



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.

2 - CARGA DINÂMICA (C_d)

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 10^6 revoluções.

3 - CARGA ESTÁTICA (C_e)

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

4 - CARGA AXIAL PERMITIDA

$$F_{\text{máx}} = C_e / F_s$$

Fa = Carga Axial

Ce = 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 (V_{uh})

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

L	vida útil em revoluções
V_{uh}	vida útil em horas
V_{uk}	vida útil em Km
C_d	capacidade da carga dinâmica (Kgf)

F_a	força axial (Kgf)
n	velocidade em RPM
p	passo (mm)
F_o	fator de operação (veja tabela 1.0 pg. 33)

$$L = (C_d / (F_a \times F_o))^2 \times 10^6$$

$$V_{uh} = L / 60n$$

$$V_{uk} = L \times p / 10^6$$

6.1 Vida Útil Média

Centros de Usinagem	20.000h
Máquinas de Produção	10.000h

Máquinas de Controle Automáticas	15.000h
Dispositivos e outros Equipamentos	5.000h

Obs.: Tabela referencial p/ fadiga



7 - FATOR DE OPERAÇÃO (Fo)

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 1.0

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

Tabela 2.0

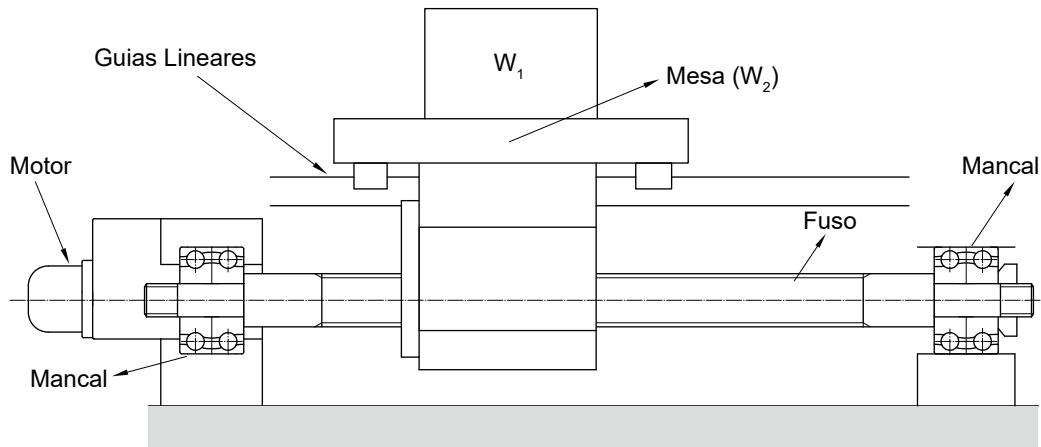
Para rotação máxima também pode ser considerado o seguinte limite:

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

A fórmula (dm x 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



W1 + W2 (Massa Total)	m = 800 Kgf
Curso máximo	S = 1.300 mm
Velocidade máxima do sistema	V = 14.000 mm/min
Fator de operação	Fo = 1,2 (Peq. Vibrações)

Vida útil	Vuh = 25.000 horas
Coeficiente de fricção	$\mu = 0,1$
Rotação de trabalho	N = 2.000 rpm
Mancalização	f = 21,9 (fixo/fixo)

10.1 - Força de Axial (arraste) (Fa)

$$Fa = m \times \mu$$

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

10.2 - Passo (P)

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

$$\text{Passo} = 14.000 / 2.000 \text{ rpm}$$

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

Obs.: Como dispomos de passo 5 a 10mm, utilizaremos fusos com passo de 10mm.

10.3 - Rotação de Trabalho (N)

$$N = \text{Velocidade máxima do sistema} / \text{Passo (N} = V/P)$$

$$N = 14.000 / 10$$

$$N = 1.400 \text{ rpm (de trabalho)}$$

10.4 - Carga Dinâmica (Cd)

$$Cd = (60 \times N \times Vuh)^{1/3} \times Fa \times Fw \times 10^{-2}$$

$$Cd = (60 \times 1.400 \times 25.000)^{1/3} \times 80 \times 1,2 \times 10^{-2}$$

$$Cd = \sim 1.229 \text{ kgf}$$

N =	RPM de trabalho
Vuh =	Vida útil média
Fa =	Força axial
Fw =	Fator de operação

A porca RFSD2510-4 atende a aplicação, uma vez que a sua carga dinâmica (Cd) é de 1.994 kgf contra a carga dinâmica de 1.229 kgf apresentada nos cálculos.



