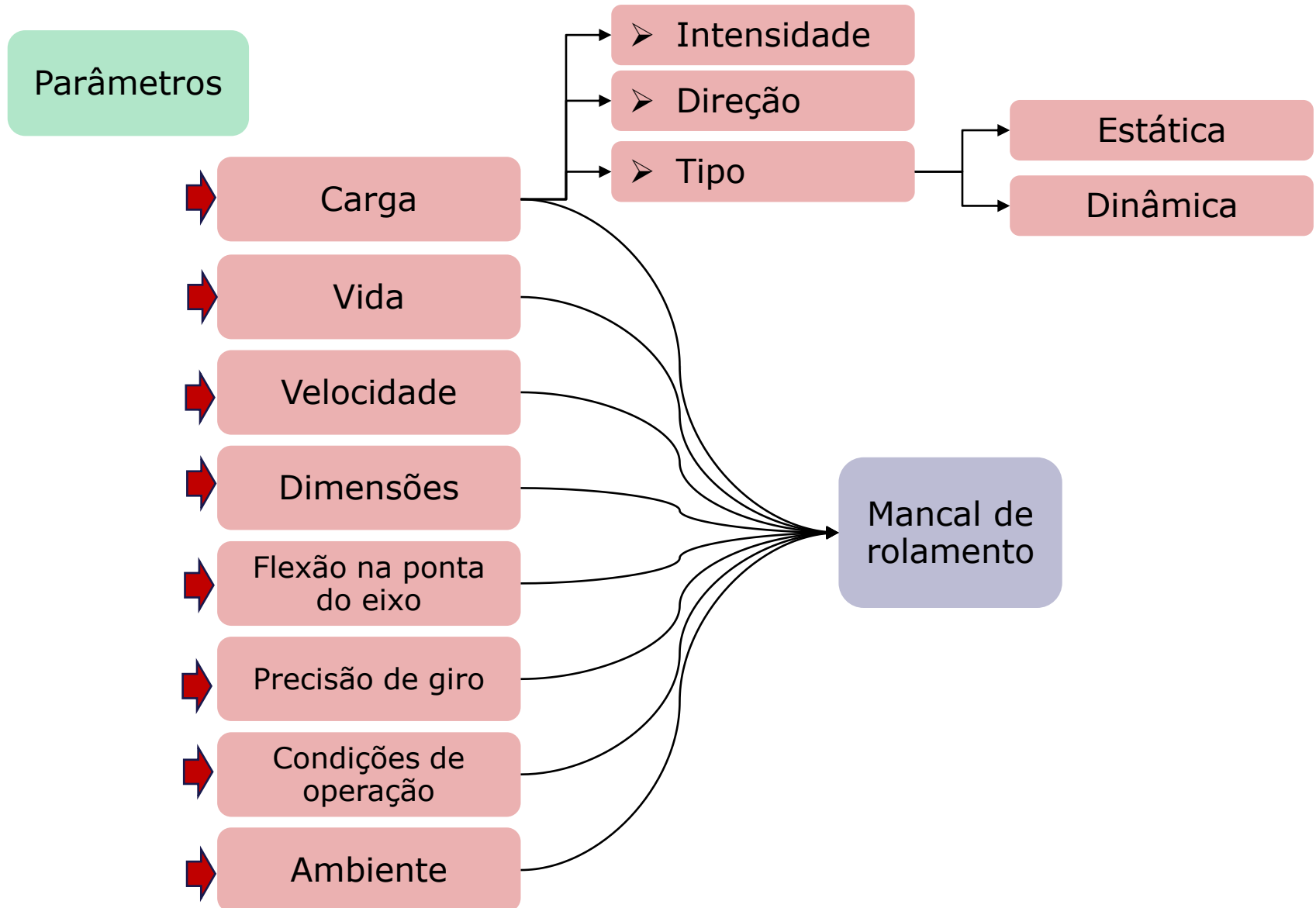


d



e

# Seleção de Mancais de Rolamento



# Características dos Mancais de Rolamento

## 1 TIPOS E CARACTERÍSTICAS DOS ROLAMENTOS

Tabela 1.1 Tipos e Características dos Rolamentos

Tipos de Rolamentos	Fixos de uma carreira de esferas	Mag-neto	Uma carreira de esferas de contato angular	Duas carreiras de esferas de contato angular	Combinados	Esfe-ras de Quatro pontos de contato	Auto-com-pensadores de esfe-ras	Rolos Cilindri-cos	Duas carreiras de rolos Cilindri-cos	Rolos Cilindri-cos com Rebordo em um lado	Rolos Cilindri-cos com anel de encosto	Rolos Agulha	Rolos Cônicos	Duas e multi-plex carreiras de rolos Cônicos	Auto-com-pensadores de rolos	Axiais de esfe-ras	Axiais de esfe-ras com contra-placa esférica	Duas carreiras de esfe-ras de contato angular	Axiais de Rolos Cilindri-cos	Axiais de Rolos Cônicos	Axiais auto-com-pensadores de rolos	Referênci-a na Pági-na	
	Características																						
Capacidade de carga	Carga Radial	😊	😞	😊	😊	😊	😞	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😞	😞	😞	😞	😞	😞	
	Carga Axial	↔	↔	↔	↔	↔	↔	😞	😞	↔	↔	😞	😊	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	↔	
	Carga Combinada	😊	😞	😊	😊	😊	😊	😞	😞	😊	😊	😞	😊	😊	😊	😊	😞	😞	😞	😞	😞	😊	
Alta Velocidade	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊	😞	😞	😊	😞	😞	😞	A 18 A 37	
Alta Pressão	😊		😊		😊	😊		😊	😊				😊			😊						A 19 A 58 A 81	
Baixo Torque e Ruído	😊							😊														A 19	
Rígidez					😊	😊		😊	😊	😊	😊	😊	😊	😊				😊	😊	😊		A 19 A 96	
Desalinhamento Permissível	😊	😞	😞	😞	😞	😞	😊	😊	😞	😊	😊	😞	😊	😞	😊	😞	😊	😞	😞	😞	😊	A 18 Normais para cada tipo	
Ação de Compensação							🟢								🟢		🟢				🟢	A 18	
