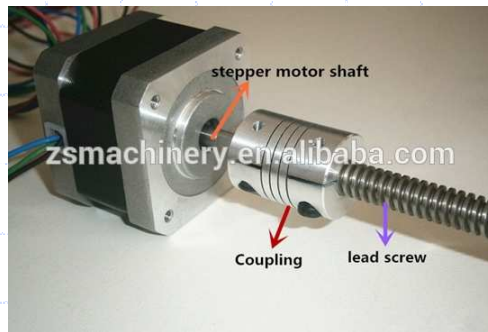


SEM 0563 – Projeto Mecânico

Aula 8 – Acessórios de eixo-árvore (uniões eixo-eixo)

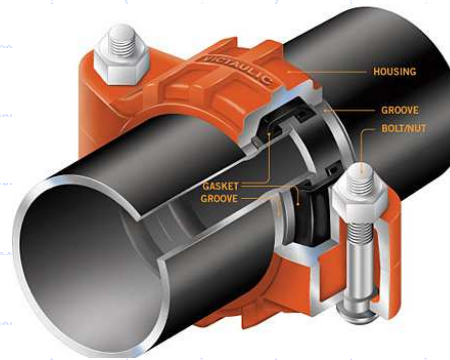
São Carlos, abril e 2019

A. Inserção no sistema de transmissão



Exemplo de especificações:

Shaft usage: 8mm X 8mm
 Length: 30mm
 Diameter: 25mm
 Sleeve Material: Polyurethane
 Body Material: Aluminum Alloy
 Rated Torque: 3N.m
 Max. Torque: 5N.m
 Eccentricity Error: $\pm 0.2\text{mm}$
 Shaft Angel: $\leq 1^\circ$
 Max. Rotation(RPM): 10000



RULAND
Carefully Made Shaft Collars and Couplings

Backlash-Free Couplings



Oldham couplings are available in inch and metric bore sizes from 1/8" to 1-1/8" (3mm to 30mm)



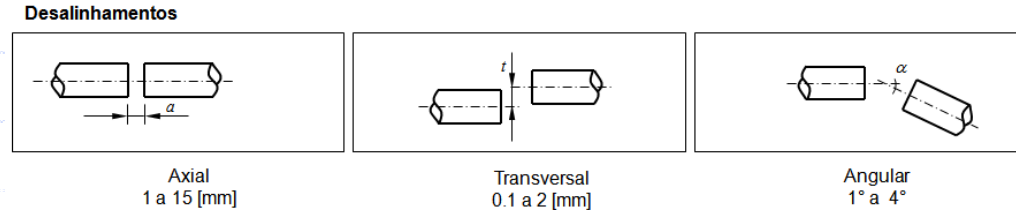
http://www.abssac.co.uk/c/Schmidt+Couplings/7/#.WS8_wsa1vIU

<http://www.design-engineering.com/products/shaft-coupling/>

1. Uniões eixo-eixo: definições

❑ **Uniões eixo-eixo ou articulações anti-giratórias:** unir pontas de eixos (normalmente em rotação) de sistemas acionados e acionadores.

- ✓ **Acoplamentos rígidos:** unir pontas de eixo, que exigem alinhamento sem tolerâncias (desvios);
- ✓ **Acoplamentos de compensação (flexíveis),** em sistemas que requerem compensação elástica ou articulada;

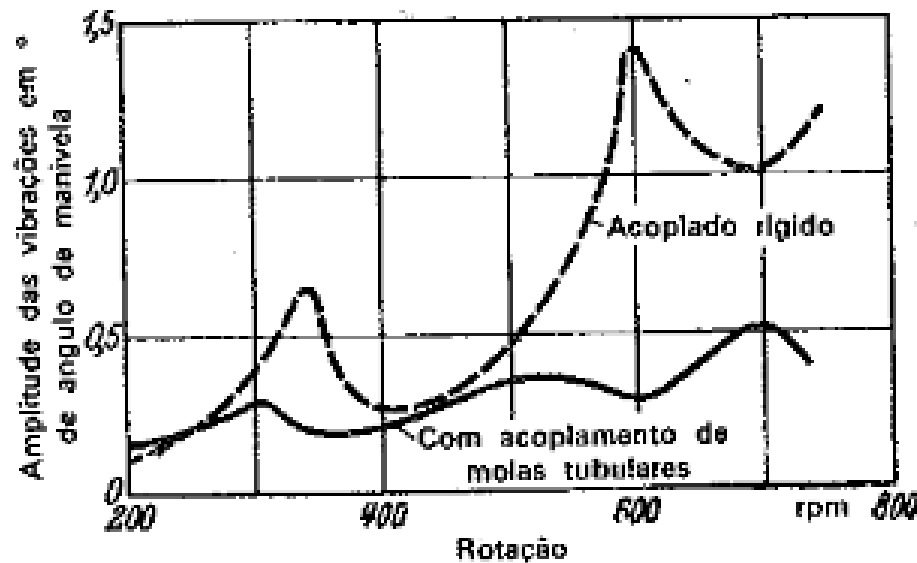


✓ **Acoplamentos de engate:**

- ✓ Engate de “força”: embreagens de atrito;
- ✓ Engate de “forma”: engates de engrenagens.

1. Uniões eixo-eixo: definições

- Sobrecarga nos mancais
- Sobrecarga nos eixos
- Flechas pronunciadas
- Vibrações excessivas
- Momento de torção variável (fadiga de fretagem)



Fonte: Niemann (1971), v. II

2) Classificação das uniões eixo-eixo

✓ Acoplamentos rígidos

a. Engrenamento plano (“Hirth”): dentes radiais para transmissão de momento de torção (tensões de cisalhamento e flexão, devido ao perfil roscado).

