

PMR 3103

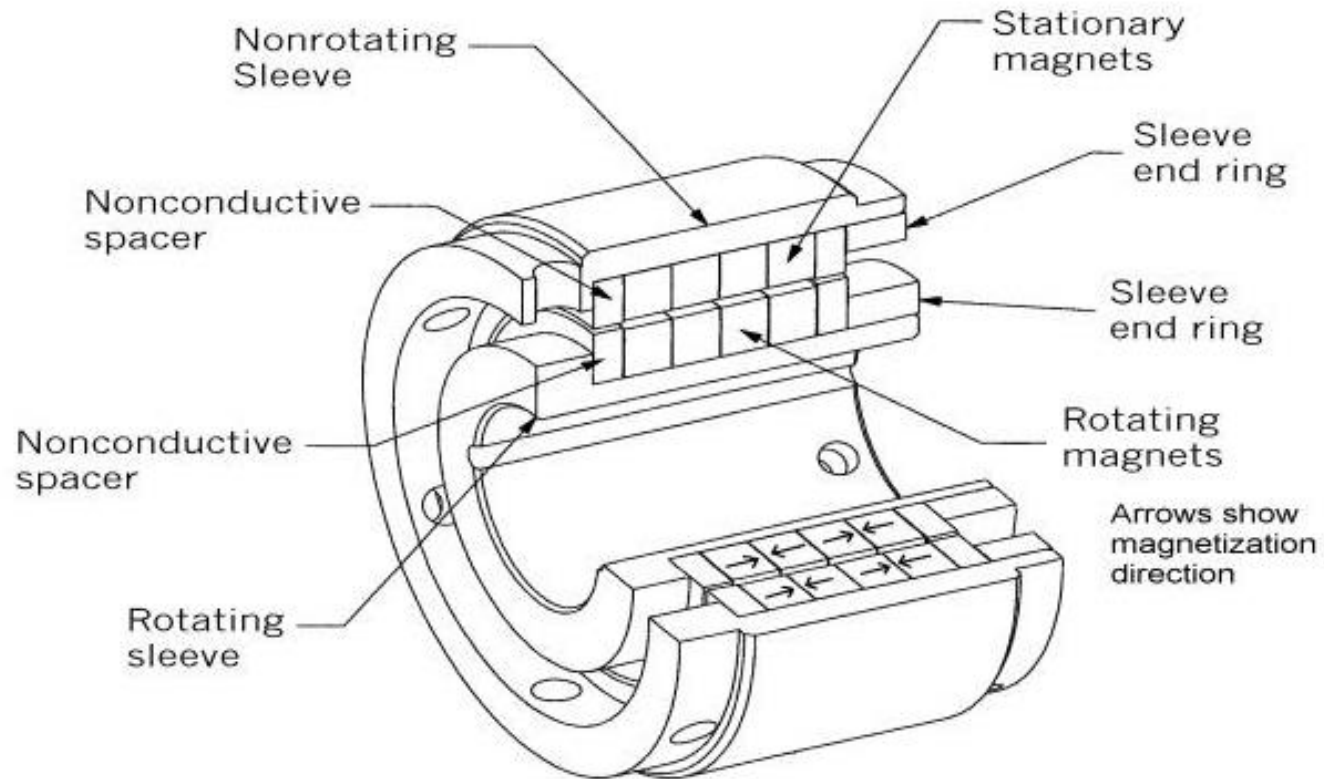
Mancais Magnéticos
Mancais e Guias Lineares
Parafusos de Esferas

Vida de Rolamento

Mancais Magnéticos

- ❑ O funcionamento dos mancais magnéticos está baseado no princípio da atração ou repulsão mútua entre os pólos magnéticos.
- ❑ Os campos magnéticos controlados mantêm o elemento com movimento relativo suspenso, sem que ocorra contato metal-metal.
- ❑ Deslocamentos resultantes de carregamentos externos são detectados por sensores que permitem a correção da posição através da manipulação dos pólos magnéticos do mancal.

Mancais magnéticos - Constituintes

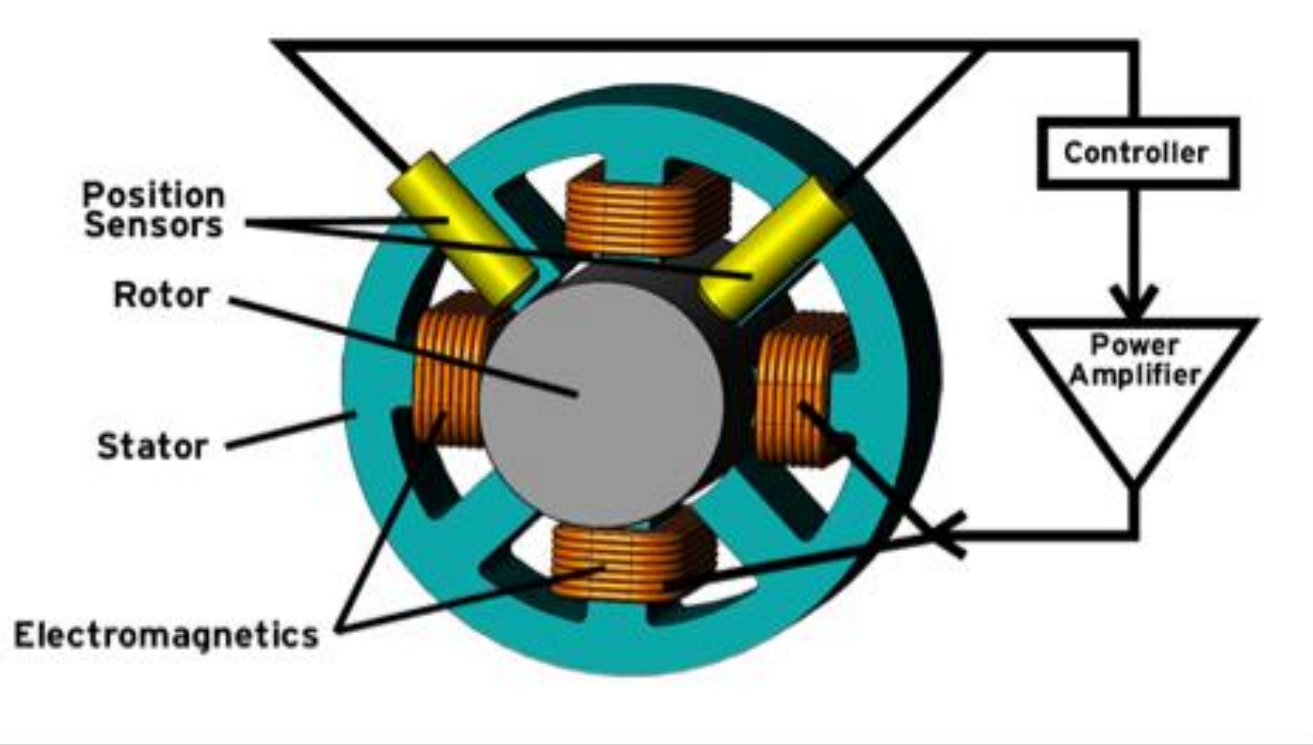


<http://www.grc.nasa.gov/WWW/spacemech/workshop02/mag-brg.html>

Mancais magnéticos - Generalidades

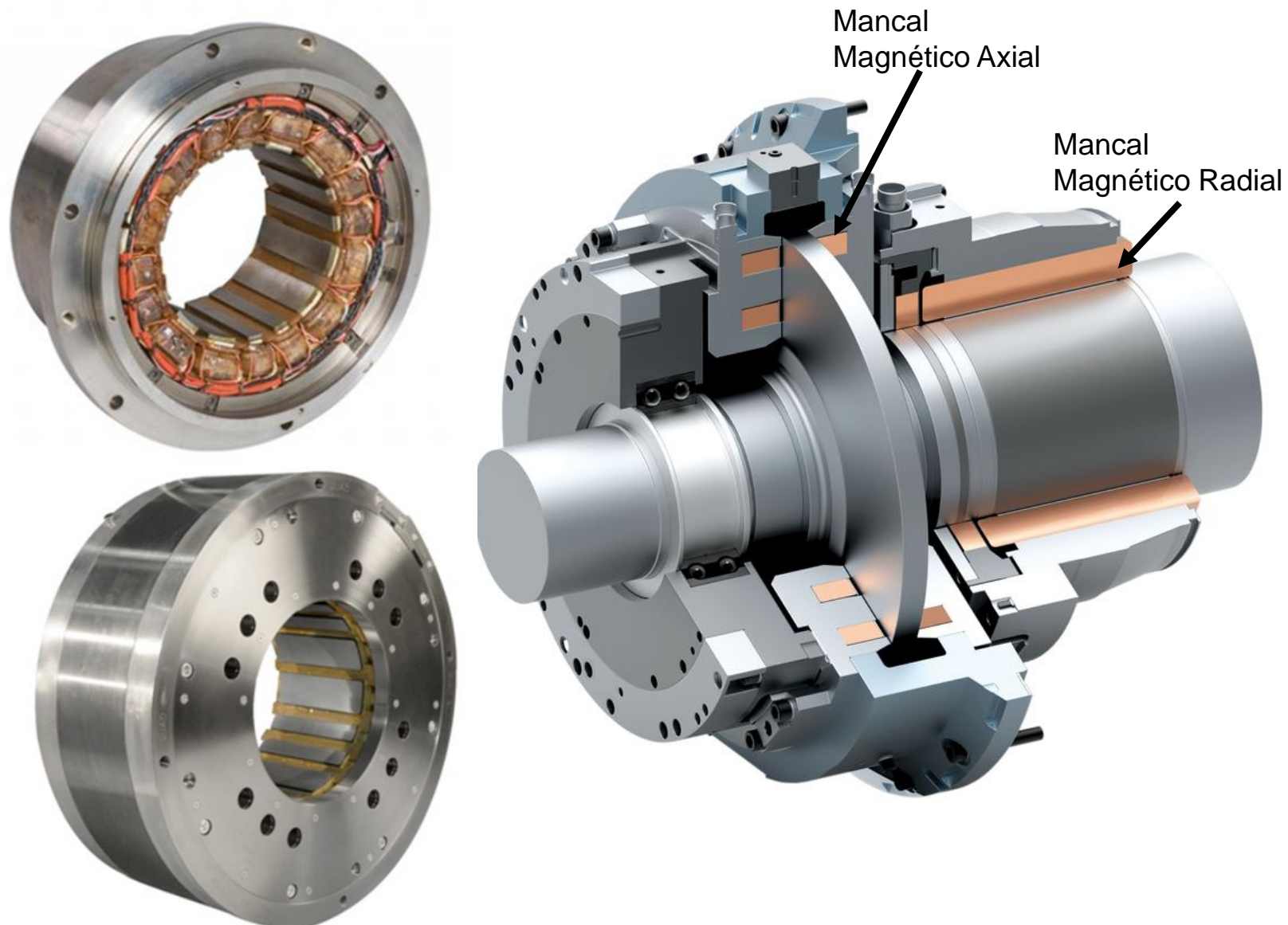
- ❑ Mancais magnéticos não têm contato mecânico
- ❑ Não têm limite de velocidade – segurança é o limite
- ❑ Podem ser lineares, rotativos ou combinados
- ❑ Mancal mecânico (Back-Up) deve ser introduzido prevendo falhas de energia
- ❑ Rigidez infinita, controlada eletronicamente
- ❑ Controle sofisticado
- ❑ Elevada capacidade de carga e rigidez

