



Fusos de Esferas

1 - FOLGA

Axial: É a medida entre o fuso e a castanha no sentido longitudinal ao eixo.

Radial: É a folga entre o fuso e a castanha perpendicular ao eixo do fuso.

Folga Axial

Diâmetro do fuso (mm)	φ14,0 ~ φ28,0	φ30 ~ φ32,0	φ36 ~ φ45,0	φ50
Folga axial máxima (mm)	0,10	0,14	0,17	0,20

2 - CARGA DINÂMICA (Ca)

É uma carga axial concêntrica, constante e unidirecional em que 90% de um grupo de fuso de esfera quando operados, independentemente, nas mesmas condições podem suportar uma duração de vida útil de 106 revoluções.

3 - CARGA ESTÁTICA (Co)

É uma carga axial perpendicular à superfície de contato das esferas e da pista do fuso, provocando uma deformação permanente na esfera de (0,0001 x diam. da esfera) aplicado no fuso em repouso.

4 - CARGA AXIAL PERMITIDA

$$F_{\max} = Co / Fs$$

F = Carga Axial

Co = Carga Estática

Fs = Fator Estático

Fator Estático	Fs
Máquinas Industriais em geral	1,2 ~2
Máquinas Operatrizes	1,5 ~3

5 - MATERIAL E DUREZA

Fuso: Material S55C, temperado por indução, com dureza 58 ~ 62 HRc. (Alto teor de carbono)

Castanha: Material SCM420H, cementado e temperado com dureza 58 ~ 62 HRc.

6 - VIDA ÚTIL (L)

A vida útil do fuso é expressa pelo número total de revoluções. O total de horas ou a distância percorrida também pode ser utilizados para os cálculos.

L	vida útil em revoluções
Lh	vida útil em horas
Ls	vida útil em Km
Ca	capacidade da carga dinâmica (Kgf)

Fa	força axial (Kgf)
n	velocidade em RPM
p	passo (mm)
Fw	fator de operação (veja tabela 7.1)

$$L = (Ca / (Fa \times Fw))^2 \times 10^6$$

$$Lh = L / 60n$$

$$Ls = L \times p / 10^6$$

6.1 Vida Útil Média

Centros de Usinagem	20.000h	Máquinas de Controle Automáticas	15.000h
Máquinas de Produção	10.000h	Dispositivos e outros Equipamentos	5.000h

Obs.: Tabela referencial p/ fadiga



7 - FATOR DE OPERAÇÃO (Fw)

Vibração e Impacto	Velocidade	Fw
Leve	$V < 15$ (m/min)	1,0 ~ 1,2
Média	$15 < V < 60$ (m/min)	1,2 ~ 1,5
Alta	$V > 60$ (m/min)	1,5 ~ 3,0

Tabela 7.1

8 - LUBRIFICAÇÃO

Utilizar graxa à base de Lithium com viscosidade 30 ~40 Cst (40°) na grade ISO 32~100.

Para aplicações em baixas temperaturas, utilizar graxa com baixa viscosidade.

Para aplicações em altas temperaturas, cargas elevadas e baixas velocidades, utilizar graxa com alta viscosidade.

8.1 - Intervalo de Lubrificação

Graxa: Intervalos de 400 a 750 horas, dependendo do equipamento.

Lubrificação Centralizada: Toda semana.

Pulverização de Óleo: Todos os dias antes de o equipamento entrar em operação.

Obs.: Não colocar graxa em excesso, evitando assim que haja aumento de temperatura.

9 - ROTAÇÃO MÁXIMA PERMISSÍVEL

Quando a velocidade da rotação do motor coincide com a frequência do sistema, as vibrações podem causar ressonâncias. Essa velocidade de rotação é determinada crítica. Isso acarreta danos no equipamento. Por isso, é muito importante prevenir a ressonância da vibração. Dependendo da aplicação, é necessário utilizar mancais extras entre as extremidades, para aumentarmos a frequência dos fusos de esferas. Cálculo para rotação máxima permissível:

n = rotação máxima permissível

$$n = f \times (dr/L^2) \times 10^7 \times 0,8 \text{ rpm}$$

dr = diâmetro interno do fuso (mm)

L = distância entre os mancais de apoio (mm)

f = coeficiente dependendo do tipo de montagem

apoiado - apoiado	$f = 9,7$
fixo - apoiado	$f = 15,1$
fixo - fixo	$f = 21,9$
fixo - livre	$f = 3,4$