- ✓ Menor tamanho de acoplamentos desengatáveis.
- ✓ Pretensão por meio de fixação por parafusos.

$$\tau_t = \frac{M_t}{W_t} \leq \tau_{adm}$$

$$W_t = \frac{\pi D^3}{16} \left(1 - \left(\frac{d}{D} \right)^4 \right)$$

Momento de torção	aço C	aço Cr-Ni aço Cr-Mo
sem (	335	435
com (	185	260
com 60°	130	185

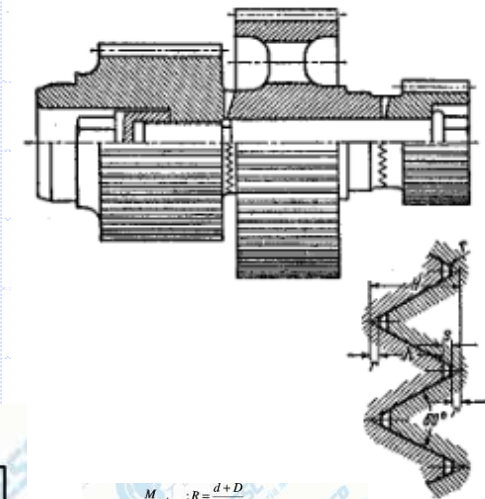
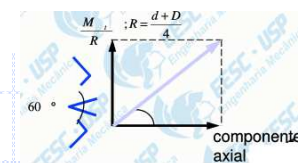


TABELA 19.2 – Dimensões para o engrenamento “Hirth”, segundo a Fig. 19.2.

Número de dentes	z =	12	24	48	96
H =		0,2260 D	0,1130 D	0,0566 D	0,0283 D
r =		0,3	0,6	0,9 mm	a escolher
s =		0,4	0,6	0,9 mm	
h =			H - (2r + s)		

Protensão axial necessária :

$$P_a = \frac{M_t}{R} 2 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ$$



Fonte: Niemann (1971), v. II

2) Classificação das uniões eixo-eixo

✓ Acoplamentos rígidos

- b. Engrenamento por flanges:** podem ser forjadas diretamente sobre as pontas dos eixos, soldados ou montadas a quente em pó de carborundun.

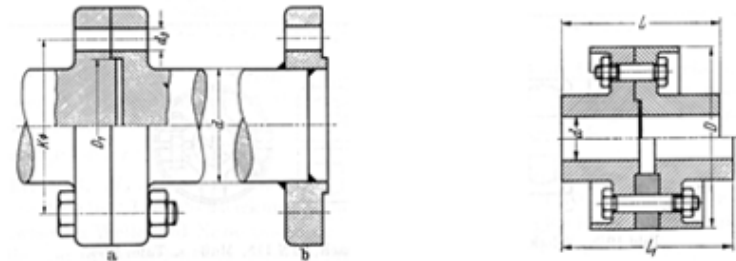


TABELA 19.3 – Flanges de acoplamento forjadas no eixo, segundo DIN 760 (agosto de 1937), (Fig. 19.3). Dimensões em mm.

Diâmetro do eixo d	35	45	55	70	80	90	110	130	150	170	190	210
Diâmetro de centragem D_1	50	60	75	95	95	125	150	150	195	195	240	240
Diâmetro do círculo dos furos K	70	85	100	125	140	160	190	215	240	265	290	315
Diâmetro dos furos d_3	11	14	16	18	20	22	25	32	35	40	40	45
Número de parafusos	4	4	4	6	6	6	6	6	6	8	8	8

$$P_p = \frac{2M_t}{D_k \cdot n_p \cdot \mu}$$

n_p : número de parafusos
 D_k : Diâmetro relativo à posição dos parafusos

$$\mu = 0,25$$

Fonte: Niemann (1971), v. II

2) Classificação das uniões eixo-eixo

Acoplamentos rígidos

A) Tabela – Resistência de prova de parafusos Métricos (ISO)

Class Number	Size Range Outside Diameter (mm)	Minimum Proof Strength (MPa)	Minimum Yield Strength (MPa)	Minimum Tensile Strength (MPa)	Material
4.6	M5–M36	225	240	400	low or medium carbon
4.8	M1.6–M16	310	340	420	low or medium carbon
5.8	M5–M24	380	420	520	low or medium carbon
8.8	M3–M36	600	660	830	medium carbon, Q&T
9.8	M1.6–M16	650	720	900	medium carbon, Q&T
10.9	M5–M36	830	940	1 040	low-carbon martensite, C
12.9	M1.6–M36	970	1 100	1 220	alloy, quenched & tempe

Table 14-7
Metric Specifications and Strengths for Steel Bolts.

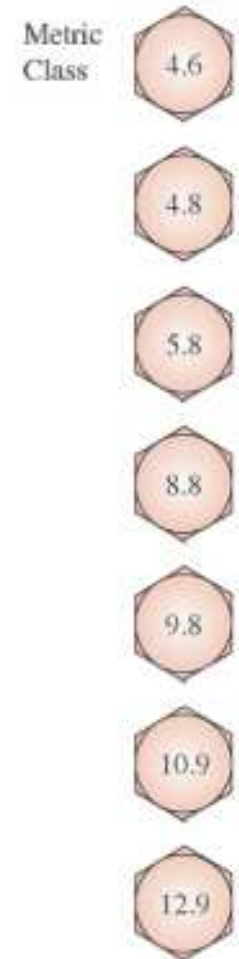


Figure 14-20
Head Marks—Metric Bolts.

Fonte: Norton (2000) - pág. 778 e 779)

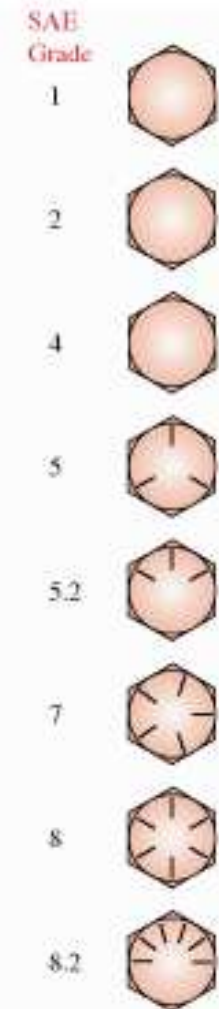
2) Classificação das uniões eixo-eixo

Acoplamentos rígidos

b) Tabela – Resistência de prova de parafusos Sistema Unificado (SAE)

SAE Grade Number	Size Range Outside Diameter (in)	Minimum Proof Strength (kpsi)	Minimum Yield Strength (kpsi)	Minimum Tensile Strength (kpsi)	Material
1	0.25–1.5	33	36	60	low or medium carbon
2	0.25–0.75	55	57	74	low or medium carbon
2	0.875–1.5	33	36	60	low or medium carbon
4	0.25–1.5	65	100	115	medium carbon, cold drawn
5	0.25–1.0	85	92	120	medium carbon, Q&T*
5	1.125–1.5	74	81	105	medium carbon, Q&T
5.2	0.25–1.0	85	92	120	low-carbon martensite, Q&T
7	0.25–1.5	105	115	133	medium-carbon alloy, Q&T
8	0.25–1.5	120	130	150	medium-carbon alloy, Q&T
8.2	0.25–1.0	120	130	150	low-carbon martensite, Q&T

* Quenched and Tempered.