Mancais magnéticos - Funcionamento



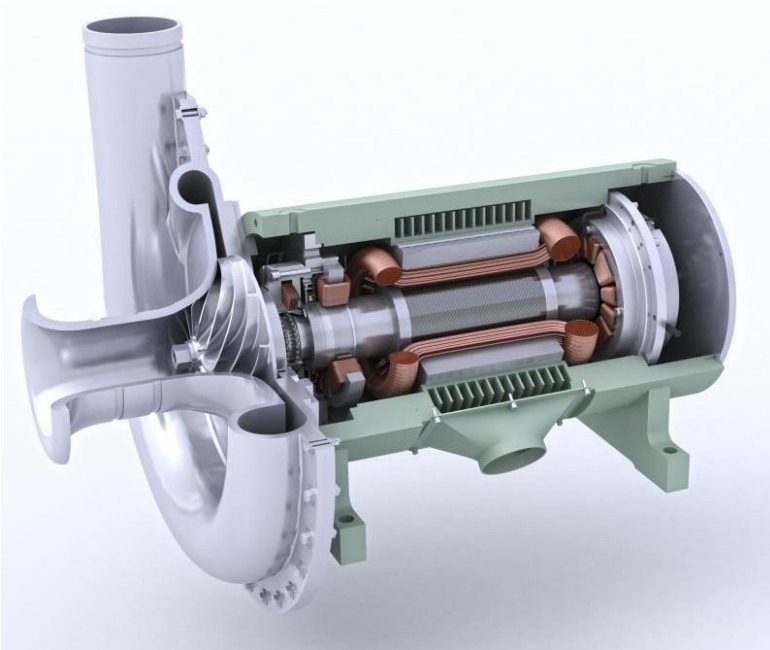
<http://www.synchrony.com/knowledge/how-magnetic-bearings-work.php>

Mancal magnético - Exemplo

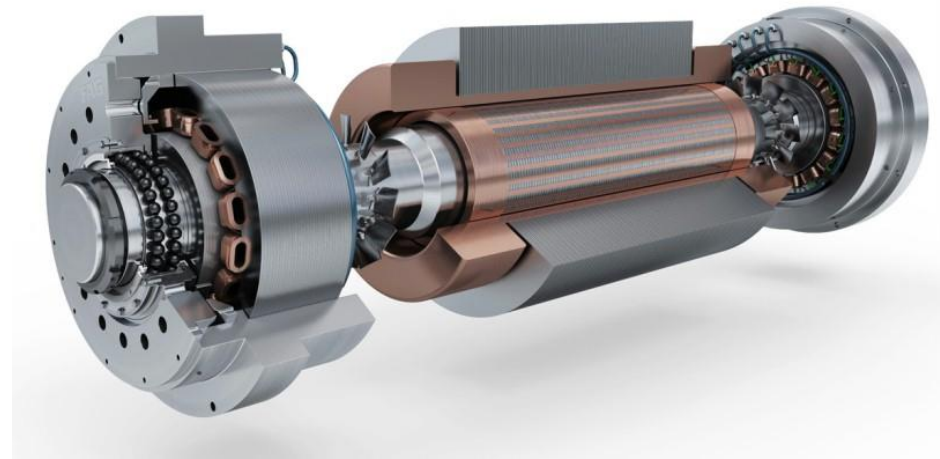


Mancais magnéticos - Exemplos de aplicação

Bombas de alto desempenho



Árvore de máquina-ferramenta

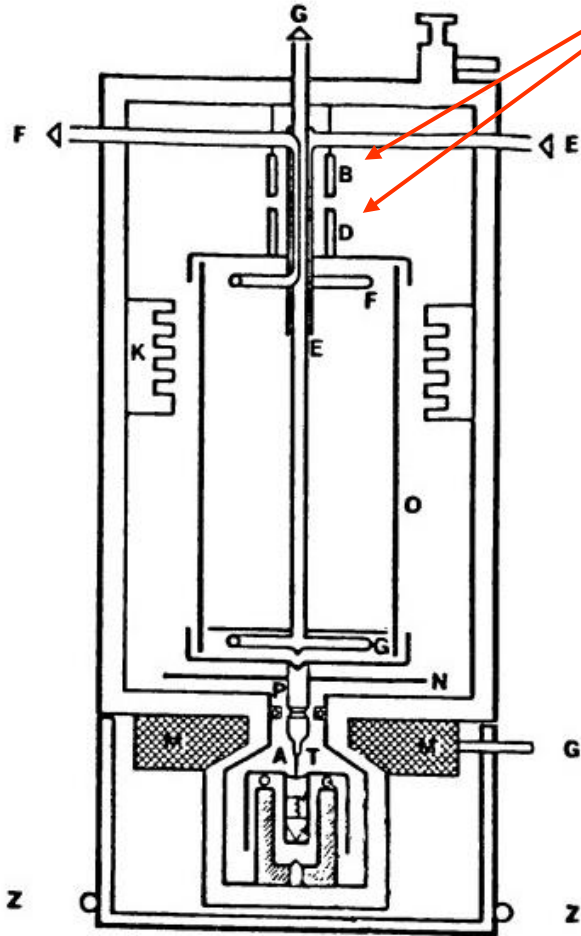


<http://www.airbestpractices.com/technology/blowers/magnetic-bearings-attractive-force-energy-efficiency>

http://m.schaeffler.de/content.mobile/en/press/presdetail/press_detail.jsp?id=16452736

Ultracentrífuga

Section of Zippe's Machine



Mancais Magnéticos

Bateria de Ultracentrífugas



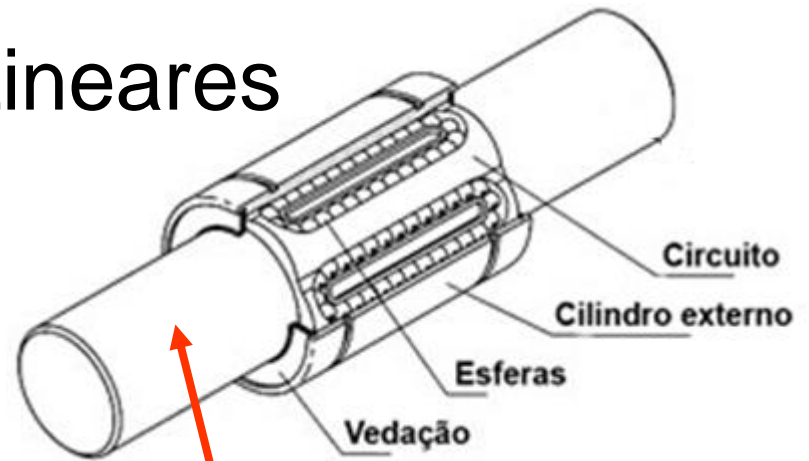
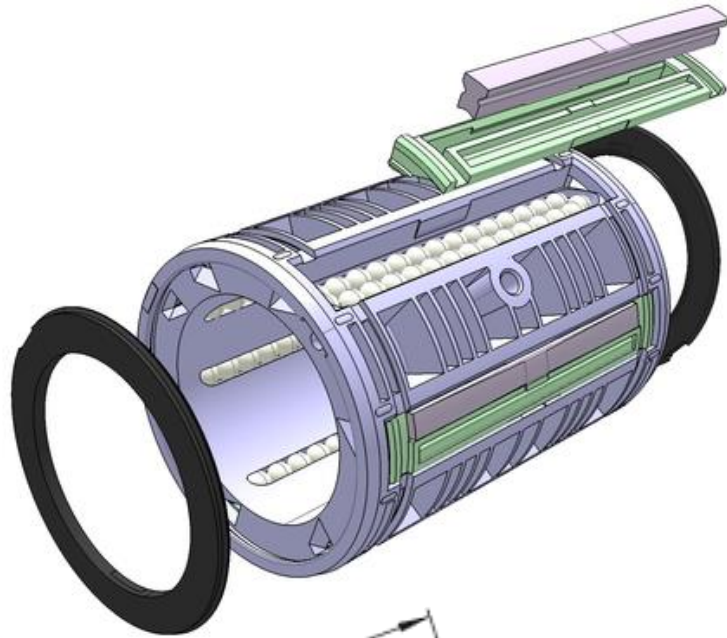
Inside view of the Dutch Centrifuge Plant at Almelo [29].

Mancais de Rolamento Lineares

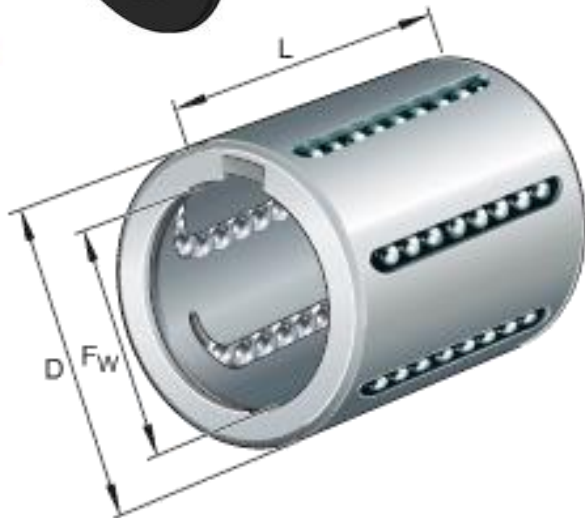
- Utilizados para possibilitar a vinculação de um componente que executa um movimento linear a um eixo (que serve de guia para o movimento), possibilitando a transmissão de cargas e um movimento linear com atrito reduzido.



Mancais de Rolamento Lineares



Eixo Guia



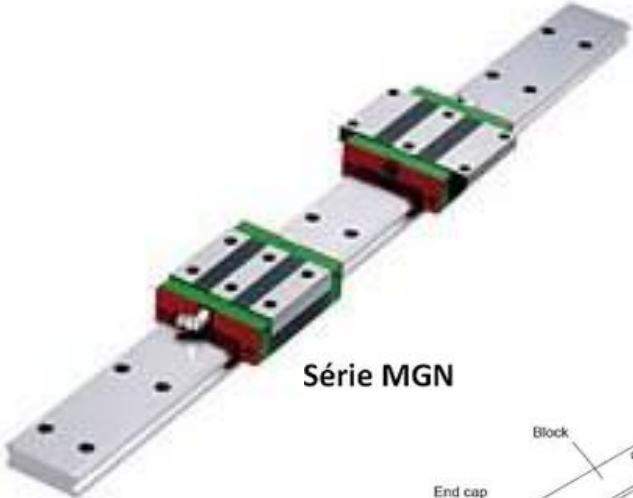
Eixos Guia para Mancais Lineares

- Eixos são retificados e fabricados com dureza superficial: 60 ~ 64HRC
- Diâmetros em medidas estabilizadas na tolerância h6.
- Tratamento térmico: têmpera por indução.