Para rotação máxima também pode ser considerado o seguinte

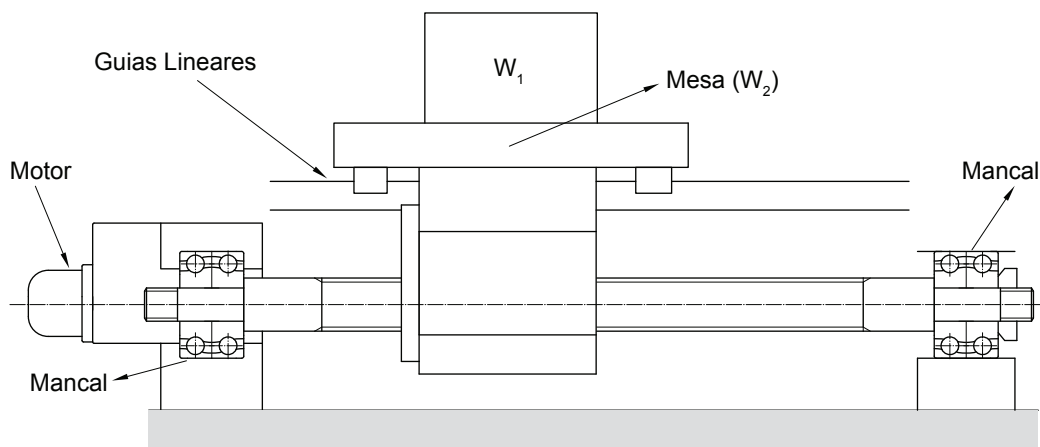
limite:

- Para fuso retificado = $dr \times n \leq 70.000 \text{ rpm}$ (para classe C3 e C5)
- Para fuso laminado = $dr \times n \leq 50.000 \text{ rpm}$ (para classe C7)

A fórmula $dm \times n$ é apenas uma referência. Para um cálculo mais preciso é necessário levar em consideração os métodos de fixação e as distâncias entre os mancais.



10 - EXEMPLOS DE CÁLCULOS - CONDIÇÃO HORIZONTAL



W ₁ + W ₂ (Massa Total)	m = 800 Kgf
Curso máximo	S = 1.300 mm
Velocidade máxima do sistema	V = 14.000 mm/min
Fator de operação	Fw = 1,2 (Peq. Vibrações)

Vida útil	Lh = 25.000 horas
Coeficiente de fricção	μ = 0,1
Rotação do sistema	N = 2.000 rpm
Mancalização	f = 21,9 (fixo/fixo)

10.1 - Força de Arraste

$$F_a = m \times \mu$$

$$F_a = 800 \times 0,1 = 80 \text{ kgf}$$

10.2 - Passo

$$\text{Passo} = \text{Velocidade máxima do sistema (mm/min)} / \text{Rotação do sistema}$$

$$\text{Passo} = 14000 / 2000 \text{ rpm}$$

$$\text{Passo} = 7 \text{ mm}$$

Obs.: Como dispomos de passo 5 e 10mm, utilizaremos fuso com passo de 10mm.

10.3 - Rotação de Trabalho (N)

$$N = \text{Velocidade máxima do sistema} / \text{Passo}$$

$$N = 14000 / 10$$

$$N = 1400 \text{ rpm (de trabalho)}$$

10.4 - Carga Dinâmica (Ca)

$$C_a = (60 \times N \times L_h)^{1/3} \times F_a \times F_w \times 10^{-2}$$

$$C_a = (60 \times 1400 \times 25000)^{1/3} \times 80 \times 1,2 \times 10^{-2}$$

$$C_a = \sim 1229 \text{ Kgf}$$

N =	RPM no sistema
Lh =	Vida útil média (vide tabela 7.1)
Fa =	Força axial
Fw =	Fator de operação

A porca 9RFSW2510 - 2.5P atende a aplicação, uma vez que a sua carga dinâmica (Ca) é de 1720 Kgf contra a carga dinâmica de 1229 Kgf apresentada nos cálculos.