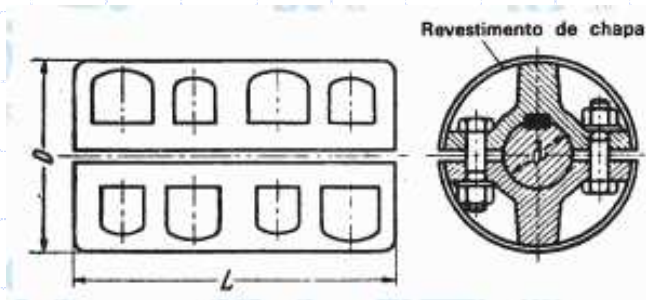
Fonte: Norton (2000) - pag. 778 e 779.

2) Classificação das uniões eixo-eixo

✓ Acoplamentos rígidos

c. **Acoplamento bipartido (DIN 115):** Duas partes são prensadas sobre o eixo e fixadas por meio de parafusos ou anéis cônicos, de modo que o momento de torção seja transmitido por atrito.

- ✓ São facilmente desmontáveis: uso em eixos de transmissão com elevado momento torsor (com chaveta). Cálculo semelhante a união eixo-cubo. Pouco resistente a impacto.



$$M_t \cong 130 d^2 \cdot L \quad (\text{cmkgf}),$$

2) Classificação das uniões eixo-eixo

✓ Acoplamentos rígidos

c. Acoplamento bipartido (DIN 115)

TABELA 19.4 – Acoplamentos de flanges e acoplamentos bipartidos, segundo Figs. 19.4 e 19.5*. Dimensões em mm.

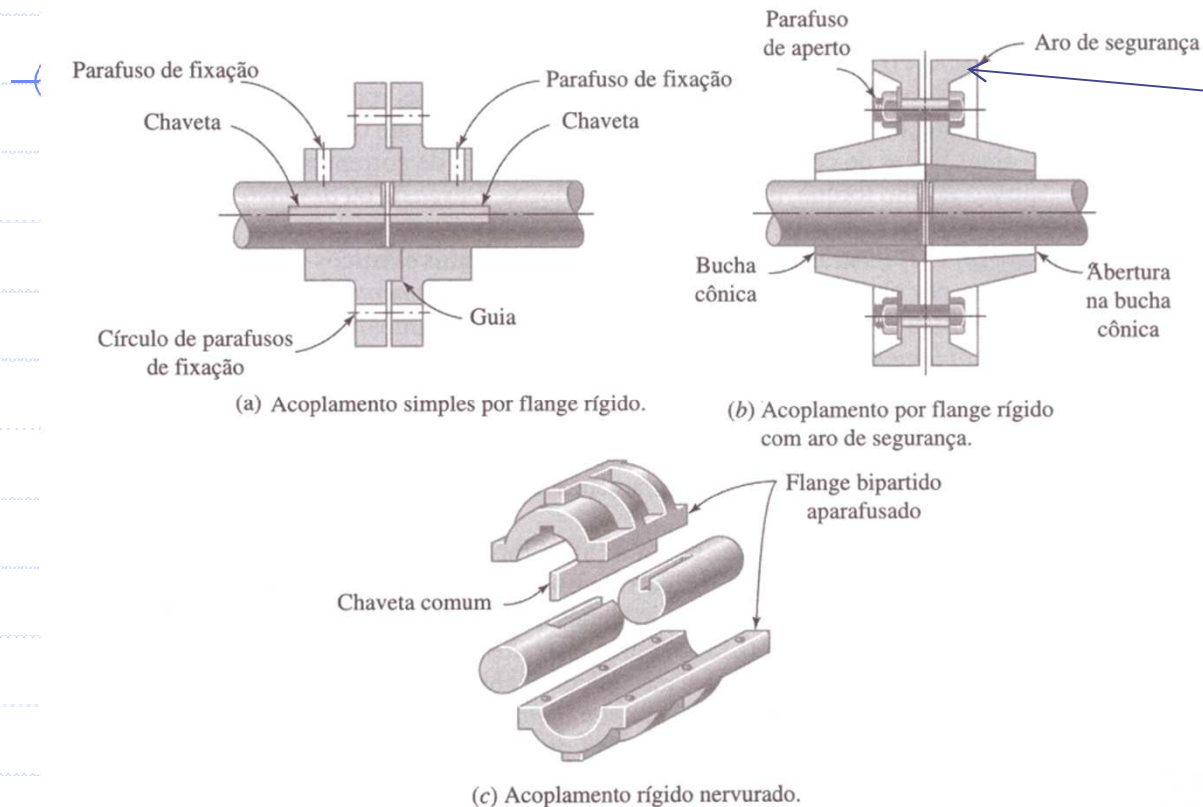
Diâmetro do eixo		25 e 30	35 e 40	45 e 50	55 e 60	70	80	90	100
Acoplamento bipartido segundo DIN 115 (fevereiro de 1922)	Diâmetro externo D	105	115	140	155	180	195	220	240
	Comprimento total L	130	160	190	220	250	280	310	350
	Pêso	3,6	5,5	8	11,8	17,4	21,5	33	44
Acoplamento de flanges segundo DIN 116 (fevereiro de 1922)	Diâmetro externo D	150	170	195	220	245	270	300	330
	Comprimento total L	130	150	170	190	210	230	260	290
	Pêso	7	10	13	20	29	40	56	74
	Com disco intermediário								
	Comprimento total L_1	150	170	190	210	230	250	280	310
	Pêso	9	13	16	24	33	45	62	82

*Para diversos diâmetros de eixo, escolhe-se o tamanho do acoplamento pelo maior diâmetro de eixo.