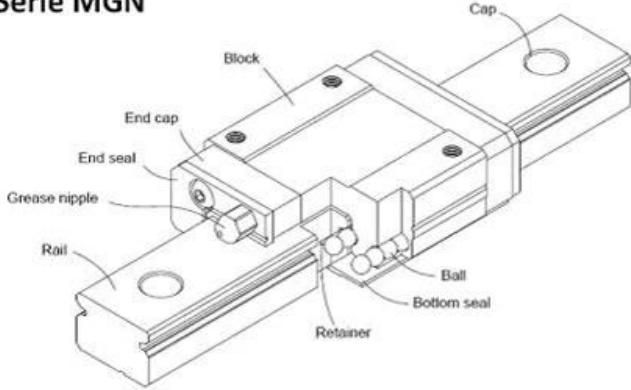
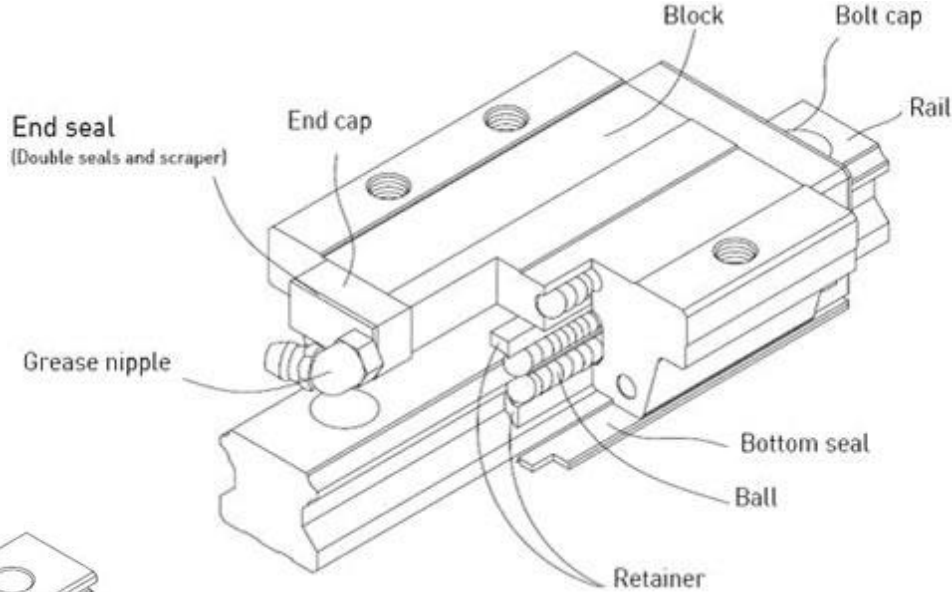
Guias Lineares

- São utilizadas em máquinas operatrizes em substituição ao barramento de deslizamento.
- Quando a carga é conduzida pelas guias lineares, o contato entre a carga e o trilho é realizado sob movimentos rotativos das esferas.
- O coeficiente de atrito é de apenas $1/50$ de contato tradicional e a diferença entre o coeficiente de atrito dinâmico e o estático é pequena.

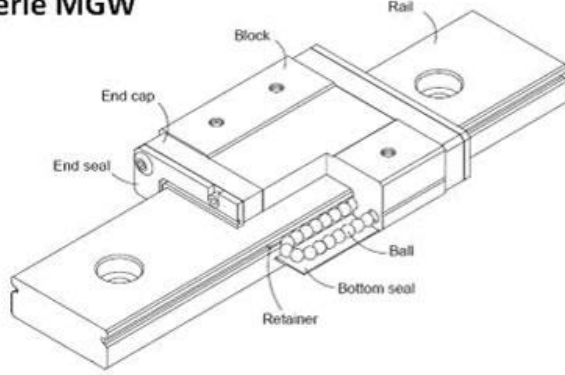
Guias Lineares



Série MGN



Série MGW

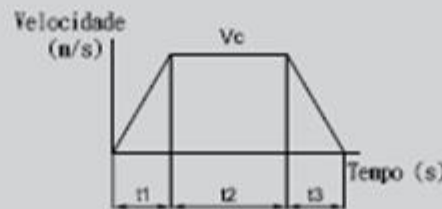
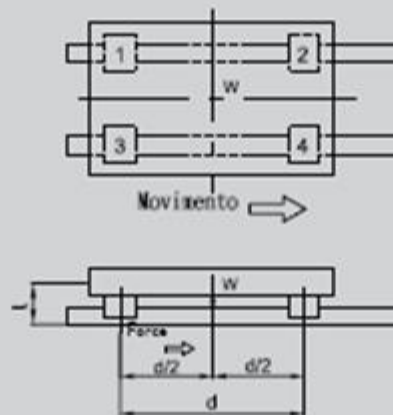
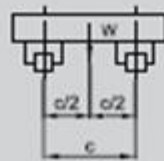


Exemplo de Cálculo de Cargas Atuantes Nas Guias

Exemplos de Cálculo para cargas com forças de Inércia

Considere a aceleração e desaceleração

Carga no bloco



W: Peso do objeto (N)
g: Aceleração gravitacional (9.8m/sec²)
P_r: Carga (radial, radial inversa) (N), n=1~4
V_c: Velocidade máxima (m/sec)
t1(t3): Aceleração (desaceleração) tempo (s)
t2: Tempo de velocidade constante (s)
c: Espaçamento do trilho (m)
d: Espaçamento do bloco (m)
l: Distância do centro de gravidade ao percurso (m)

- Velocidade constante

$$P_1 \sim P_4 = \frac{W}{4}$$

- Aceleração

$$P_1 = P_3 = \frac{W}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{W}{g} \cdot \frac{V_c}{t1} \cdot \frac{l}{d}$$

$$P_2 = P_4 = \frac{W}{4} - \frac{1}{2} \cdot \frac{W}{g} \cdot \frac{V_c}{t1} \cdot \frac{l}{d}$$

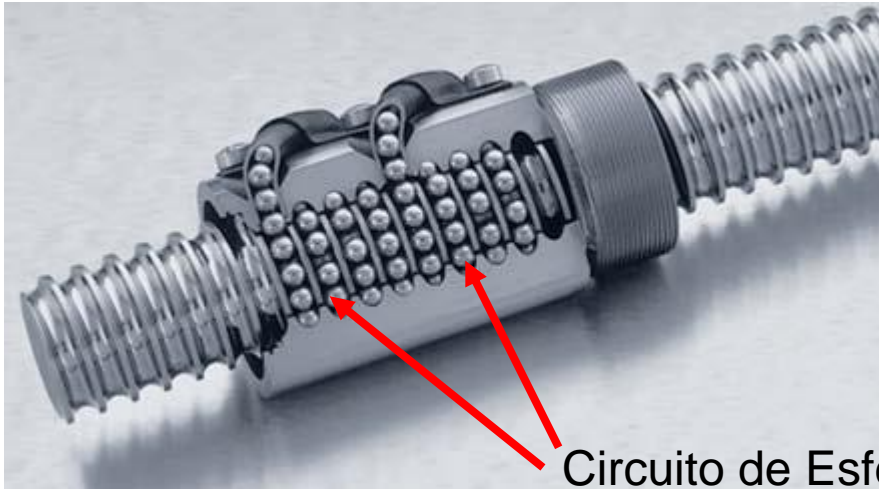
- Desaceleração

$$P_1 = P_3 = \frac{W}{4} - \frac{1}{2} \cdot \frac{W}{g} \cdot \frac{V_c}{t3} \cdot \frac{l}{d}$$

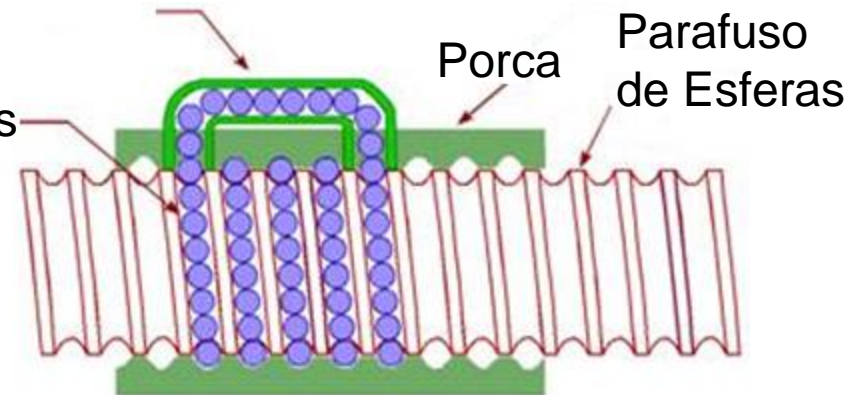
$$P_2 = P_4 = \frac{W}{4} + \frac{1}{2} \cdot \frac{W}{g} \cdot \frac{V_c}{t3} \cdot \frac{l}{d}$$

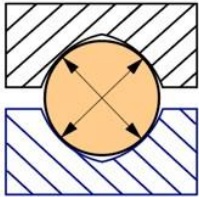
Parafuso (Fuso) de Esferas Recirculantes

- Utilizado em substituição ao parafuso normal no acionamento dos eixos em máquinas operatrizes com comando numérico.

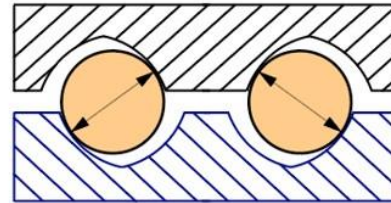


Tubo de recirculação





4 point contact

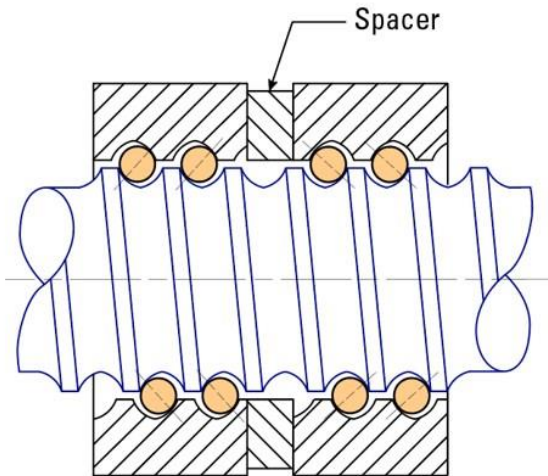
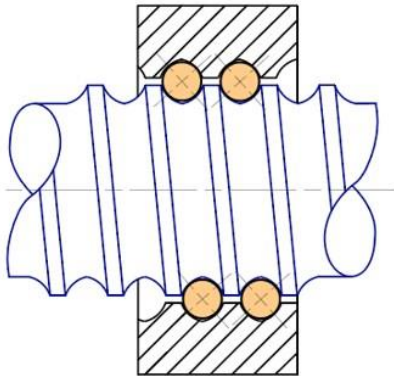


2 point contact

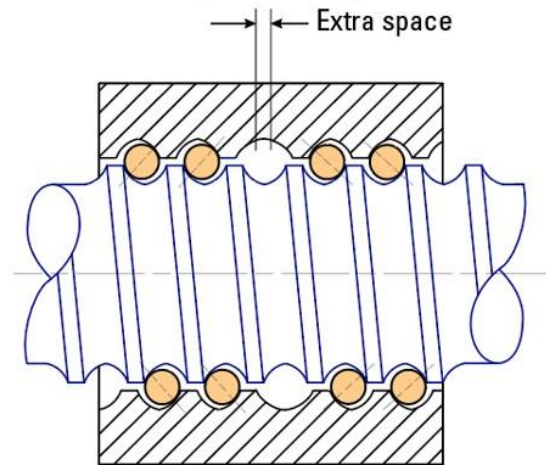
Oversized ball

Double nut

Skip lead
(Pitch shift)