10.5 - Diâmetro do Fuso (Df)

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

$$Df = ((1.400 \times 1.300^2) / 21,9) \times 10^{-7}$$

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

10.6 - RPM Crítico (Nct)

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

$$Nct = 21,9 \times (21,00 / 1.300^2) \times 10^7 \times 0,8 = 2.177$$

$$\text{Logo: } 2.177 > 1.400 \text{ rpm desejado}$$

Obs.: O diâmetro interno (dr) do fuso 25 x 10 passo é igual a 21,00mm.

N =	RPM de trabalho
f =	Coefficiente dependendo do tipo de montagem (tabela 2 pg. 33)
dr =	Diâmetro interno do fuso (mm)
L =	Distância entre mancais de apoio (mm)
Vuh =	Vida útil em horas $L_h = L / 60.N$
Cd =	Capacidade de Carga dinâmica
Fa =	Força axial
Fo =	Fator de operação

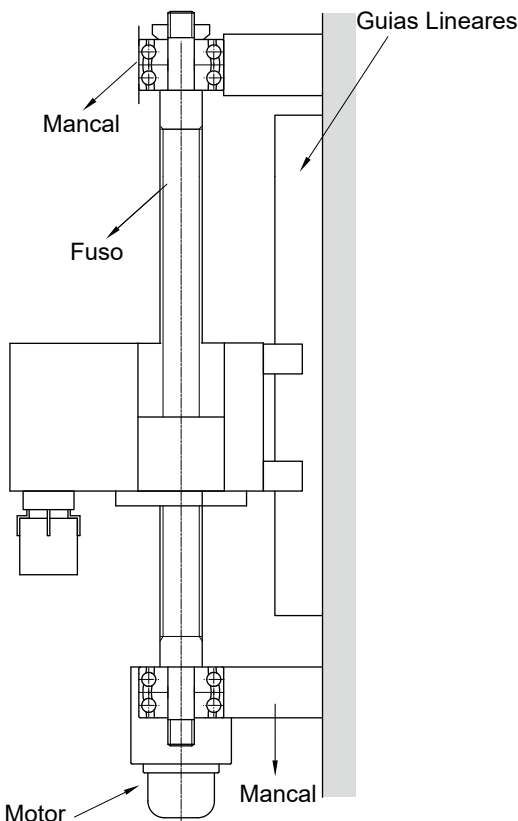
10.7 - Vida Útil (Vuh)

$$Vuh = (Cd / (Fa \times Fo))^3 \times 10^6 \times 1 / (60 \times N)$$

$$Vuh = (1.720 / (80 \times 1,2))^3 \times 10^6 \times 1 / (60 \times 1.400)$$

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

11 - EXEMPLOS DE CÁLCULOS - CONDIÇÃO VERTICAL



W1 (Massa Total)	m = 357 Kgf
Curso máximo	S = 1.500 mm
Velocidade máxima do sistema	V = 4.000 mm/min
Fator de operação	Fo = 1,2 (Peq. Vibrações)
Vida útil	Vuh = 20.000 horas
Coefficiente de fricção	$\mu = 0,01$
Rotação de trabalho	N = 500 rpm
Mancalização	f = 15,1 (fixo/apoiado)

11.1 - Força Axial

$$\begin{aligned}F_a &= (m \times g) + (\mu \times m \times g) \\F_a &= (357 \times 9,8) + (0,01 \times 357 \times 9,8) \\F_a &= 3.533 \text{ N} \\F_a &= \sim 360 \text{ kgf}\end{aligned}$$

11.2 - Passo

$$\begin{aligned}\text{Passo} &= \text{Velocidade Máxima do Sistema (mm/min) / rotação de trabalho (} P = V/N \text{)} \\ \text{Passo} &= 4.000 / 500 \text{ rpm} \\ \text{Passo} &= 8\text{mm} \\ \text{Obs.:} & \text{ Como dispomos de passo 5 e 10mm, utilizaremos fuso com passo de 10mm.}\end{aligned}$$