Separação dos Anéis		🟢				🟢		🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢		🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	🟢	A 19 A 20	
Rolamento Lado Fixo	🟢			🟢	🟢	🟢	🟢				🟢			🟢	🟢							A 20- A 21	
Rolamento lado Livre	🟡			🟡	🟡	🟡	🟡	🟢	🟢			🟢		🟡	🟡							A 20- A 27	
Furo Cônico							🟢		🟢						🟢							A 80 A 118 A 122	
Observação		Usa-se duas peças contrapostas	Ângulo de contato de 15°, 25°, 30° e 40°. Das peças contrapostas, a biga deve ser ajustada		Além desta, existem as contrabrigas DT, mas não permitem o uso no lado livre	o ângulo de contato é de 35°		Inclui o tipo N	Inclui o tipo NUU	Inclui o Tipo NF	Inclui o tipo NJP		Usa-se duas peças contrapostas, a biga deve ser ajustada	Além desta, existem os tipos RI e RV, mas igualmente não permitem o uso no lado livre						Inclui os Rolamentos axiais de rolos Agulha	Usados com lubrificação a óleo		

Muito Bom  
 Bom  
 Regular  
 Precário  
 Inviável  
 Somentem em um sentido  
 Dois sentidos  
 Aplicável  
 Aplicável, porém deve permitir a fuga da dilatação ou contração do eixo na superfície de ajuste do rolamento

# Comparação entre Mancais de Rolamento e Deslizamento

## Vantagens

- Menor atrito e aquecimento
- Coeficiente de atrito de partida (estático) não superior ao de operação (dinâmico)
- Pouca variação do coeficiente de atrito com carga e velocidade
- Baixa exigência de lubrificação
- Intercambialidade internacional
- Ocupa menor espaço axial
- Pequeno aumento da folga durante a vida útil

## Desvantagens

- Maior sensibilidade aos choques
- Maiores custos de fabricação
- Tolerância pequena para carcaça e alojamento do eixo
- Não suporta cargas tão elevadas como os mancais de deslizamento
- Ocupa maior espaço radial