Nut Internal Force



Nut Internal Force

Parafuso (Fuso) de Esferas Recirculantes

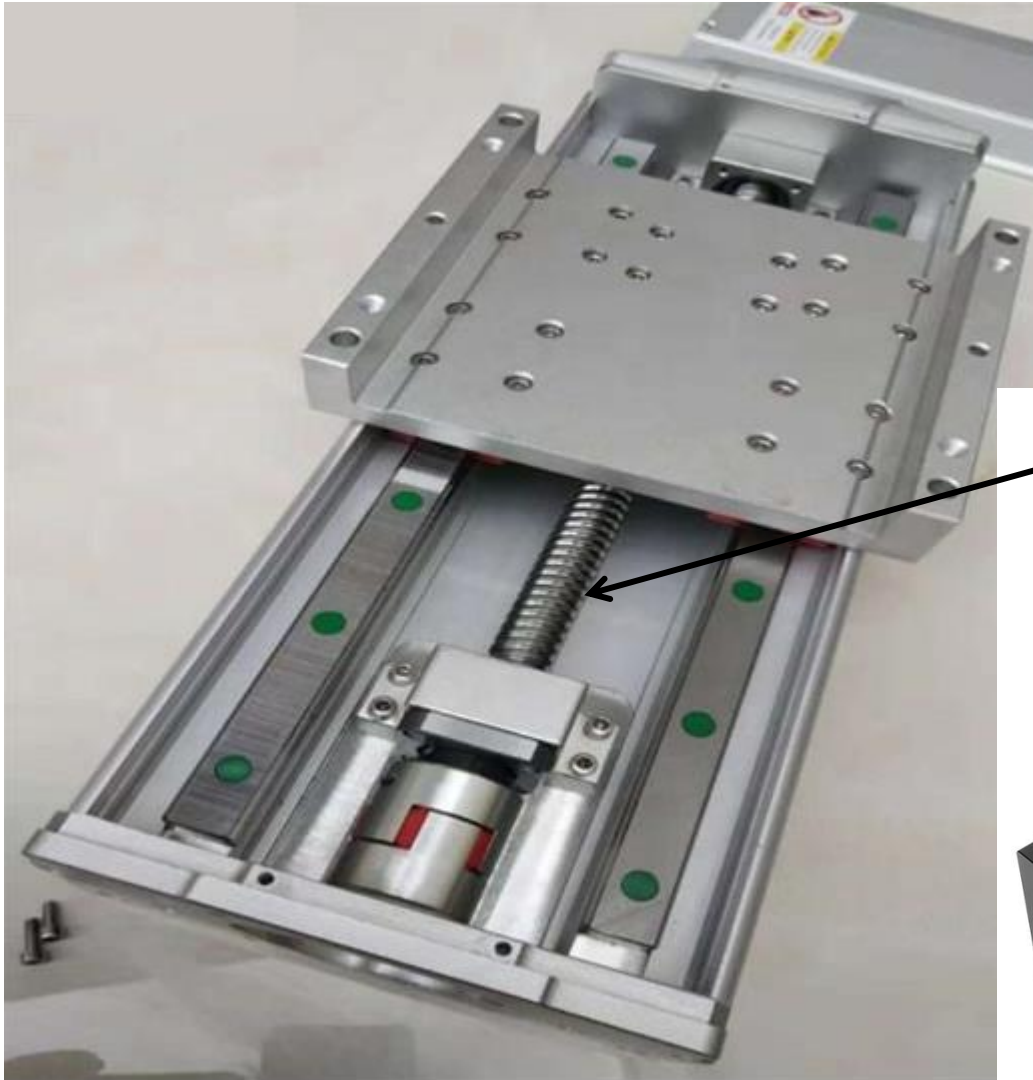
Vantagens:

- Altíssima capacidade de carga;
- Altíssima rigidez;
- Boa qualidade de movimento;
- Boa precisão;
- Compacto.

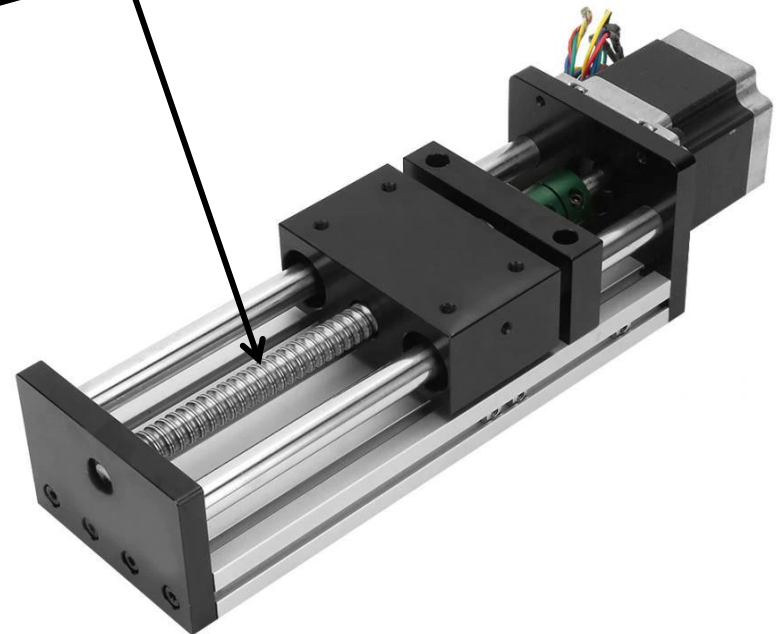
Desvantagens:

- Movimento limitado;
- Presença de folga:
 - Pré-carga diminui folga mas não elimina;
 - Pré-carga aumenta atrito \Rightarrow dificulta controle de precisão.

Acionamento de Mesa com Parafuso (Fuso) de Esferas Recirculantes



Parafuso (Fuso) de esferas recirculantes







Parafuso (Fuso) de Esferas Recirculantes

Comportamento Dinâmico e Flambagem

$$\omega_n = k^2 \sqrt{\frac{EI}{A\rho L^4}}$$

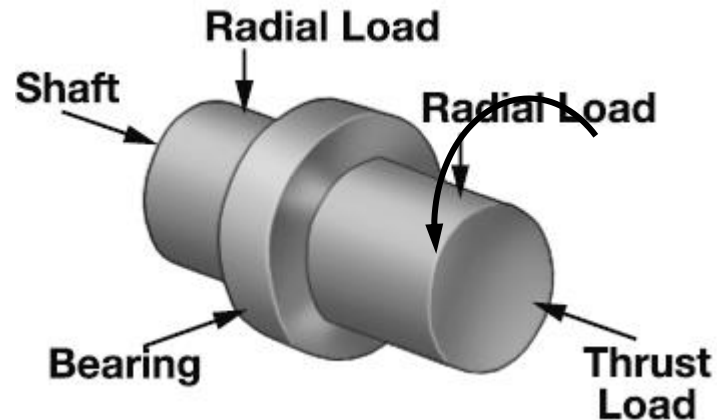
$$F_{buckle} = \frac{cEI}{L^2}$$

								
	Cantilevered		Simply Supported		Fixed-Simple		Fixed-Fixed	
mode n	k	c	k	c	k	c	k	c
1	1.875	2.47	3.142	9.87	3.927	20.2	4.730	39.5
2	4.694		6.283		7.069		7.853	
3	7.855		9.425		10.210		10.996	
4	10.996		12.566		13.352		14.137	
n	$(2n-1)\pi/2$		$n\pi$		$(4n+1)\pi/4$		$(2n+1)\pi/2$	

Mancais de Rolamento

- Principal Característica: Baixo Atrito mesmo sem lubrificação
- Valores Típicos (coeficiente de atrito):

$$\mu = 0.001 - 0.005$$



Vida de um Rolamento



Componente: Anel interno de rolamento de contato angular.

Sintoma: Escamamento em metade da circunferência da pista.

Causa: Lubrificação deficiente gerada pela entrada de fluido de corte no interior do rolamento.



Componente: Anel interno de rolamento de contato angular.

Sintoma: Escamamento ao longo da pista.

Causa: Desalinhamento na instalação.

Vida de um Rolamento



Componente: Anel interno de rolamento fixo de uma carreira de esferas.
Sintoma: Escamamento na pista no intervalo das esferas.
Causa: Impactos na instalação.



Componente: Anel interno de rolamento de contato angular.
Sintoma: Escamamento na pista nos intervalos das esferas.
Causa: Impactos na instalação.

Vida de um Rolamento



Componente: Esferas

Sintoma: Escamamento na superfície das esferas.

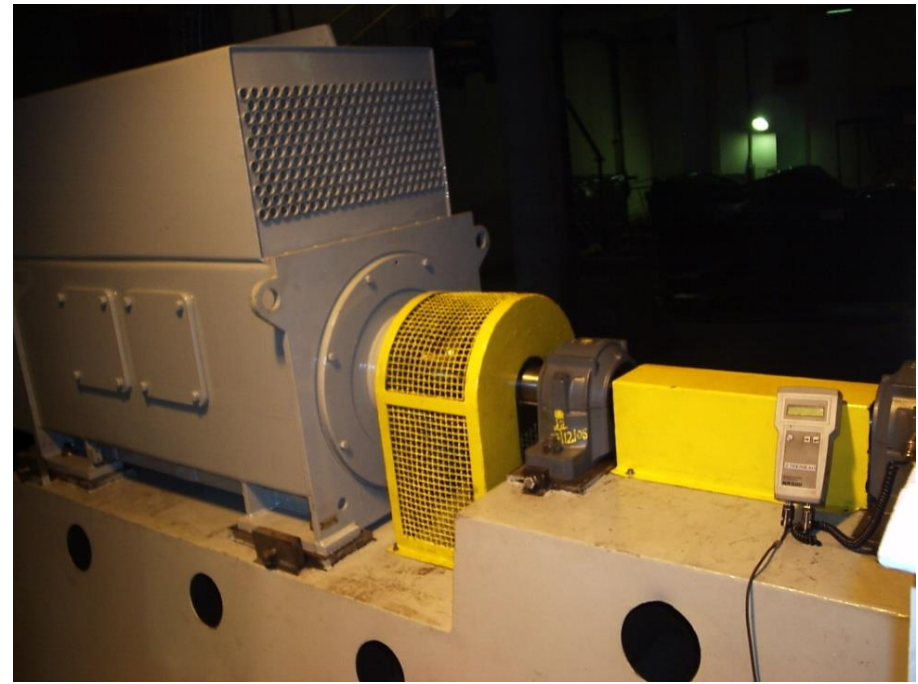
Causa: Impactos na instalação.