Fonte: Niemann (1971), v. II

2) Classificação das uniões eixo-eixo

✓ Acoplamentos rígidos (Geral)



- Aro de segurança para proteger parafusos

- Permite balanceamento (remover/ inserir massas)

Elementos de retenção:

Chavetas, pinos, luvas cônicas, ajuste por interferência (aplicação de pressão de montagem).

- Centragem do acoplamento é feita por meio de:

- ✓ Ressaltos com ajuste (H7g6)
- ✓ Anel bipartido

* Cap. 10 – Norton (ajuste por interferência): Relação entre a pressão necessária (E , ν , raios) e a deformação causada, para obter o Torque de atrito necessário)

2) Classificação das uniões eixo-eixo

✓ Acoplamentos rígidos

- Vantagens: Menor custo e projeto mais simples: requerem alinhamentos colineares precisos dos eixos a serem acoplados (mancais devem estar mais próximos dos acoplamentos)
- Mais rígidos!!!
- Menores ângulos de torção relativos: relação entre a fase da fonte de potência e máquina acionada pode ser precisamente preservada.

2) Classificação das uniões eixo-eixo

✓ Acoplamentos rígidos

■ **Desvantagens:** uso de parafusos no flange (requer força de pré-carga para aperto).



Qualquer desalinhamento entre os eixos pode causar forças e momentos fletores elevados: sobrecarga em todos os elementos de acionamento.

Geometria típica de acoplamentos rígidos:

- Bi-partido (duas metades similares, cada uma com um cubo, de modo a acomodar a fixação de seu respectivo eixo).
- Um furo guiado para alinhamento preciso
- Parafusos de fixação em um círculo de parafusos para fixar junto às duas metades.

2) Classificação das uniões eixo-eixo

✓ Acoplamentos rígidos

✓ Momento de torção constante, sem vibração excessiva: **falha por escoamento do material**;

✓ Momento de torção variável e vibrações: **fadiga por fretagem**.

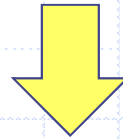
No projeto de acoplamentos rígidos deve-se verificar:

- 1) Cortante e esmagamento das chavetas;
- 2) Cortante e esmagamento nos parafusos de fixação (pré-carga) e eventuais flexões dos parafusos!!
- 3) Esmagamento da flange nas interfaces de fixação dos parafusos
- 4) Cortante no cubo da flange

2) Classificação das uniões eixo-eixo

✓ Acoplamentos flexíveis

✓ Permitem acomodar pequenos desalinhamentos (axiais, paralelos, angulares e torcionais). Transmitem o momento torsor de forma suave, não transmitindo cargas axiais e de flexão ao eixo.



✓ Grande variedade comercial: escolha pelo tipo e acesso ao catálogo de fabricantes.

<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10037214?tree=CatalogTree>

http://www.ruland.com/ps_couplings_rigid.asp?gclid=COMV6djqu8wCFREHkQod8zYNvA#about

2) Classificação das uniões eixo-eixo

➤ Acoplamentos flexíveis



https://www.swe.siemens.com/portugal/web_nwa/pt/PortalInternet/QuemSomos/negocios/Industry/IA_DT/Drivetechnologies/Pages/AcoplamentosRigidosdeTorcao.aspx