10.5 - Diâmetro do Fuso

$$D_f = ((N \times L^2) / f) \times 10^{-7}$$

$$D_f = ((1400 \times 1300^2) / 21,9) \times 10^{-7}$$

$$D_f = \sim 10,8 \text{ mm}$$

N =	RPM no sistema
L =	Comprimento entre mancais
f =	Coefficiente dependendo do tipo de montagem

10.6 - RPM Crítico

$$N = f \times (d_r / L^2) \times 10^7 \times 0,8$$

$$N = 21,9 \times (19,70 / 1300^2) \times 10^7 \times 0,8$$

$$\text{Logo: } 2042 > 1400 \text{ rpm desejado}$$

n =	Rotação máxima permissível
d_r =	Diâmetro interno do fuso (mm)
L =	Distância entre mancais de apoio (mm)
f =	Coefficiente dependendo do tipo de montagem

Obs.: O diâmetro interno (d_r) do fuso 25 x 10 passo é igual a 19,70mm

10.7 - Vida Útil (Lh)

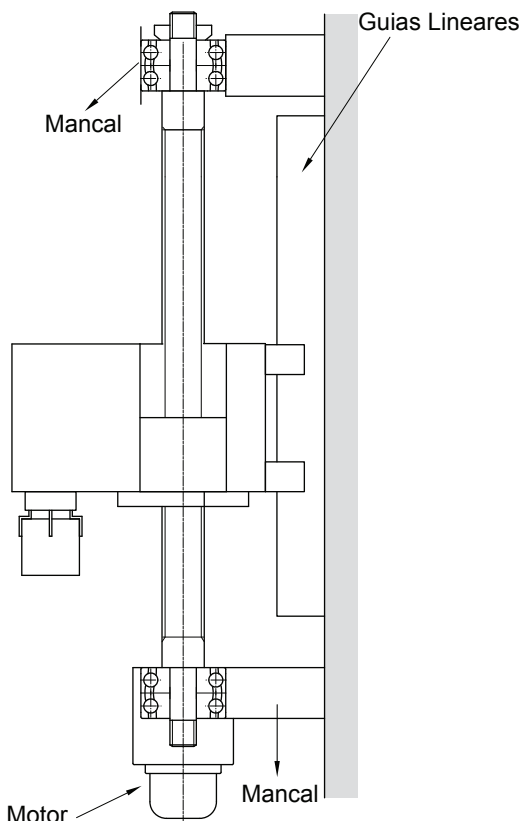
$$L_h = (C_a / (F_a \times F_w))^3 \times 10^6 \times 1 / (60 \times N)$$

$$L_h = (1720 / (80 \times 1,2))^3 \times 10^6 \times 1 / (60 \times 1400)$$

$$L_h = \sim 68.464 \text{ horas, logo } 68.464 > 25.000 \text{ horas}$$

Lh =	Vida útil em horas $L_h = L / 60.N$
Ls =	Vida útil em Km
C _a =	Capacidade de Carga dinâmica
F _a =	Força axial
N =	Velocidade em RPM
F _w =	Fator de operação

11 - EXEMPLOS DE CÁLCULOS - CONDIÇÃO VERTICAL



W1 (Massa Total)	m = 375 Kgf
Curso máximo	S = 1.500 mm
Velocidade máxima do sistema	V = 4.000 mm/min
Fator de operação	F _w = 1,2 (Peq. Vibrações)
Vida útil	L _h = 20.000 horas
Coefficiente de fricção	μ = 0,1
Rotação do sistema	N = 500 rpm
Mancalização	f = 15,1 (fixo/apoiado)

11.1 - Força Axial

$$\begin{aligned}F_a &= (m \times g) + (\mu \times m \times g) \\F_a &= (357 \times 9,8) + (0,1 \times 357 \times 9,8) \\F_a &= 3848 \\F_a &= \sim 385\text{Kgf}\end{aligned}$$

11.2 - Passo

Passo = Velocidade Máxima do Sistema (mm/min) / rotação do sistema
Passo = 4000/500 rpm
Passo = 8mm
Obs.: Como dispomos de passo 5 e 10mm, utilizaremos fuso om passo de 10mm.

11.3 - Rotação de Trabalho (N)

$$\begin{aligned}N &= \text{Velocidade Máxima do Sistema} / \text{Passo} \\N &= 4000 / 10 \\N &= 400 \text{ rpm}\end{aligned}$$

11.4 - Carga Dinâmica (Ca)

$$\begin{aligned}Ca &= (60 \times N \times Lh)^{1/3} \times Fa \times Fw \times 10^{-2} \\Ca &= (60 \times 400 \times 20000)^{1/3} \times 385 \times 1,2 \times 10^{-2} \\Ca &= \sim 3617 \text{ Kgf}\end{aligned}$$

A porca 9RFSW4010-4.OP atende a aplicação, uma vez que a sua Carga Dinâmica (Ca) é de 3930 Kgf contra a Carga Dinâmica de 3617 Kgf.