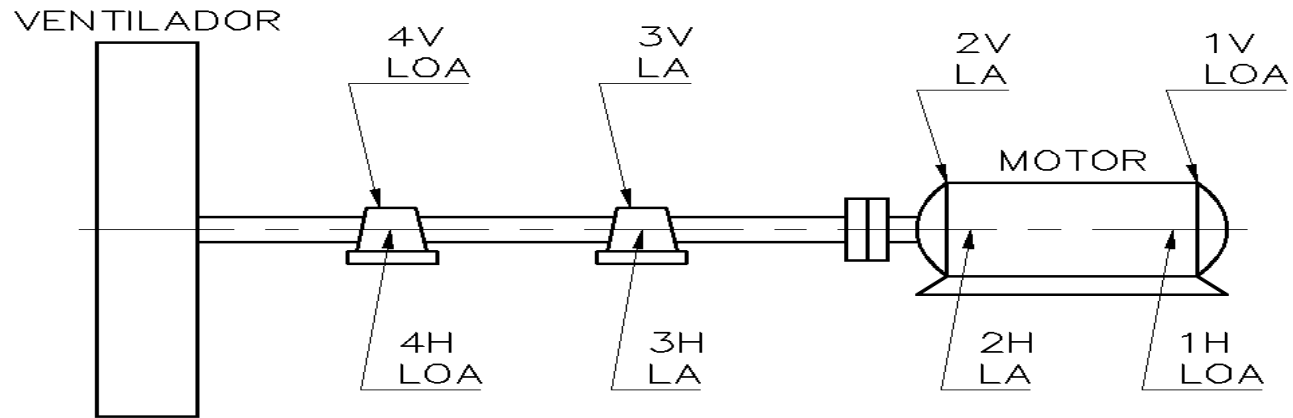
Componente: Rolos de rolamento de rolos cilíndricos.

Sintoma: Escamamento prematuro ocorrido axialmente sobre a superfície dos rolos.

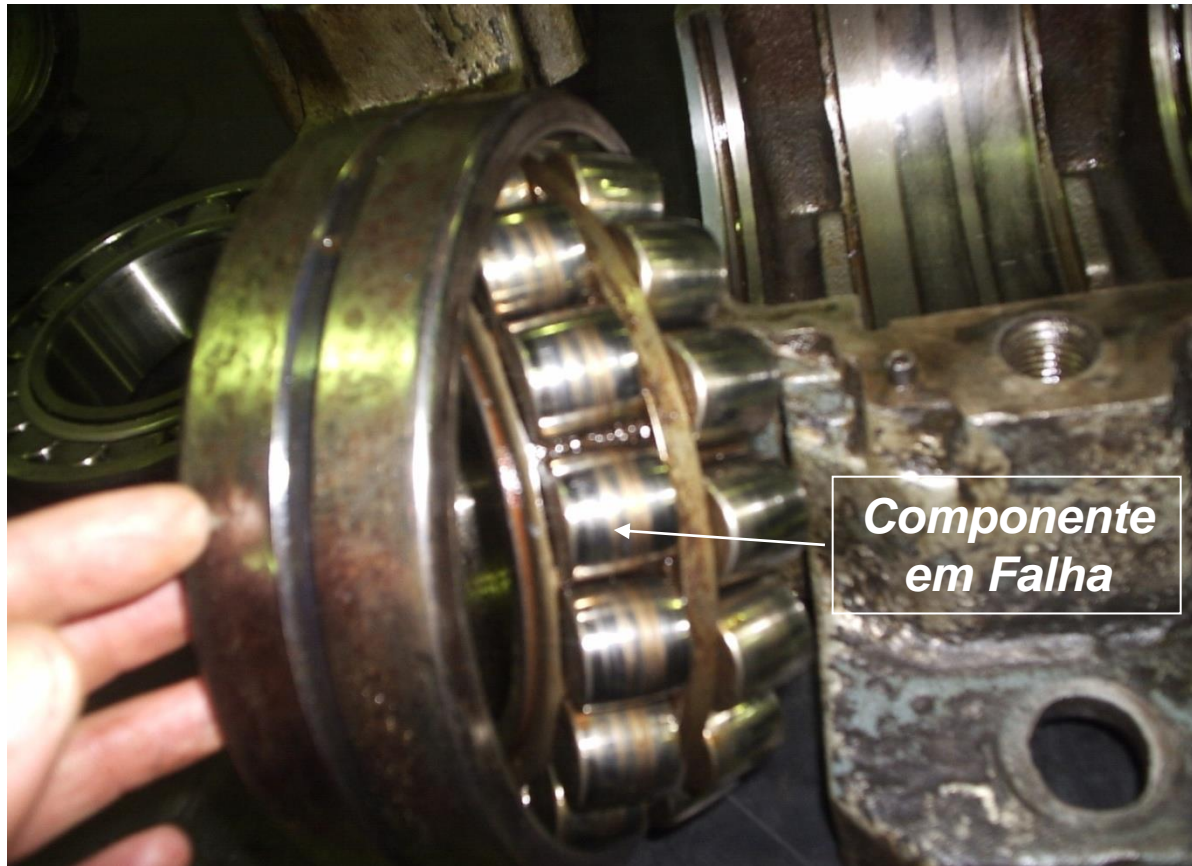
Causa: Instalação inadequada.



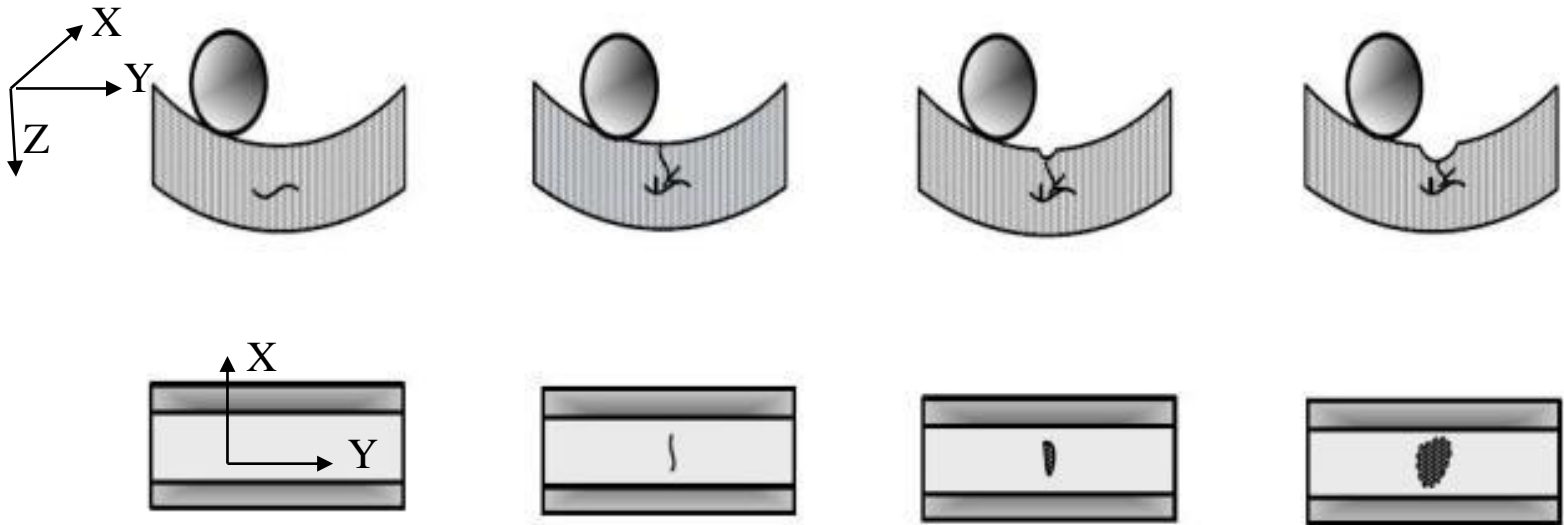
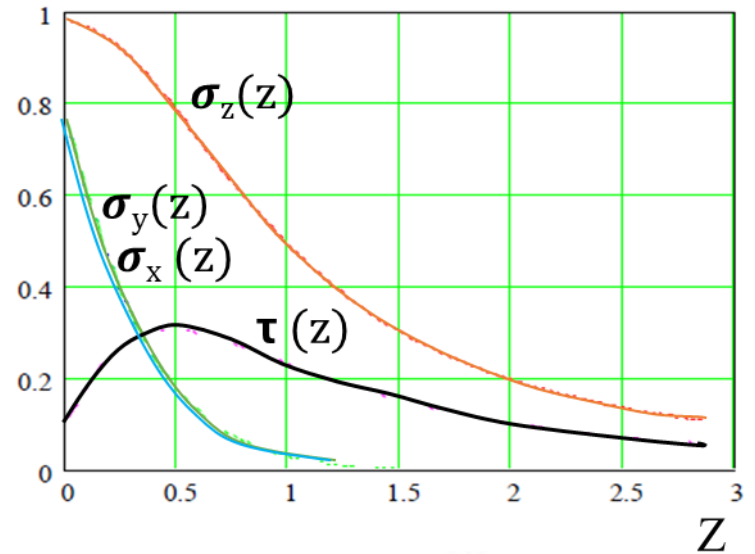
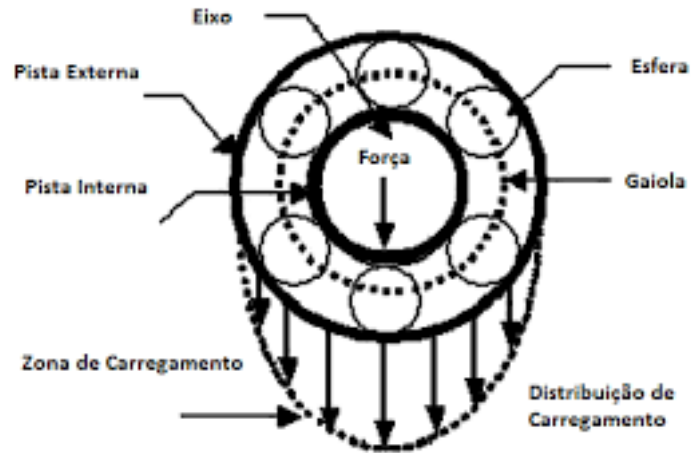
Monitoramento de Mancais de Rolamento



