

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 (Cd)

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 (Ce)

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 (Vuh)

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
Vuh	vida útil em horas
Vuk	vida útil em Km
Cd	capacidade da carga dinâmica (Kgf)

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

$$L = (Cd / (Fa \times Fo))^2 \times 10^6$$

$$Vuh = L / 60n$$

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

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

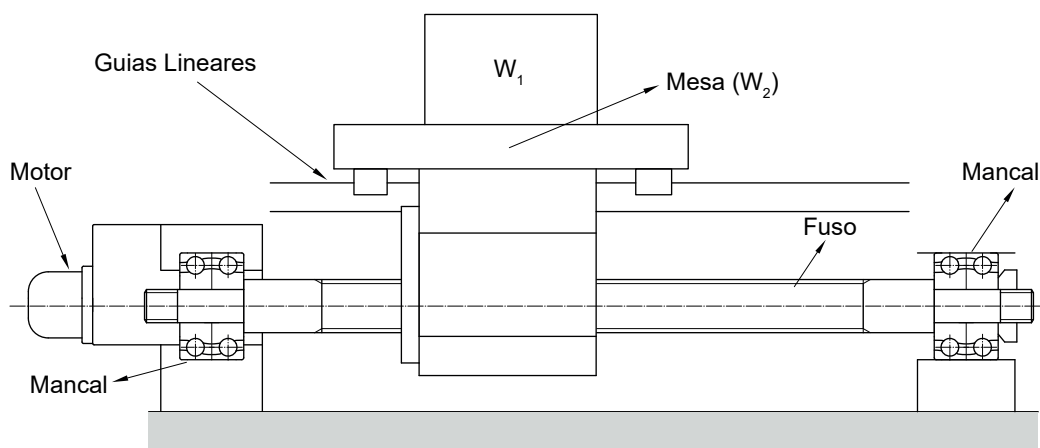
Para rotação máxima também pode ser considerado o seguinte limite:

- 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
Coefficiente 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)

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

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

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

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

10.3 - Rotação de Trabalho (N)

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

$$N = 14000 / 10$$

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

10.4 - Carga Dinâmica (Cd)

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

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

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

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 1994 Kgf contra a carga dinâmica de 1229 Kgf apresentada nos cálculos.



10.5 - Diâmetro do Fuso (Df)

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

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

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

10.6 - RPM Crítico (Nct)

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

$$Nct = 21,9 \times (21,00 / 1300^2) \times 10^7 \times 0,8 = 2177$$

Logo: 2177 > 1400 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 Lh = L / 60.N
Cd =	Capacidade de Carga dinâmica
Fa =	Força axial
Fo =	Fator de operação

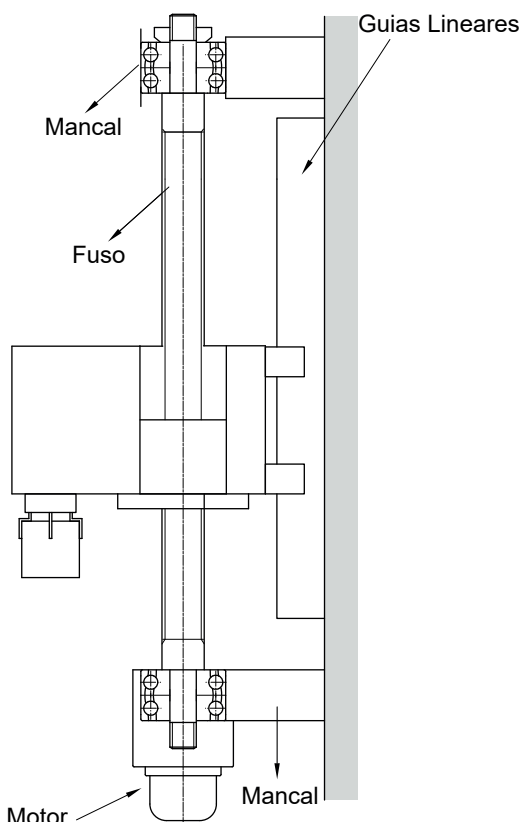
10.7 - Vida Útil (Vuh)

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

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

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

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

$$Fa = (m \times g) + (\mu \times m \times g)$$
$$Fa = (357 \times 9,8) + (0,01 \times 357 \times 9,8)$$
$$Fa = 3533N$$
$$Fa = \sim 360Kgf$$

11.2 - Passo

$$\text{Passo} = \text{Velocidade Máxima do Sistema (mm/min)} / \text{rotação de trabalho (P= V/N)}$$
$$\text{Passo} = 4000/500 \text{ rpm}$$
$$\text{Passo} = 8\text{mm}$$

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

11.3 - Rotação de Trabalho (N)

$$N = \text{Velocidade Máxima de trabalho} / \text{Passo (N= V/P)}$$
$$N = 4000 / 10$$
$$N = 400 \text{ rpm}$$

11.4 - Carga Dinâmica (Cd)

$$Cd = (60 \times N \times Vuh)^{1/3} \times Fa \times Fo \times 10^{-2}$$
$$Cd = (60 \times 400 \times 20000)^{1/3} \times 360 \times 1,2 \times 10^{-2}$$
$$Cd = \sim 3382 \text{ Kgf}$$

A porca RFSW4010-5.0P atende a aplicação, uma vez que a sua Carga Dinâmica (Cd) é de 3520 Kgf contra a Carga Dinâmica de 3382 Kgf.

11.5 - Diâmetro do Fuso (Df)

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

11.6 - RPM Crítico (Nct)

$$Nct = f_x (dr / L^2) \times 10^7 \times 0,8$$
$$Nct = 15,1 \times (34,90 / 1500^2) \times 10^7 \times 0,8$$
$$Nct = 1873$$

Logo 1873 > 400rpm desejado

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

11.7 - Vida Útil (Vuh)

$$Vuh = (Cd / (Fa \times Fo))^3 \times 10^6 \times 1 / (60 \times N)$$
$$Vuh = (3520 / (360 \times 1,2))^3 \times 10^6 \times 1 / (60 \times 400)$$
$$Vuh = \sim 22540 \text{ horas}$$

Logo 22540 > 20000 (horas)