11.5 - Diâmetro do Fuso

$$\begin{aligned}Df &= ((N \times L^2) / f) \times 10^{-7} \\Df &= ((400 \times 1500^2) / 15,1) \times 10^{-7} \\df &= \sim 6\text{mm}\end{aligned}$$

11.6 - RPM Crítico

$$\begin{aligned}N &= f \times (dr / L^2) \times 10^7 \times 0,8 \\N &= 15,1 \times (34,90 / 1500^2) \times 10^7 \times 0,8 \\N &= 1873 \\Logo \ 1873 &> 400\text{rpm desejado}\end{aligned}$$

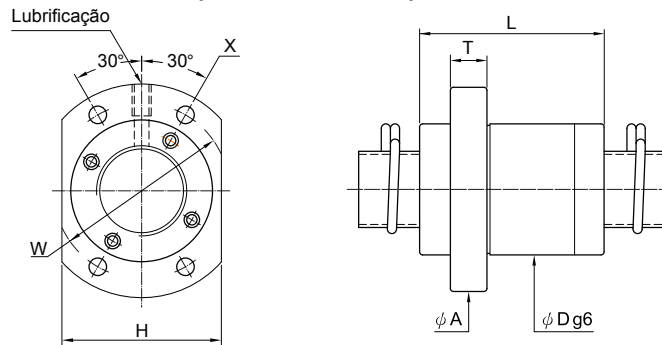
Obs.: O diâmetro interno (dr) do duso 40 x 10 passo é igual a 34,90

11.7 - Vida Útil (Lh)

$$\begin{aligned}Lh &= (Ca / (Fa \times Fw))^3 \times 10^6 \times 1 / (60 \times N) \\Lh &= (3930 / (385 \times 1,2))^3 \times 10^6 \times 1 / (60 \times 400) \\Lh &= \sim 25647 \text{ horas} \\Logo \ 25647 &> 20000 \text{ (horas)}\end{aligned}$$



12 - MODELO: FSKW PASSO LARGO (4 ENTRADAS)