Falha de Mancal de Rolamento



Fadiga de Contato em Mancais de Rolamento



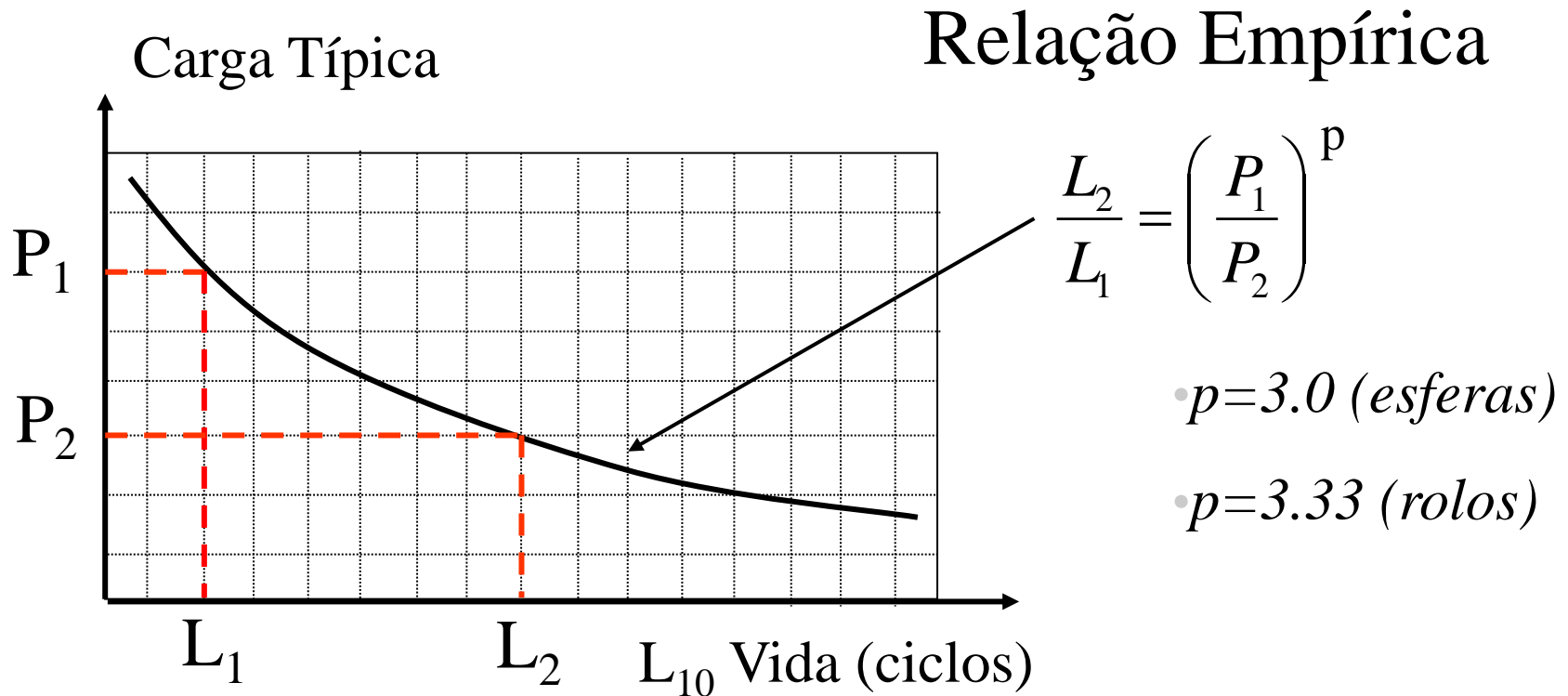
Limites de Velocidade para Mancais de Rolamento

A velocidade máxima de rotação permitida para qualquer mancal de rolamento individual pode ser determinada a partir da tabela abaixo. Esses limites de velocidade são considerados limites técnicos que foram determinados a partir de dados empíricos de muitas aplicações típicas. A capacidade dos rolamentos de operar em alta velocidade é ainda estabelecida pelo tipo de lubrificação empregada. Todos os limites mostrados são baseados na lubrificação estática do óleo, com o nível de óleo definido no centro da esfera inferior ou rolo, quando parado. Se a lubrificação por graxa for desejada, o limite de velocidade é de 66% do limite de óleo.

Tipo de Rolamento	Velocidade Limite (mm/min)		
	Estreito	Largo	2 Fileiras
Rolamentos Radiais			
Rígido de Esferas	500 000	-	400 000
Esferas de Contato Angular	450 000	-	400 000
Rolos Cilíndricos com Gaiola de Latão de 2 partes	550 000	500 000	475 000
Gaiola de Aço de 2 partes	450 000	435 000	380 000
Gaiola de Aço Estampada	330 000	300 000	-
Gaiola de latão de 1 Peça	600 000	420 000	-
Rolos Cônicos com Gaiola de Pinos	400 000	350 000	300 000
Auto compensador com Gaiola de Latão	220 000	200 000	-
Rolamentos Axiais			
Esferas	200 000	-	-
Esferas de Contato Angular	200 000	-	-
Rolos Cilíndricos e Gaiola de 2 peças	220 000	200 000	-
Rolos Cilíndricos e Gaiola Usinada	240 000	220 000	-
Rolos Cônicos e Gaiola de 2 Peças	180 000	160 000	-
Rolos Cônicos e Gaiola Usinada	200 000	180 000	-
Rolos Cônicos e Gaiola e Pinos	220 000	200 000	-

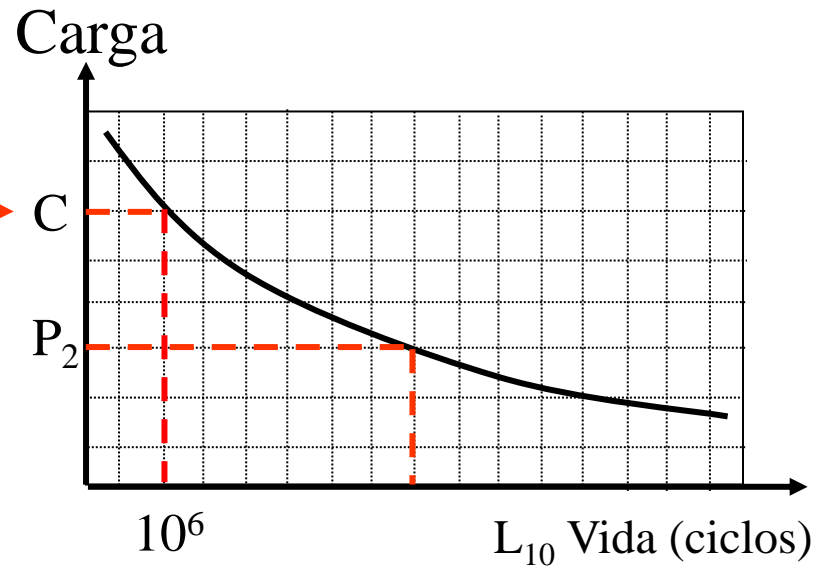
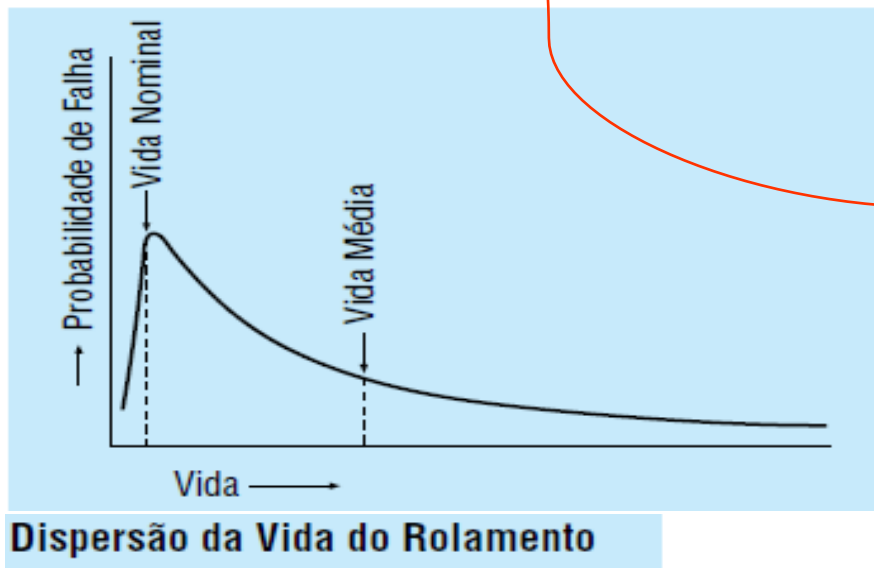
Relação Carga x Vida

Ensaio de Fadiga



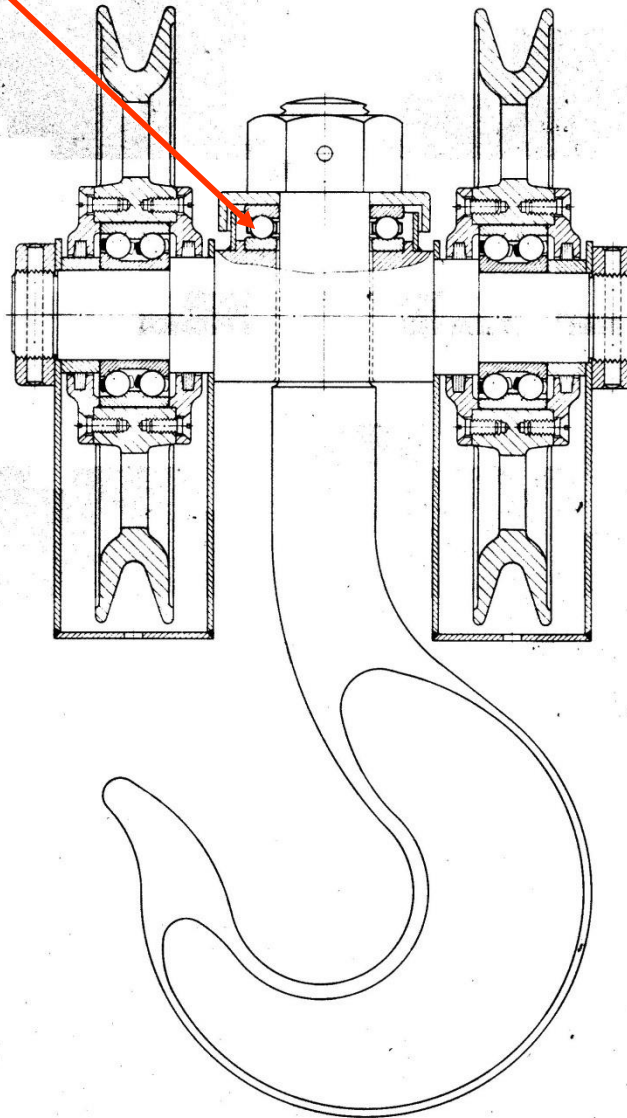
Capacidade de Carga

Dinâmica (C) => Vida de 10^6 ciclos para 90% (ou mais) dos rolamentos testados



Estática (C₀) => Deformação permanente de $0,0001 \delta$ (diâmetro do elemento rodante)

Rolamento não gira completamente



Vida Nominal Ajustada

$$L_{10} = a1.a2.a3.(C/P)^p$$

10 = 100 - 90

L_{10} = Vida em 10^6 ciclos (90%)

P = Carga Dinâmica Equivalente

a1 = fator de confiabilidade

a2 = fator de material

a3 = fator de serviço – lubrificação

p = 3 para rolamento de esferas e 10/3 para rolamentos de rolos

Carga Dinâmica Equivalente (P)