11.3 - Rotação de Trabalho (N)

$$\begin{aligned}N &= \text{Velocidade Máxima de trabalho / Passo (} N = V/P \text{)} \\ N &= 4.000 / 10 \\ N &= 400 \text{ rpm}\end{aligned}$$

11.4 - Carga Dinâmica (Cd)

$$\begin{aligned}C_d &= (60 \times N \times V_{uh})^{1/3} \times F_a \times F_o \times 10^{-2} \\ C_d &= (60 \times 400 \times 20.000)^{1/3} \times 360 \times 1,2 \times 10^{-2} \\ C_d &= \sim 3.382 \text{ kgf}\end{aligned}$$

A porca RFSW4010-5.0P atende a aplicação, uma vez que a sua Carga Dinâmica (Cd) é de 3.520 kgf contra a Carga Dinâmica de 3.382 kgf.

11.5 - Diâmetro do Fuso (Df)

$$\begin{aligned}D_f &= ((N \times L^2) / f) \times 10^{-7} \\ D_f &= ((400 \times 1.500^2) / 15,1) \times 10^{-7} \\ D_f &= \sim 6\text{mm}\end{aligned}$$

11.6 - RPM Crítico (Nct)

$$\begin{aligned}N_{ct} &= f \times (d_r / L^2) \times 10^7 \times 0,8 \\ N_{ct} &= 15,1 \times (34,90 / 1.500^2) \times 10^7 \times 0,8 = 2.177 \\ N_{ct} &= 1.873 \\ \text{Logo: } & 1.873 > 400 \text{ rpm desejado}\end{aligned}$$

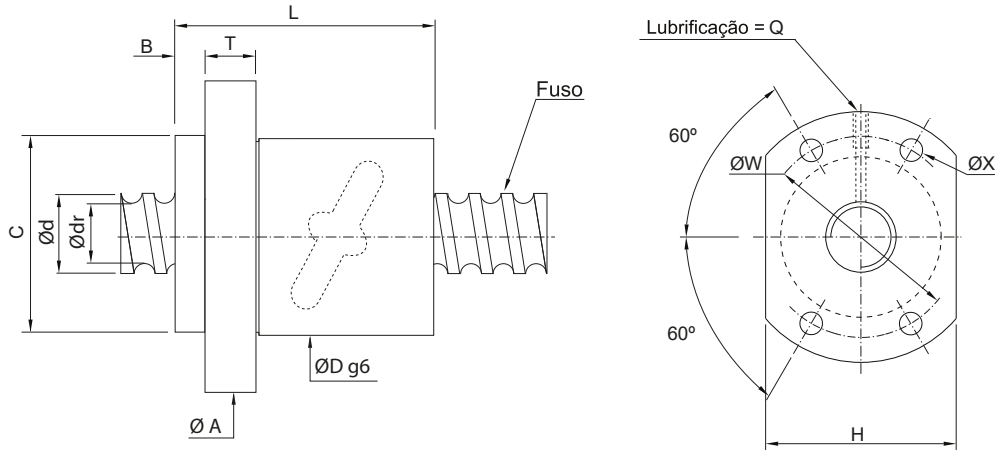
Obs.: O diâmetro interno (dr) do fuso 40 x 10 passo é de 34,90mm

11.7 - Vida Útil (Vuh)

$$\begin{aligned}V_{uh} &= (C_d / (F_a \times F_o))^3 \times 10^6 \times 1 / (60 \times N) \\ V_{uh} &= (3.520 / (360 \times 1,2))^3 \times 10^6 \times 1 / (60 \times 400) \\ V_{uh} &= \sim 22.540 \text{ horas} \\ \text{Logo } & 22.540 > 20.000 \text{ horas}\end{aligned}$$