lateral



axial



angular
max. 1°



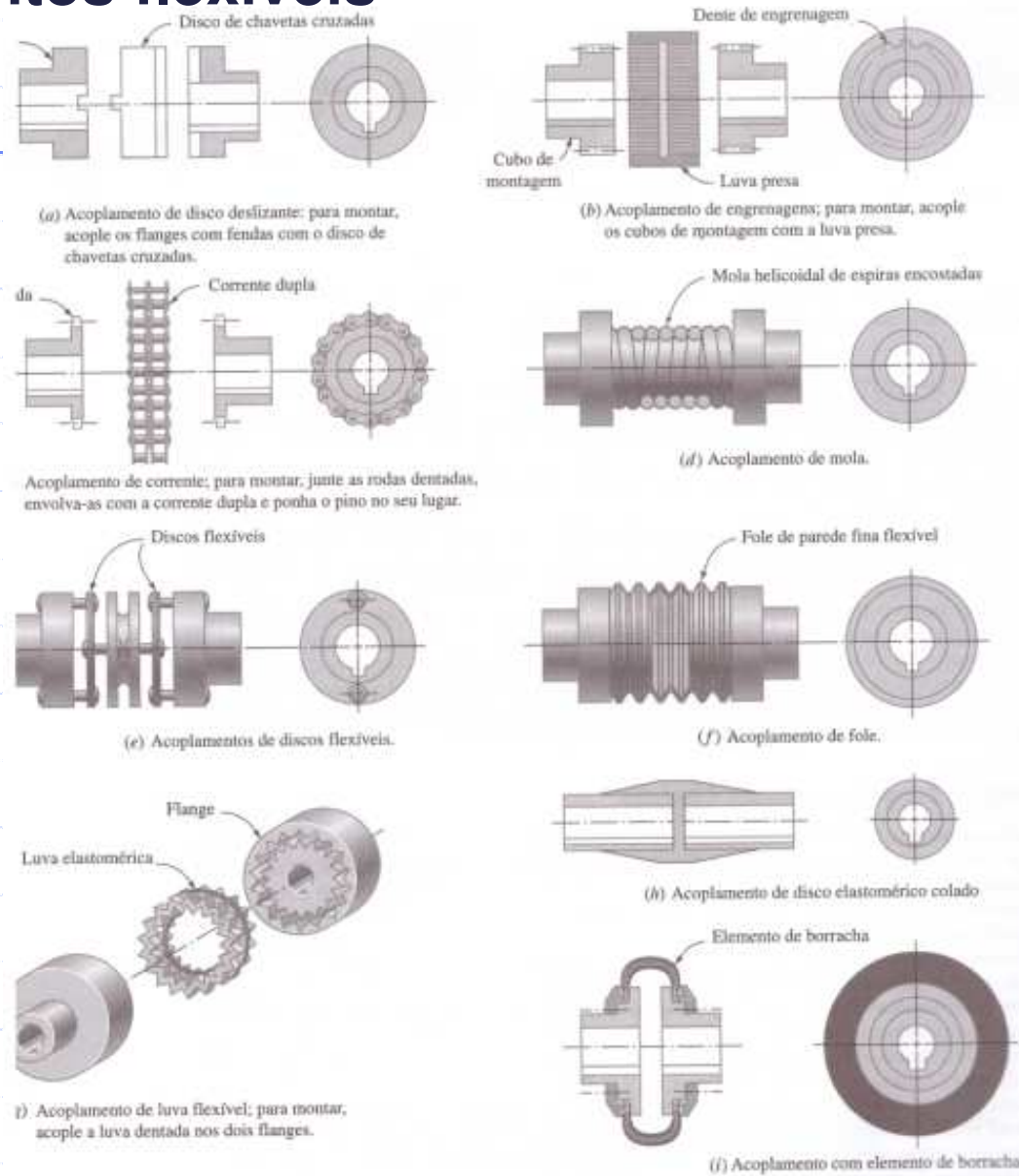
ZAPEX



Acoplamento Rígido, compensa e possibilidade de transmissão de grandes distâncias.
Binário nominal: 850.....7200000 Nm
Velocidade periférica permitida: 60 m/s
Temperatura Ambiente: -20°C ... +80°C
Aplicações típicas: Extrusoras, Misturadoras, Centri
➤ Mais informação

2) Classificação das uniões eixo-eixo

Acoplamentos flexíveis



Fonte: Collins (2006)

Grupo: Projeto de Sistemas Mecânicos - SEM

2) Classificação das uniões eixo-eixo

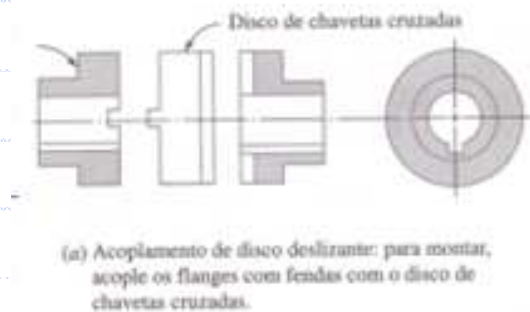
Acoplamentos flexíveis

- A) Desalinhamento acomodado por um componente rígido intermediário, que desliza ou introduz pequenas folgas (jogos) entre eixos (Fig. a, b, c)
- B) Desalinhamento acomodado por um ou mais componentes metálicos elásticos intermediários (Fig. d, e, f)
- C) Desalinhamento acomodado por um componente flexível elastomérico intermediário (Fig. g, h i)

2) Classificação das uniões eixo-eixo

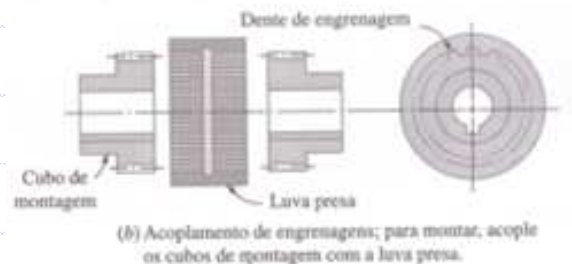
Acoplamentos flexíveis

A) Elementos rígidos



- Disco deslizante: chavetas cruzadas (folga de movimentação entre discos e flanges: torque elevado e baixa rotação)
- Desalinhamento paralelos de até 6,3 mm e angular de até 3 mm.

Modos de falha: fadiga de fretagem e desgaste por atrito

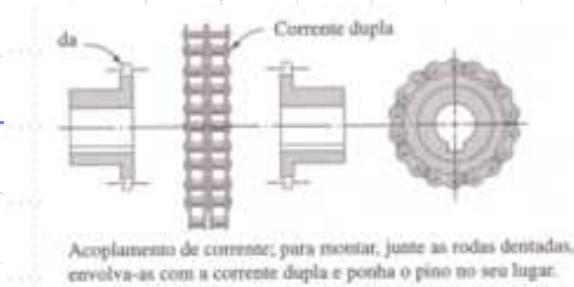


- Cubo de montagem: dentes externos do flange acomodados em uma luva com dentes internos – retos ou curvos
- Jogo angular de 1° a 3°.

Modos de falha: fadiga de fretagem e desgaste por atrito

2) Classificação das uniões eixo-eixo

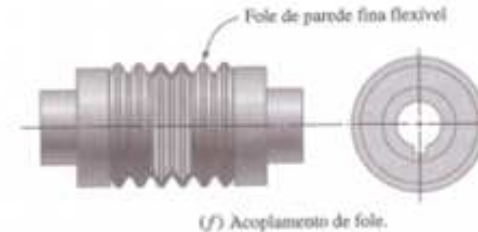
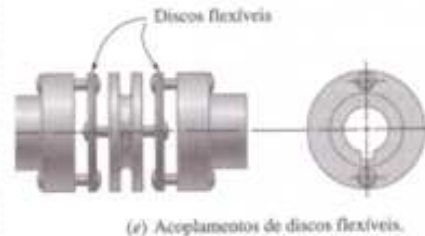
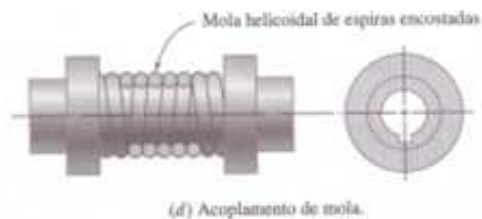
Acoplamentos flexíveis



- Rodas dentadas usinadas no flange unidas por segmento de corrente.
- Baixo custo, alto torque, mais ruidoso
- Desalinhamento paralelos entre eixos de até 0,004 mm e angular de 1,5°.

Modos de falha: desgaste por atrito

B) Elementos metálicos de flexão



Molas: desalinhamento angular de até 4° e paralelos 3,1 mm.