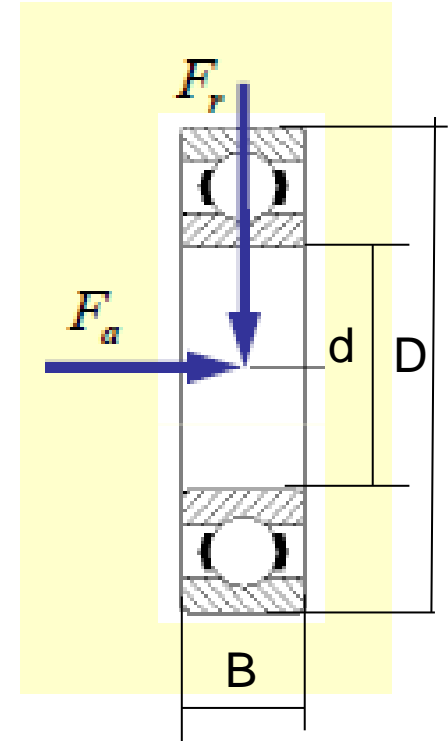
Tabela para rolamento rígido de uma carreira de esferas e folga normal

$$P = X F_r + Y F_a$$

$\frac{f_0 F_a}{C_0}$	e	$\frac{F_a}{F_r} \leq e$		$\frac{F_a}{F_r} > e$	
		X	Y	X	Y
0,172	0,19	1	0	0,56	2,30
0,345	0,22	1	0	0,56	1,99
0,689	0,26	1	0	0,56	1,71
1,03	0,28	1	0	0,56	1,55
1,38	0,30	1	0	0,56	1,45
2,07	0,34	1	0	0,56	1,31
3,45	0,38	1	0	0,56	1,15
5,17	0,42	1	0	0,56	1,04
6,89	0,44	1	0	0,56	1,00

f_0 : fator de cálculo (depende de cada rolamento)

e : valor limite da relação F_a/F_r



Carga Estática Equivalente (P0)

$$P_0 = X_0 F_r + Y_0 F_a$$

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

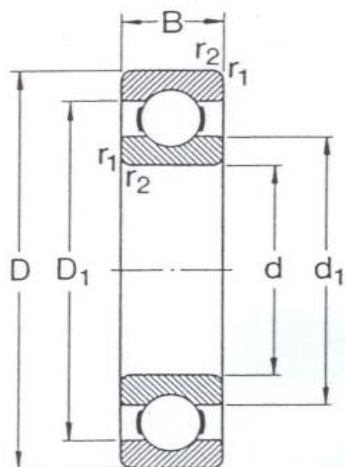
Se P_0 calculado $< F_r \Rightarrow P_0 = F_r$

k_f : fator de cálculo de carga mínima

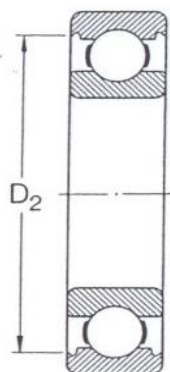
Tabela do manual do fabricante SKF

Principal dimensions			Basic load ratings		Fatigue load limit	Speed ratings		Mass	Designations	Calculation factors	
d	D	B	dynamic	static		Reference speed	Limiting speed ¹⁾			Bearing open or capped on both sides	capped on one side ¹⁾
mm			kN	C ₀	kN	r/min	kg	-	-	-	-
20	32	7	4,03	2,32	0,104	-	13 000	0,018	▶ 61804-2RS1	0,015	15
	32	7	4,03	2,32	0,104	45 000	22 000	0,018	▶ 61804-2RZ	0,015	15
	32	7	4,03	2,32	0,104	45 000	28 000	0,018	▶ 61804	0,015	15

ROLAMENTO RÍGIDO DE UMA CARREIRA DE ESFERAS



Anel externo
sem ranhuras
de placas



Anel externo
com ranhuras
de placas

Dimensões principais			Capacidades de carga		Carga limite de fadiga P_u	Velocidades de referência		Massa	Designação
d	D	B	dinâm. C	estát. C_0		Lubrificação graxa	óleo		
mm			N		N	r/min	kg	-	
35	47	7	4 750	3 200	166	13 000	16 000	0,030	61807
	55	10	9 560	6 200	290	11 000	14 000	0,080	61907
	62	9	12 400	8 150	375	10 000	13 000	0,11	16007
	62	14	15 900	10 200	440	10 000	13 000	0,16	6007
	72	17	25 500	15 300	655	9 000	11 000	0,29	6207
	80	21	33 200	19 000	815	8 500	10 000	0,46	6307
	100	25	55 300	31 000	1 290	7 000	8 500	0,95	6407
40	52	7	4 940	3 450	186	11 000	14 000	0,034	61808
	62	12	13 800	9 300	425	10 000	13 000	0,12	61908
	68	9	13 300	9 150	440	9 500	12 000	0,13	16008
	68	15	16 800	11 600	490	9 500	12 000	0,19	6008
	80	18	30 700	19 000	800	8 500	10 000	0,37	6208
	90	23	41 000	24 000	1 020	7 500	9 000	0,63	6308
	110	27	63 700	36 500	1 530	6 700	8 000	1,25	6408
45	58	7	6 050	4 300	228	9 500	12 000	0,040	61809
	68	12	14 000	9 800	465	9 000	11 000	0,14	61909
	75	10	15 600	10 800	520	9 000	11 000	0,17	16009
	75	16	20 800	14 600	640	9 000	11 000	0,25	6009
	85	19	33 200	21 600	915	7 500	9 000	0,41	6209
	100	25	52 700	31 500	1 340	6 700	8 000	0,83	6309
	120	29	76 100	45 000	1 900	6 000	7 000	1,55	6409
50	65	7	6 240	4 750	250	9 000	11 000	0,052	61810
	72	12	14 600	10 400	500	8 500	10 000	0,14	61910
	80	10	16 300	11 400	560	8 500	10 000	0,18	16010
	80	16	21 600	16 000	710	8 500	10 000	0,26	6010
	90	20	35 100	23 200	980	7 000	8 500	0,46	6210
	110	27	61 800	38 000	1 600	6 300	7 500	1,05	6310
	130	31	87 100	52 000	2 200	5 300	6 300	1,90	6410
55	72	9	8 320	6 200	325	8 500	10 000	0,083	61811
	80	13	15 900	11 400	560	8 000	9 500	0,19	61911
	90	11	19 500	14 000	695	7 500	9 000	0,26	16011
	90	18	28 100	21 200	900	7 500	9 000	0,39	6011
	100	21	43 600	29 000	1 250	6 300	7 500	0,61	6211
	120	29	71 500	45 000	1 900	5 600	6 700	1,35	6311
	140	33	99 500	62 000	2 600	5 000	6 000	2,30	6411

Fator de Confiabilidade

Confiabilidade %	a1
90 (L ₁₀)	1
95 (L ₅)	0,62
96 (L ₄)	0,53
97 (L ₃)	0,44
98 (L ₂)	0,33
99 (L ₁)	0,21

Seleção de um Rolamento

- 1- Definir o tipo de rolamento (radial, axial ou misto – rígido ou autocompensador)
- 2- Definir o tipo de elemento rodante (esfera* ou rolo)
- 3- Definir a Vida em horas
- 4- Definir as cargas sobre o rolamento
- 5- Definir a confiabilidade e os fatores de material e lubrif.
- 6- Calcular a Vida L_{10} (ou escolher outra confiabilidade)
- 7- Calcular a Capacidade de Carga requerida C
- 8- Escolher o Rolamento mais adequado no catálogo
- 9- Recalcular a Vida em horas

<https://www.skf.com/br/products/rolling-bearings/principles-of-rolling-bearing-selection/bearing-selection-process/bearing-size/size-selection-based-on-rating-life>

Valores de Coeficiente de Carga f_w

Condições de Operação	Exemplos de Aplicação	f_w
Operação suave e sem choque	Motores elétricos, máquinas operatrizes, ar condicionado	1 a 1,2
Operação normal	Sopradores, elevadores, compressores, guindastes, máquinas para indústria de papel	1,2 a 1,5
Operação com choque, vibração ou ambos	Máquinas de construção civil, britadores, peneiras vibratórias, laminadores	1,5 a 3

Coeficiente de Carga Rolamento NSK

$$P = f_{wr} \cdot X \cdot F_r + f_{wa} \cdot Y \cdot F_c$$

Vida Recomendada para o Rolamento Shigley – Mechanical Engineering Design

Recomendações acerca da vida de mancais para várias classes de maquinaria.

Tipo de aplicação

Vida, kh

Instrumentos e aparatos de uso não frequente	Até 0,5
Motores de aeronaves	0,5–2
Máquinas para operação curta, ou intermitente, em que a interrupção do serviço é de importância menor	4–8
Máquinas para serviço intermitente em que a confiabilidade de operação é de grande importância	8–14
Máquinas para serviço de 8 h que não são utilizadas de maneira plena	14–20
Máquinas para serviço de 8 h que são utilizadas de maneira plena	20–30
Máquinas para serviço contínuo de 24 h	50–60
Máquinas para serviço de 24 h em que a confiabilidade é de importância extrema	100–200

Exercício 1

Definir a vida nominal ajustada de um mancal de rolamento rígido de uma carreira de esferas, com código 6208, quando submetido a uma carga radial de 5500 N e girando com uma rotação de 320 rpm. Pedese definir as vidas para confiabilidades de 90% e 97%

Exercício 1

Definir a vida nominal ajustada de um mancal de rolamento rígido de uma carreira de esferas, com código 6208, quando submetido a uma carga radial de 5500 N e girando com uma rotação de 320 rpm. Pede-se definir as vidas para confiabilidades de 90% e 97%

Capacidade de Carga Dinâmica

$$C = 30700 \text{ N}$$

Carga Radial no Mancal

$$P = 5500 \text{ N}$$

Confiabilidade %	a1
90 (L ₁₀)	1
95 (L ₅)	0,62
96 (L ₄)	0,53
97 (L ₃)	0,44
98 (L ₂)	0,33
99 (L ₁)	0,21

Mancal de Rolamento Rígido de Uma Carreira de Esferas Código 6208

Dimensões principais			Capacidades de carga		Carga limite de fadiga P _u	Velocidades de referência		Massa	Designação
d	D	B	dinâm. C	estát. C ₀		Lubrificação graxa	óleo		
mm			N	N	N	r/min	kg	-	
35	47	7	4 750	3 200	166	13 000	16 000	0,030	61807
	55	10	9 560	6 200	290	11 000	14 000	0,080	61907
	62	9	12 400	8 150	375	10 000	13 000	0,11	16007
	62	14	15 900	10 200	440	10 000	13 000	0,16	6007
	72	17	25 500	15 300	655	9 000	11 000	0,29	6207
	80	21	33 200	19 000	815	8 500	10 000	0,46	6307
40	100	25	55 300	31 000	1 290	7 000	8 500	0,95	6407
	52	7	4 940	3 450	186	11 000	14 000	0,034	61808
	62	12	13 800	9 300	425	10 000	13 000	0,12	61908
	68	9	13 300	9 150	440	9 500	12 000	0,13	16008
	68	15	16 800	11 600	490	9 500	12 000	0,19	6008
	80	18	30 700	19 000	800	8 500	10 000	0,37	6208
	90	23	41 000	24 000	1 020	7 500	9 000	0,63	6308
	110	27	63 700	36 500	1 530	6 700	8 000	1,25	6408

1ª Questão: Vida para Confiabilidade de 90%

Fórmula Geral de Vida Ajustada: $L_a = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^n$

Vida para Confiabilidade de 90% $\Rightarrow L_{10} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^n$