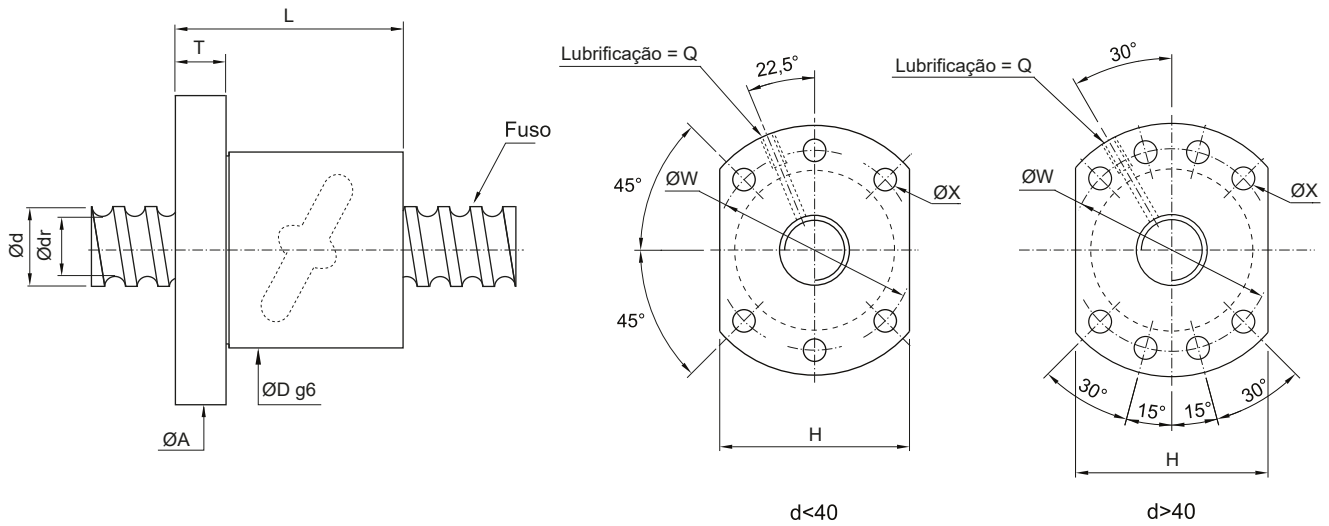
13 - MODELOS: OBR-RSFE



Modelo da Porca	Diam. Fuso	Passo	Diam. Esfera	Voltas Efetivas	Capacidade (Kgf)		Dimensões da porca										Fuso		
	d	l			Dinâmica	Estática	A	B	C	D	E	H	L	Q	T	X	W	dr	Modelo
OBR-RSFE-2020-A2	20	20	3,175	3	980	2140	62	11,5	39	39	11,5	41	55	M6X1P	10	4 X 5,5	50	18,2	SFE-R2020
OBR-RSFE-2525-A2	25	25	3,969	3	1470	3350	74	13	47	47	13	49	57	M6X1P	12	4 X 6,7	60	22,8	SFE-R2525
OBR-RSFE-3232-A2	32	32	4,762	3	2140	5260	92	16	58	58	16	60	82	M6X1P	12	4 X 9	74	28,8	SFE-R3232
OBR-RSFE-4040-A2	40	40	6,35	3	3410	8820	114	19	73	73	19	75	100	M6X1P	15	4 X 11	93	35,60	SFE-R4040
OBR-RSFE-5050-A2	50	50	7,93	4	4590	12420	135	21,5	90	90	21,5	92	125	M6X1P	20	4 X 14	112	44,4	SFE-R5050



14 - MODELOS: OBR-RSFD

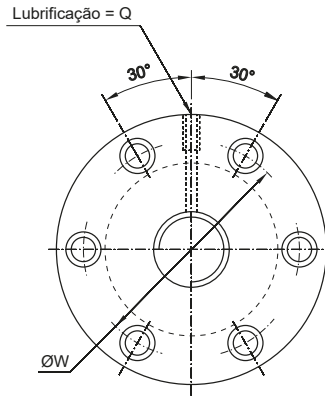
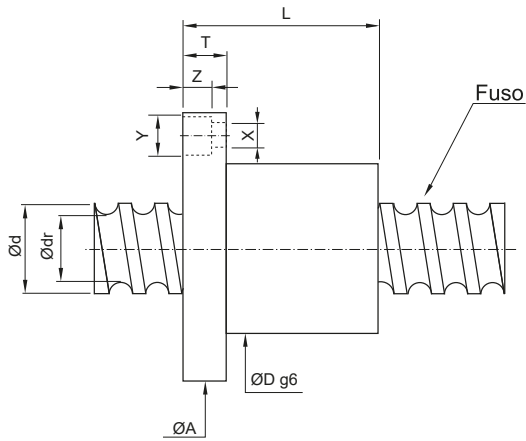