Discos flexíveis: desalinhamento angular de até 1° e paralelos 0,06mm

Sanfonado: desalinhamento angular de até 9° e paralelos 6,35 mm (baixa capacidade de torque)

2) Classificação das uniões eixo-eixo

Acoplamentos flexíveis

C) Elementos intermediários com elastômeros (compressão, flexão ou cisalhamento)

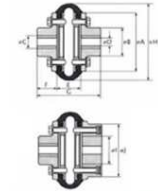
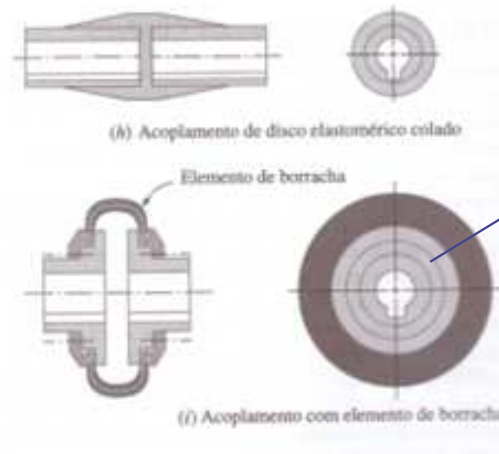


Figura 13- Acoplamento omega



- **Luva flexível:** grande flexibilidade torcional (amortece choques mecânicos e vibrações)
- **Disco elastomérico colado:** Menor torque
- **Elementos de borracha:** preso à cavidade do flange transmitindo torque por cisalhamento ao elemento de acoplamento elastomérico (maior capacidade de torque, desalinhamentos angulares de até $6,3^\circ$ e desalinhamento paralelos entre linhas de centro dos eixos de até 0,25 mm).

2) Classificação das uniões eixo-eixo

Acoplamentos flexíveis

- Para elementos intermediários de borracha, couro, lona

$$p_{adm} = 8 \sim 14 \text{ [kgf/cm}^2\text{]} \text{ (} 0,8 \sim 1,4 \text{ [MPa])}$$

- Critério de escolha do tipo de acoplamento :

- princípio de funcionamento → tipo de desalinhamento a eliminar, tipo de serviço
- espaço ocupado
- peso próprio (máquinas leves)
- momento de inércia muitas paradas / partidas
- facilidade de manutenção
- periculosidade

- Dimensões e verificação

- Usar tabela 19.5 (página 82 , Niemann) , onde :

$$M_{t\text{nominal}} = 71620 \frac{N}{n} \text{ [Kgf.cm]}$$

$$C = \frac{M_{t\text{max}}}{M_{t\text{nom}}}$$

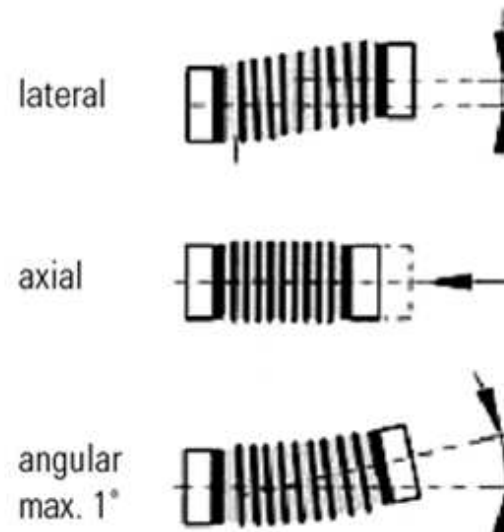
Observar desalinhamentos máximos permissíveis de cada caso.

Fonte: Lirani, *et al* (2007)

2) Classificação das uniões eixo-eixo

2.1 Acoplamentos flexíveis: Bellows

- Compensação de desalinhamento axial, transversal (paralelo, lateral) e angular,
- Operação silenciosa e suave
- Alta rigidez torcional.
- Exata (quase) transmissão de movimento angular e torque, zero backlash.
- Longa vida
- Não desgaste de partes
- Fácil desmontagem e montagem
- Baixa rigidez lateral
- Baixo momento de inércia
- Torque de 2 a 500 N.m



http://www.rw-america.com/bellows_couplings/index.html

Fonte: Lirani, *et al* (2007)

Grupo: Projeto de Sistemas Mecânicos - SEM

2) Classificação das uniões eixo-eixo

2.1 Acoplamentos flexíveis: Bellows

Torque do acoplamento (T_{KN}) x pico de torque do motor T_{AS} .

$$T_{KN} = 1,5.T_{AS}$$

Torque do acoplamento (T_{KN}) em função das acelerações

$$T_{KN} = T_{AS} \cdot S_K \cdot \frac{J_L}{J_A + J_L}$$

T_{AS} = máxima aceleração de torque no sistema ou desaceleração da carga; [N.m]

J_L =momento de inércia do eixo, fixação, peça de trabalho e metade do acoplamento; [kg.m²]

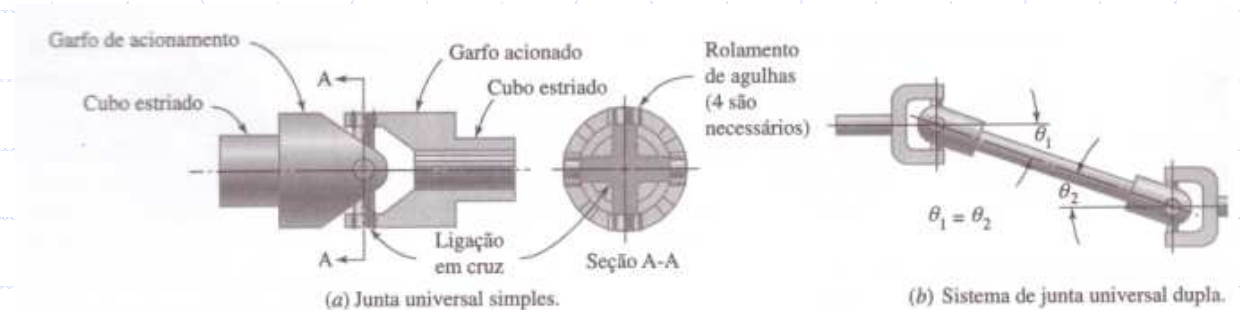
J_A =momento de inércia do motor [kg.m²]

2) Classificação das uniões eixo-eixo

2.2 Outros tipos de uniões eixo-cubo flexíveis

- ✓ Maiores desalinhamentos angulares: juntas universais e homocinéticas (mesma velocidade angular)

Exemplos: uniões de eixos em veículos, articulações de tratores agrícolas, acionamento de laminadores industriais e mecanismos mecânicos de controle.