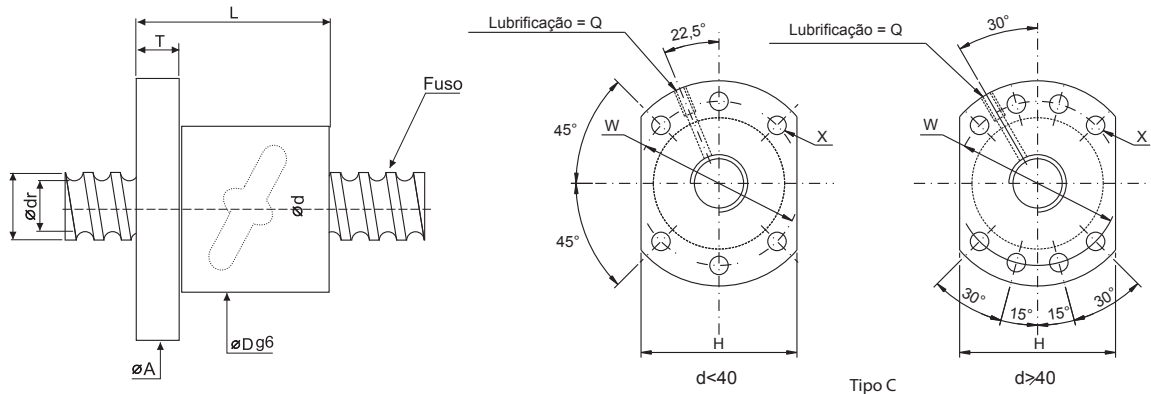


Item nº	Modelo da Porca	Diam. Fuso	Passo	Diam. Esfera	Voltas efetivas	Capacidade (Kgf)		Dimensões da porca								Fuso	
		d	i			Dinâmica*	Estática	D	L	A	T	W	X	H	Q	dr	Modelo
1	FSKW2020-3.6P	20	20	3,175	1,8 x 2	780	2280	39	52	62	10	50	5,5	46	M6x1P	17,42	4R2020B
2	FSKW2525-3.6P	25	25	3,969	1,8 x 2	1230	3570	47	62	74	12	60	6,6	56	M6x1P	21,73	4R2525C
3	FSKW2525-7.2P	25	25	3,969	1,8 x 4	2230	7140	47	62	74	12	60	6,6	56	M6x1P	21,73	4R2525C
4	FSKW3232-3.6P	32	32	4,762	1,8 x 2	1760	5500	58	78	92	15	74	9	68	M6x1P	28,23	4R3232D
5	FSKW3232-7.2P	32	32	4,762	1,8 x 4	3200	11000	58	78	92	15	74	9	68	M6x1P	28,23	4R3232D
6	FSKW4040-3.6P	40	40	6,350	1,8 x 2	2870	9170	73	95	114	17	93	11	84	M6x1P	35,05	4R4040E
7	FSKW4040-7.2P	40	40	6,350	1,8 x 4	5220	18340	73	95	114	17	93	11	84	M6x1P	35,05	4R4040E

* Carga dinâmica = 1 x 10⁶ revoluções

- Usinagem para mancalização (veja páginas 39 e 40)

13 - MODELO: RFSIN



Item nº	Modelo da Porca	Diam. Fuso	Passo	Diam. Esfera	Voltas efetivas	Capacidade (Kgf)		Dimensões da porca								Fuso	
		d	i			Dinâmica*	Estática	D	L	A	T	W	X	H	Q	dr	Modelo
1	9RFSIN1605-3.0P	16	5	3,175	3	570	1030	28	42	48	10	38	5,5	40	M6x1P	13,42	PS1605A
2	9RFSIN2005-4.0P	20	5	3,175	4	830	1890	36	50	58	12	47	5,5	44	M6x1P	17,42	PS2005A
3	9RFSIN2505-4.0P	25	5	3,175	4	940	2420	40	50	62	12	51	6,5	48	M6x1P	22,42	PS2505A
4	9RFSIN2510-4.0P	25	10	4,762	4	1560	3550	40	85	62	12	51	6,5	48	M6x1P	19,70	PS2510A
5	9RFSIN3205-4.0P	32	5	3,175	4	1050	3390	50	50	80	12	65	9	62	M6x1P	29,42	PS3205A
6	9RFSIN3210-4.0P	32	10	6,35	4	2510	5880	50	80	80	13	65	9	62	M6x1P	26,90	PS3210A
7	9RFSIN4005-4.0P	40	5	3,175	4	1180	4390	63	54	93	15	78	9	70	M8x1P	37,42	PS4005A
8	9RFSIN4010-4.0P	40	10	6,35	4	2430	7860	63	82	93	15	78	9	70	M8x1P	34,90	PS4010A
9	9RFSIN5010-4.0P	50	10	6,35	4	2770	10290	75	88	110	18	93	11	85	M8x1P	44,80	PS5010A
10	9RFSIN5010-6.0P	50	10	6,35	6	3920	15440	75	106	110	18	93	11	85	M8x1P	44,80	PS5010A

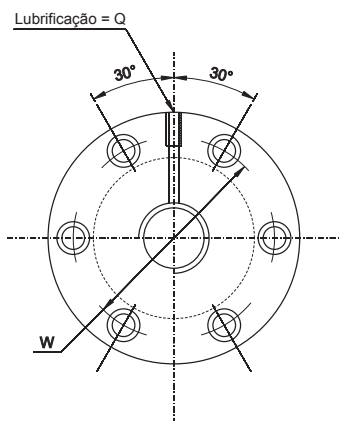
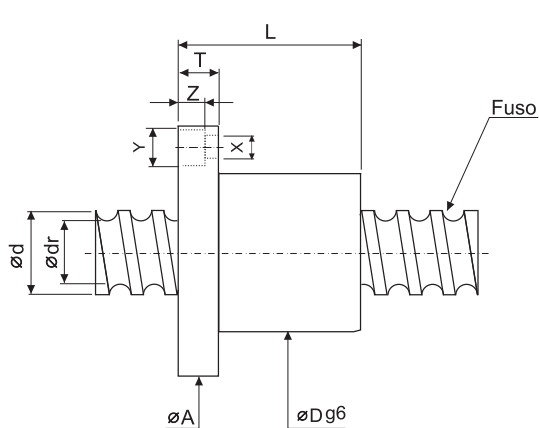
* Carga dinâmica = 1 x 10⁶ revoluções

- Usinagem para mancalização (veja páginas 39 e 40)