Modelo da Porca	Diam. Fuso d	Passo l	Diam. Esfera	Volts Efetivas	Capacidade (Kgf)		Dimensões da porca							
					Dinâmica*	Estática	D	L	A	T	W	X	H	Q
OBR-RSFD-1605-4	16	5	3,175	4	780	1790	28	50	48	10	38	5,5	40	M6x1P
OBR-RFSD-1610-3	16	10	3,175	3	721	1249	28	57	48	10	38	5,5	40	M6x1P
OBR-RSFD-2005-4	20	5	3,175	4	1130	2380	36	51	58	10	47	6,6	44	M6x1P
OBR-RSFS-2010-3.8	20	10	3,175	3.8	996	2296	36	60	58	10	47	6,6	44	M6x1P
OBR-RSFD-2505-4	25	5	3,175	4	1280	3110	40	51	62	10	51	6,6	48	M6x1P
OBR-RSFD-2510-4	25	10	4,762	4	1944	3877	40	85	62	12	51	6,6	48	M6x1P
OBR-RSFD-3205-4	32	5	3,175	4	1450	4150	50	52	80	12	65	9	62	M6x1P
OBR-RSFD-3210-4	32	10	6,35	4	3390	7170	50	90	80	12	65	9	62	M6x1P
OBR-RSFD-4005-4	40	5	3,175	4	1610	5330	63	55	93	14	78	9	70	M8x1P
OBR-RSFD-4010-4	40	10	6,35	4	3910	9520	63	93	93	14	78	9	70	M8x1P
OBR-RSFD-5010-4	50	10	6,35	4	4450	12500	75	93	110	16	93	11	85	M8x1P

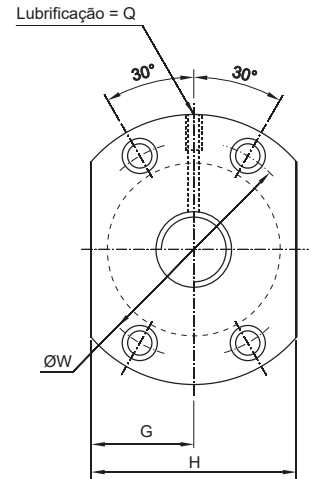
* Carga dinâmica = 1×10^6 revoluções



15 - MODELO: RFSI



*Tipo A



*Tipo C

EXEMPLO DE PEDIDO:

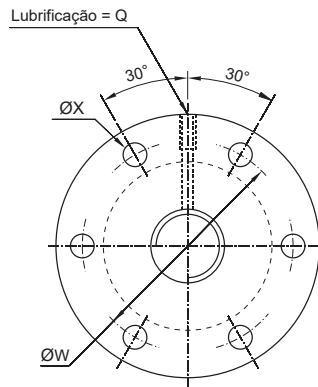
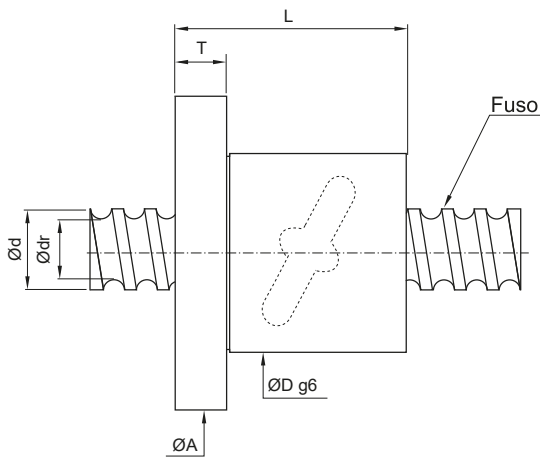
RFSI3210-4.OP - C