3) Quadro comparação de escolha de uniões eixo-cubo

Tabela 10-7 Características dos vários tipos de acoplamento

Classe	Desalinhamento tolerado				Comentários
	Axial	Angular	Paralelo	Torcional	
Rígido	grande	nenhum	nenhum	nenhum	requer alinhamento preciso
Mandíbula	insignificante	insignificante ($< 2^\circ$)	insignificante ($< 3\% d$)	moderado	absorção de choque – golpe apreciável
Engrenagem	grande	insignificante ($< 5^\circ$)	insignificante ($< 1/2\% d$)	nenhum	golpes insignificantes – grande capacidade de torque
Estrias	grande	nenhum	nenhum	nenhum	golpes insignificantes – grande capacidade de torque
Espiral	insignificante	grande (20°)	insignificante ($< 1\% d$)	nenhum	uma peça compacta – nenhum golpe
Sanfonados	insignificante	grande (17°)	moderado ($20\% d$)	nenhum	sujeito à falha por fadiga
Disco flexível	insignificante	insignificante (3°)	insignificante ($2\% d$)	insignificante a nenhum	absorção de choque – nenhum golpe
Elo (Schmidt)	nenhum	insignificante (5°)	grande ($200\% d$)	nenhum	nenhum golpe – nenhuma carga lateral no eixo
Hooke	nenhum	grande	grande (em pares)	nenhum	golpe insignificante – variação de velocidade, exceto se usada em pares
Rzeppa	nenhum	grande	nenhum	nenhum	velocidade constante

Fonte: Norton (2006)

4) Fatores de projeto para escolha de uniões eixo-eixo

Aplicação	Fator F_1	Aplicação	Fator F_1
Aeradores	2,00	Filtros rotativos	1,50
Agitadores e misturadores		Fornos	
Betoneiras	1,25	Contínuos	1,25
Líquidos - densidade constante	1,00	De metais	2,00
Líquidos - densidade variável	1,25	Rotativos	1,50
Sólidos	1,75	Geradores	
Alimentadores		Carga uniforme	1,00
Alternativos	1,00	Para solda	2,40
Correias	1,25	Guindastes	
Discos	1,00	Caçamba	1,75
Parafusos e roscas	1,25	Deslocamento do carro ou ponte	1,75
Bombas		Guincho	2,00
Alternativas (recíprocas)		Inclinação da lança	1,50
- 1 ou 2 cilindros	2,00	Laminadoras	2,00
- 3 ou mais cilindros	1,50	Lavadoras	2,00
De êmbolo com volante	2,00	Máquinas operatrizes	
De êmbolo sem volante	2,40	Acionamento auxiliar	1,00
De parafusos	1,75	Acionamento principal	1,50
De poços profundos	2,00	Acionamento transversal	1,00
Desencrustadores com acumulador	1,25	Mesas de transferência	
Dosadoras	1,25	Com reversão	3,00
Rotativas - engrenagens, palhetas, etc.	1,25	Sem reversão	1,50
Britadores		Moladoras	2,00
Pedras e minérios	2,50	Moendas	
Bobinadeiras		Máquina acionadora - motor elétrico	2,00
De metais (a frio)	1,50	Máquina acionadora - turbina	1,50
De metais (a quente)	2,00	Esteira alimentadora	1,75
De papéis e têxteis	1,50	Moinhos	
Calandras e supercalandras	2,00	Aquecedores	
Compressores		- 1 ou 2 em linha	2,00
Alternativos com volante		- 3 ou mais em linha	1,75

- Simples efeito - 1 cilindro	4,00	De martelos	1,75
- Duplo efeito - 1 cilindro	3,50	De rolos e bolas	
- Simples efeito - 2 cilindros	3,50	- Engrenagens de dentes retos	2,00
- Duplo efeito - 2 cilindros	3,00	- Engrenagens helicoidais	1,75
- Simples efeito - 3 cilindros	3,00	Misturadores ou refinadores	
- Duplo efeito - 3 cilindros	2,00	- 1 ou 2 em linha	2,50
Centrifugas	1,00	- 3 ou 4 em linha	2,00
Rotativas		- 5 ou mais em linha	1,75
- Lóbulos ou palhetas	1,25	Peneiras	
- Parafusos	1,00	Lavagem a ar ou água	1,00
Classificadores, clarificadores	1,00	Pontes rolantes	2,00
Cortadores		Prensas	1,75
De metais	1,00	Puxadores de vagões	1,50
De papéis	2,00	Resfriadores	1,25
Cozinheiros de cereais	1,25	Secadores	
Decantadores	1,00	Centrifugos	1,00
Desbobinadeiras	1,50	Rotativos	
Descascadores e desfolhadeiras	2,00	- Lóbulos ou palhetas	1,25
Desfibradores	2,00	De minérios e papéis	1,75
Desempenadores	2,00	Tambores	
Dosadores	1,25	Rotativos	1,75
Dragas		De secagem	1,50
Acionamento do desagregador	2,00	Transportadores	
Bomba (carga uniforme)	1,50	Serviço leve	1,00
Enroladora de cabos	1,75	Serviço pesado	2,00
Caviladores	2,00	Trefiladoras	2,00
Eixo acionador		Trituradores	1,75
acoplamento principal de vários		Ventiladores	
- equipamentos	1,50	centrifugos	1,00
Elevadores		tiragem forçada	1,50
De caçambas (descarga centrífuga)	1,25	tiragem induzida	
De canecas	1,50	- com controle de vazão	1,25
De carga	1,50	- sem controle de vazão	2,00
De passageiros	2,00	torres de resfriamento	2,00
Enroladores	1,50		
Escadas rolantes	1,25		
Esticadores	1,50		
Extrusoras			
de borrachas	1,75		
de metais	2,00		
de plásticos	1,50		

Fator F_1 – Tipo de aplicação.

4) Fatores de projeto para escolha de uniões eixo-eixo

Funcionamento Contínuo Diário	Fator F_2
até 16 horas	1,00
acima de 16 e até 24 horas	1,12

Fator F_2 – Tempo de funcionamento (contínuo)

Partidas/Hora	Fator F_3
até 3	1,00
acima de 3 e até 20	1,20
acima de 20 e até 40	1,30

Fator F_3 – Frequências de partidas por hora.

Temperatura Ambiente	Fator F_4
até 75° C	1,00
acima de 75° C	1,20

Fator F_4 – Temperatura ambiente.