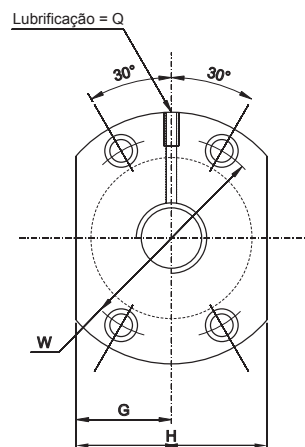


OBR Equipamentos Industriais Ltda

14 - MODELO: RFSI



*Tipo A



*Tipo C

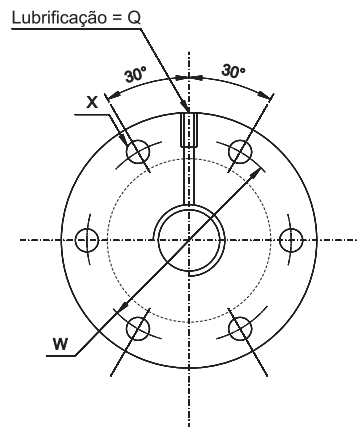
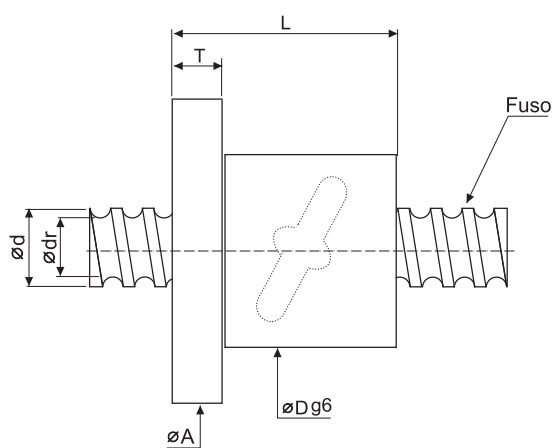
Item nº	Modelo da Porca	Diam. Fuso	Passo	Diam. Esfera	Voltas efetivas	Capacidade (Kgf)		Dimensões da porca												Fuso	
		d	i			Dinâmica*	Estática	D	L	A	T	W	X	Y	Z	H	G	Q	dr	Modelo	
1	9RFSI2005-40P	20	5	3175	4	830	1890	34	53	57	12	45	5,5	9,5	5,5	40	20	M6x1	17,42	PS2005A	
2	9RFSI2505-4.0P	25	5	3175	4	940	2420	40	53	63,5	12	51	5,5	9,5	5,5	44	22	M8x1	22,42	PS2505A	
3	9RFSI3205-4.0P	32	5	3175	4	1050	3390	48	53	73,5	12	60	6,6	11	6,5	60	30	M8x1	29,42	PS3205A	
4	9RFSI3210-4.0P	32	10	6350	4	2510	5880	54	90	88	16	70	9	14	8,5	68	34	M8x1	26,90	PS3210A	
5	9RFSI4005-4.0P	40	5	3175	4	1180	4390	55	56	89	16	72	9	14	8,5	58	29	M8x1	37,42	PS4005A	
6	9RFSI4010-4.0P	40	10	6350	4	2630	7860	64	93	106	18	84	11	17,5	11	86	43	M8x1	34,90	PS4010A	
7	9RFSI5010-4.0P	50	10	6350	4	2770	10290	74	93	116	18	94	11	17,5	11	84	42	M8x1	44,80	PS5010A	

* Carga dinâmica = 1×10^6 revoluções

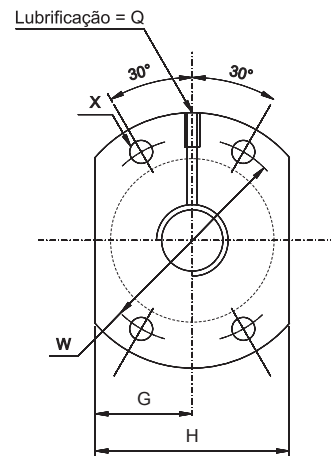
- Usinagem para mancalização (veja páginas 39 e 40)