Modelo _____
 Tipo de flange _____

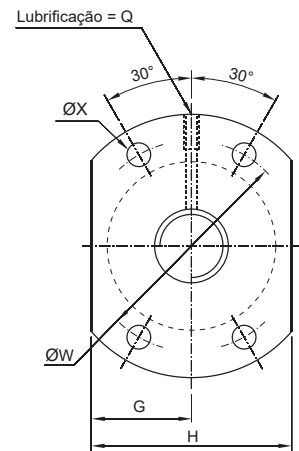
Item nº	Modelo da Porca	Diam. Fuso	Passo	Diam. Esfera	Voltas efetivas	Capacidade (Kgf)		Dimensões da porca										Fuso		
		d	i			Dinâmica*	Estática	D	L	A	T	W	X	Y	Z	H	G	Q	dr	Modelo
1	RFSI2005-40P	20	5	3,175	4	830	1890	34	53	57	12	45	5,5	9,5	5,5	40	20	M6x1	17,42	PS2005A
2	RFSI2505-4.OP	25	5	3,175	4	940	2420	40	53	63,5	12	51	5,5	9,5	5,5	44	22	M8x1	22,42	PS2505A
3	RFSI3205-4.OP	32	5	3,175	4	1050	3390	48	53	73,5	12	60	6,6	11	6,5	60	30	M8x1	29,42	PS3205A
4	RFSI3210-4.OP	32	10	6,350	4	2510	5880	54	90	88	16	70	9	14	8,5	68	34	M8x1	26,90	PS3210A
5	RFSI4005-4.OP	40	5	3,175	4	1180	4390	55	56	89	16	72	9	14	8,5	58	29	M8x1	37,42	PS4005A
6	RFSI4010-4.OP	40	10	6,350	4	2630	7860	64	93	106	18	84	11	17,5	11	86	43	M8x1	34,90	PS4010A
7	RFSI5010-4.OP	50	10	6,350	4	2770	10290	74	93	116	18	94	11	17,5	11	84	42	M8x1	44,80	PS5010A

* Carga dinâmica = 1 x 10⁶ revoluções

16 - MODELOS: RFSB e RFSW



*Tipo A



*Tipo C

EXEMPLO DE PEDIDO:

RFSB2005-2.5-P - A

Modelo _____

Tipo de flange _____

MODELO RFSB

Item nº	Modelo da Porca	Diam. Fuso d	Passo i	Diam. Esfera	Voltas efetivas	Capacidade (Kgf)		Dimensões da porca								Fuso		
						Dinâmica*	Estática	D	L	A	T	W	H	G	X	Q	dr	Modelo
1	RFSB1405-2.5P	14	5	3,175	2,5x1	515	990	32	40	50	10	40	38	19	4,5	M6x1	11,42	PS1405A
2	RFSB1605-2.5P	16	5	3,175	2,5x1	570	1130	34	40	54	10	44	40	20	4,5	M6x1	13,42	PS1605A
3	RFSB2005-2.5P	20	5	3,175	2,5x1	620	1450	40	40	59	10	50	46	23	4,5	M6x1	17,42	PS2005A
4	RFSB2505-2.5P	25	5	3,175	2,5x1	720	1830	43	40	67	10	55	50	25	4,5	M6x1	22,42	PS2505A

* Carga dinâmica = 1 x 10⁶ revoluções

MODELO RFSW

Item nº	Modelo da Porca	Diam. Fuso d	Passo i	Diam. Esfera	Voltas efetivas	Capacidade (Kgf)		Dimensões da porca								Fuso		
						Dinâmica*	Estática	D	L	A	T	W	H	G	X	Q	dr	Modelo
1	RFSW2010-2.5P	20	10	4,762	2,5x1	1100	2200	52	61	82	12	67	64	32	6,6	M6x1	16,00	PS2010A
2	RFSW2510-2.5P	25	10	6,350	2,5x1	1720	3590	60	69	96	15	78	72	36	9	M6x1	19,70	PS2510A
3	RFSW2510-5.0P	25	10	6,350	2,5x2	3200	7170	60	97	96	15	78	72	36	9	M6x1	19,70	PS2510A
4	RFSW3210-2.5P	32	10	6,350	2,5x1	1930	4680	67	69	103	15	85	78	39	9	M6x1	26,90	PS3210A
5	RFSW3210-5.0P	32	10	6,350	2,5x2	3130	9410	67	97	103	15	85	78	39	9	M6x1	26,90	PS3210A
6	RFSW4010-5.0P	40	10	6,350	2,5x1	3520	12000	76	100	116	18	96	88	44	11	M6x1	34,90	PS4010A
7	RFSW5010-7.0P	50	10	6,350	3,5x2	4940	21000	88	126	128	18	108	100	50	11	M6x1	44,80	PS5010A

* Carga dinâmica = 1 x 10⁶ revoluções