Confiabilidade de 90% (a₁) $\Rightarrow a_1 = 1$

Material padrão $\Rightarrow a_2 = 1$

Lubrificação conforme recomendação $\Rightarrow a_3 = 1$

Rolamento de Esferas $\Rightarrow n = 3$

$$L_{10} = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^n$$

$$L_{10} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \left(\frac{30700}{5500}\right)^3 = 173,911 \text{ (milhões de revoluções)}$$

$$L_{10h} = \frac{L_{10} \cdot 10^6}{60 \cdot n} = \frac{173,911 \cdot 10^6}{60 \cdot 320} = 9057,86 \text{ h (horas)}$$

Exercício 1

Definir a vida nominal ajustada de um mancal de rolamento rígido de uma carreira de esferas, com código 6208, quando submetido a uma carga radial de 5500 N e girando com uma rotação de 320 rpm. Pede-se definir as vidas para confiabilidades de 90% e 97%

Capacidade de Carga Dinâmica

$$C = 30700 \text{ N}$$

Carga Radial no Mancal

$$P = 5500 \text{ N}$$

Confiabilidade %		a1
90	(L ₁₀)	1
95	(L ₅)	0,62
96	(L ₄)	0,53
97	(L ₃)	0,44
98	(L ₂)	0,33
99	(L ₁)	0,21

Mancal de Rolamento Rígido de Uma Carreira de Esferas Código 6208

Dimensões principais			Capacidades de carga		Carga limite de fadiga P _u	Velocidades de referência		Massa	Designação
d	D	B	dinâm. C	estát. C ₀		Lubrificação graxa	óleo		
mm			N	N	N	r/min	kg	-	
35	47	7	4 750	3 200	166	13 000	16 000	0,030	61807
	55	10	9 560	6 200	290	11 000	14 000	0,080	61907
	62	9	12 400	8 150	375	10 000	13 000	0,11	16007
	62	14	15 900	10 200	440	10 000	13 000	0,16	6007
	72	17	25 500	15 300	655	9 000	11 000	0,29	6207
	80	21	33 200	19 000	815	8 500	10 000	0,46	6307
	100	25	55 300	31 000	1 290	7 000	8 500	0,95	6407
40	52	7	4 940	3 450	186	11 000	14 000	0,034	61808
	62	12	13 800	9 300	425	10 000	13 000	0,12	61908
	68	9	13 300	9 150	440	9 500	12 000	0,13	16008
	68	15	16 800	11 600	490	9 500	12 000	0,19	6008
	80	18	30 700	19 000	800	8 500	10 000	0,37	6208
	90	23	41 000	24 000	1 020	7 500	9 000	0,63	6308
	110	27	63 700	36 500	1 530	6 700	8 000	1,25	6408

2ª Questão: Vida para Confiabilidade de 97%

Fórmula Geral de Vida Ajustada: $L_a = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^n$

Vida para Confiabilidade de 97% $\Rightarrow L_3 = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^n$

Confiabilidade de 97% (a₁) $\Rightarrow a_1 = 0,44$

Material padrão $\Rightarrow a_2 = 1$

Lubrificação conforme recomendação $\Rightarrow a_3 = 1$

Rolamento de Esferas $\Rightarrow n=3$

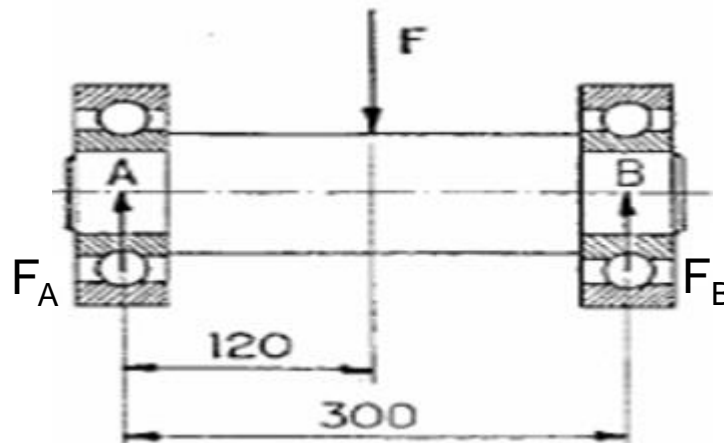
$$L_3 = a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^n$$

$$L_3 = 0,44 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \left(\frac{30700}{5500}\right)^3 = 76,52 \text{ (milhões de revoluções)}$$

$$L_{3h} = \frac{L_3 \cdot 10^6}{60 \cdot n} = \frac{76,52 \cdot 10^6}{60 \cdot 320} = 3985,48 \text{ h (horas)}$$

Exercício 2

O eixo (diâmetro 35 mm), de um equipamento, gira a uma rotação de 800 rpm. Determine os mancais de rolamento rígidos de uma carreira de esferas que devem ser instalados em suas extremidades, sendo a vida esperada de 5000 horas para uma confiabilidade de 90%

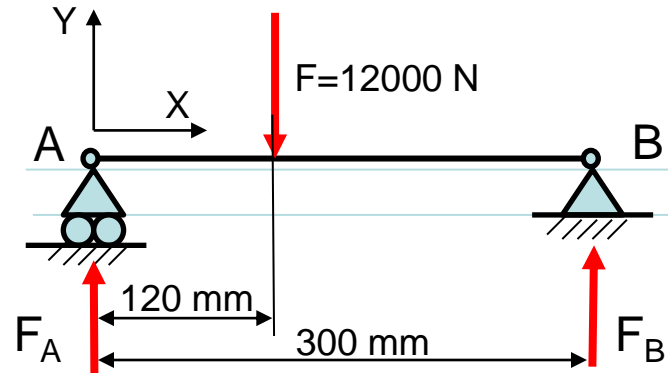


$$F=12000\text{N}$$

Exercício 2

Modelo para cálculo dos esforços atuantes nos rolamentos é:

➤ Viga Bi- Apoiada onde os rolamentos são os apoios



a) Equilíbrio de Forças

$$\text{Em Y: } \sum F_Y = 0 \quad -12000 + F_A + F_B = 0$$

$$\text{Em X: } \sum F_X = 0$$

a) Equilíbrio de Momentos

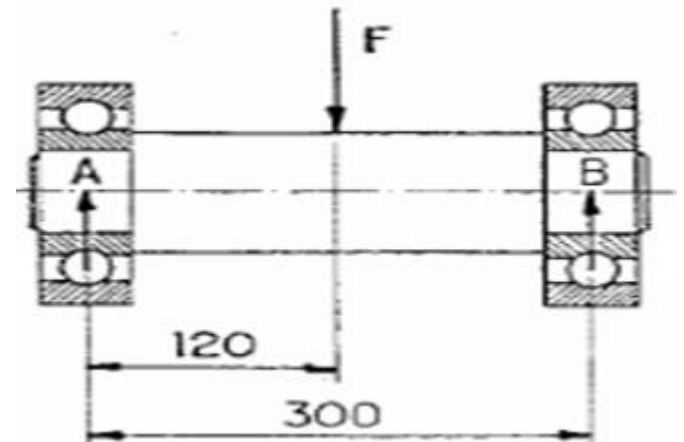
$$\text{Em A: } \sum M_A = 0$$

$$-12000 \times 120 + F_B \times 300 = 0$$

$$F_B = 4800 \text{ N}$$

$$F_A = 12000 - 4800 = 7200 \text{ N}$$

$$F_A = 7200 \text{ N}$$



Exercício 2

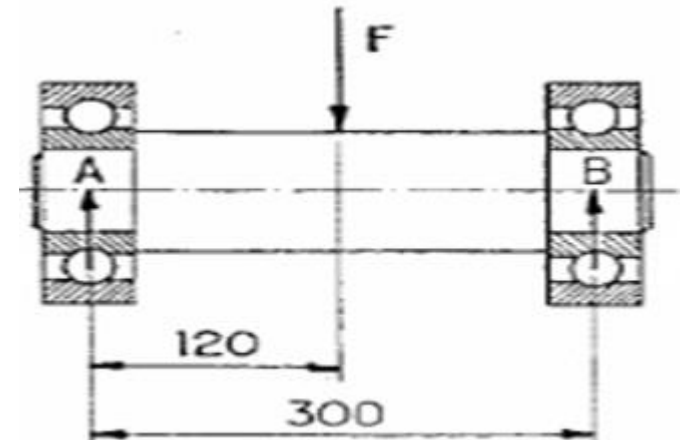
Vida Requerida para os Mancais de Rolamento: 5000 h (horas)

Confiabilidade: 90 % $\Rightarrow a_1 = 1$

Capacidade de Carga Requerida $L_{10h} = \frac{10^6 \cdot L_{10}}{60 \cdot n} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \cdot a_1^1 \cdot a_2^1 \cdot a_3^1 \cdot \left(\frac{C}{P}\right)^3$

$$\left(\frac{C}{P}\right)^3 = \frac{L_{10h} \cdot 60 \cdot n}{10^6} \quad C = P \cdot \sqrt[3]{\frac{L_{10h} \cdot 60 \cdot n}{10^6}} \quad n = 800 \text{ rpm}$$

Para o caso em estudo: $C = P \cdot \sqrt[3]{\frac{5000 \cdot 60 \cdot 800}{10^6}} \quad C = 6,2145 \cdot P$



Para o Mancal de Rolamento da Posição A

$$P = F_A = 7200 \text{ N} \quad C = 6,2145 \times 7200 \quad C = 44744 \text{ N}$$

Mancal Selecionado (Catálogo disponível nas notas de aula) : 6407 \Rightarrow $C = 55300 \text{ N}$

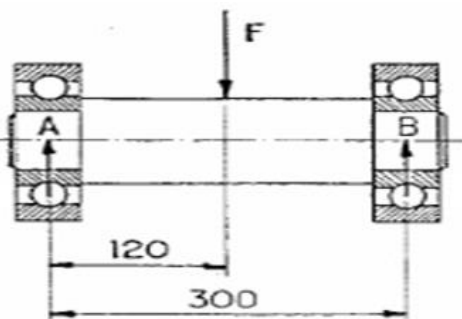
$$d = 35 \text{ mm} \quad D = 100 \text{ mm} \quad B = 25 \text{ mm}$$

Para o Mancal de Rolamento da Posição B

$$P = F_B = 4800 \text{ N} \quad C = 6,2145 \times 4800 \quad C = 29829 \text{ N}$$

Mancal Selecionado (Catálogo disponível nas notas de aula) : 6307 \Rightarrow $C = 33200 \text{ N}$

$$d = 35 \text{ mm} \quad D = 80 \text{ mm} \quad B = 21 \text{ mm}$$



Dimensões principais			Capacidades de carga		Carga limite de fadiga P_u	Velocidades de referência		Massa	Designação
d	D	B	dinâm. C	estát. C_0		Lubrificação graxa	óleo		
mm			N		N	r/min		kg	-
35	47	7	4 750	3 200	166	13 000	16 000	0,030	61807
	55	10	9 560	6 200	290	11 000	14 000	0,080	61907
	62	9	12 400	8 150	375	10 000	13 000	0,11	16007
	62	14	15 900	10 200	440	10 000	13 000	0,16	6007
	72	17	25 500	15 300	655	9 000	11 000	0,29	6207
	80	21	33 200	19 000	815	8 500	10 000	0,46	6307
	100	25	55 300	31 000	1 290	7 000	8 500	0,95	6407