15 - MODELO: RF5B



*Tipo A

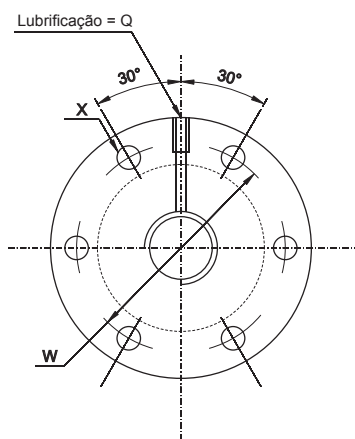
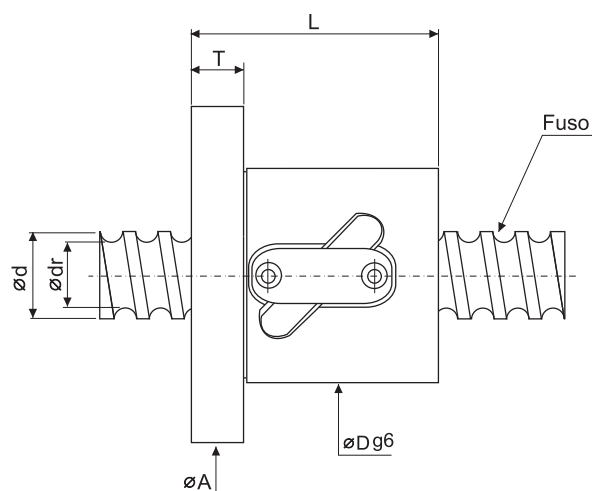


*Tipo C

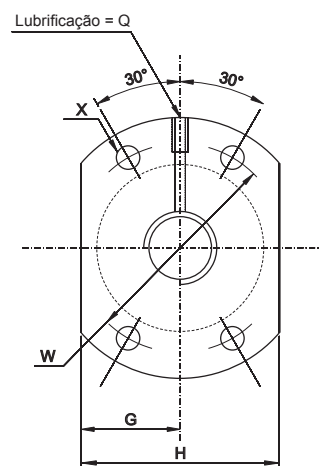
Item nº	Modelo da Porca	Diam. Fuso	Passo	Diam. Esfera	Voltas efetivas	Capacidade (Kgf)		Dimensões da porca								Fuso		
		d	i			Dinâmica*	Estática	D	L	A	T	W	H	G	X	Q	dr	Modelo
1	9RFSB1405-2.5P	14	5	3175	2,5x1	515	990	32	40	50	10	40	38	19	4,5	M6x1	11,42	PS1405A
2	9RFSB1605-2.5P	16	5	3175	2,5x1	570	1130	34	40	54	10	44	40	20	4,5	M6x1	13,42	PS1605A
3	9RFSB2005-2.5P	20	5	3175	2,5x1	620	1450	40	40	59	10	50	46	23	4,5	M6x1	17,42	PS2005A
4	9RFSB2505-2.5P	25	5	3175	2,5x1	720	1830	43	40	67	10	55	50	25	4,5	M6x1	22,42	PS2505A

* Carga dinâmica = 1 x 10⁶ revoluções
- Usinagem para mancalização (veja páginas 39 e 40)

16 - MODELO: RFSW



*Tipo A



*Tipo C

Item nº	Modelo da Porca	Diam. Fuso	Passo	Diam. Esfera	Voltas efetivas	Capacidade (Kgf)		Dimensões da porca								Fuso		
		d				i	Dinâmica*	Estática	D	L	A	T	W	H	G	X	Q	dr
1	RFSW2010-2.5P	20	10	4762	2.5x1	1100	2200	52	61	82	12	67	64	32	6,6	M6x1	16,00	PS2010A
2	RFSW2510-2.5P	25	10	6350	2.5x1	1720	3590	60	69	96	15	78	72	36	9	M6x1	19,70	PS2510A
3	RFSW22510-5.0P	25	10	6350	2.5x2	3200	7170	60	97	96	15	78	72	36	9	M6x1	19,70	PS2510A
4	RFSW3210-2.5P	32	10	6350	2.5x1	1930	4680	67	69	103	15	85	78	39	9	M6x1	26,90	PS3210A
5	RFSW3210-5.0P	32	10	6350	2.5x2	3130	9410	67	97	103	15	85	78	39	9	M6x1	26,90	PS3210A
6	RFSW4010-5.0P	40	10	6350	2.5x1	3520	12000	76	100	116	18	96	88	44	11	M6x1	34,90	PS4010A
7	RFSW5010-7.0P	50	10	6350	3.5x2	4940	21000	88	126	128	18	108	100	50	11	M6x1	44,80	PS5010A

* Carga dinâmica = 1 x 10⁶ revoluções
- Usinagem para mancalização (veja páginas 39 e 40)