A. Exemplo de especificação

■ Shaft Couplings - for Stepper and BLDC Motors

Description	Technical Data	Dimensions	Documentation
Temperature range	-20 °C to +60 °C		
Materials	Hub of aluminum alloy 2014 T6		
Transmission disc	Nylon 11 (colorless)		
Tapped blind hole	Length of the parallel borehole ±0.2, boreholes end with 118 ° bevel		
Coupling-specific parameters:			
Size mm	19	25	41
Impact torque Nm	1.7	4.0	17.0
Max. compensation, angle [°] at 3000 rpm	0.5	0.5	0.5
Max. compensation, radial [mm] at 3000 rpm	0.2	0.2	0.2
Max. compensation, axial [mm] at 3000 rpm	0.10	0.10	0.15
Torsional stiffness Nm/rad	115	205	1200
Static break torque Nm	10	13	57
Fixing screw	M2.5	M3	M4
Fasteners Torque Nm	2.33	2.43	5.66

<https://en.nanotec.com/products/1129-shaft-couplings-for-stepper-and-bldc-motors/>

B) Exemplo de escolha de uniões eixo-eixo

TABELA 19.1 – Normas DIN

	Assunto	DIN	Assunto	DIN
Acoplamento	Acoplamentos fixos	758, 759	Articulações de garfo	71 751
	Flanges de acoplamento forjadas	760	Articulações "Cardan"	7 551
	Acoplamento de flange para transmissões	116	Articulações para trens	37 361
	Acoplamento bipartido para transmissões	115		
	Acoplamento para máquinas auxiliares	73 035		

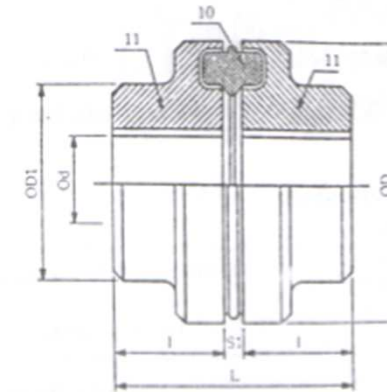


Figura 5.49 · Acoplamento elástico NOR-MEX (tipo E): 10 · elemento elástico de borracha sintética; 11 · cubos de ferro fundido cinzento.

Obs: Para velocidades periféricas > 25 m/s: recomendamos balanceamento dinâmico VDI 2060, 6,3 no mínimo.

Tamanho	Momento de Torção Máxima (mkgrf)	(N/m) máximo (CV/rpm)	n máximo (rpm)
50	2,3	0,0031	12500
67	4,0	0,0056	10000
82	9,0	0,0126	8000
97	18,9	0,0264	7000
112	30,0	0,0418	6000
128	48,2	0,0673	5000
148	75,0	0,105	4500
168	125	0,174	4000
194	200	0,279	3500
214	300	0,418	3000
240	480	0,570	2750
265	750	1,050	2500
295	1000	1,400	2250
330	1300	1,810	2000
370	1820	2,540	1750
415	2700	3,770	1500
480	3600	5,027	1400
575	5400	7,540	1200

A. Exemplo de dados de catálogos



- consiste em dois flanges simétricos de ferro fundido, com dentes usinados e cruzeta amortecedora de borracha nitrílica à prova de abrasão e resistente a óleos naturais.
- absorve vibrações e choques, trabalhando silenciosamente, sem dar origem a forças axiais prejudiciais aos mancais.
- apto para trabalho reversível, em posição horizontal e vertical.
- não requer manutenção nem lubrificação.
- baixo peso unitário, resultando assim em um momento de inércia (GD^2) reduzido.

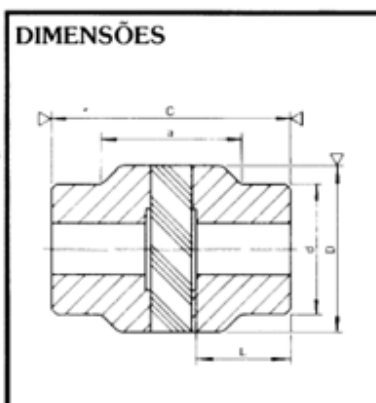


TABELA 1

Tamanho	Furo máx.	a	C	d	D	L	Massa (kg)
E - 10	20	32,4	65,4	36	48	24,5	0,5
E - 12	25	40	83	45	60	31,5	1,0
E - 16	32	52	104	56	75	40	2,1
E - 20	40	59	120	70	95	45	3,8
E - 20L	40	59	142	70	95	56	4,4
E - 25	50	74	148	85	116	55	7,0
E - 25L	50	74	180	85	116	71	8,3

Nota: dimensões dadas em mm.

FATOR R

refere-se à máquina acionada por motor elétrico.

Geradores de luz Ventiladores $N/n \leq 0,1$ Bombas centrífugas	1,2	Misturadores Guinchos Máquinas para madeiras	1,6	Centrifugas Máquinas lavadeiras Bombas de pistão com volante, Transportadores de corrente Moinhos em geral Tambores e moinhos rotativos Pontes rolantes	1,8
Elevadores de canecas Exaustores e ventiladores $N/n \geq 0,1$ Máquinas ferramenta rotativas Transportadores de correia	1,4	Monta-cargas Fornos e cilindros rotativos Betoneiras			

EXEMPLO DE SELEÇÃO

Determinar um acoplamento Uniflex entre um motor elétrico de 10 cv e uma bomba centrífuga que requer $N = 8,6$ cv à rotação de 1720 rpm.

- Determine o fator $R = 1,2$
- Determine $N = 8,6 = 0,005$
 $\frac{n}{1720}$
- Determine $N \times R = 0,005 \times 1,2 = 0,006$
- Pela tabela 2, o tamanho será E - 20
- Verifique o furo máximo admissível em relação aos eixos, do motor e da bomba (tab. 1).

FUROS ADMISSÍVEIS

Os acoplamentos são fornecidos normalmente sem furos. A pedido poderão ser executados com furos acabados conforme tolerância ISO H7. Para usinagem dos furos a centração deverá ser feita em relação ao diâmetro externo D.

Recomendamos o uso de canal de chaveta para transmissão do torque. Um parafuso sem cabeça para fixação axial somente como elemento auxiliar, quando a aplicação o requer.

Um alinhamento correto do acoplamento aumenta a vida do elemento elástico. Para rotações próximas de $n_{\text{máx}}$ recomendamos usinagem dos cubos do acoplamento.

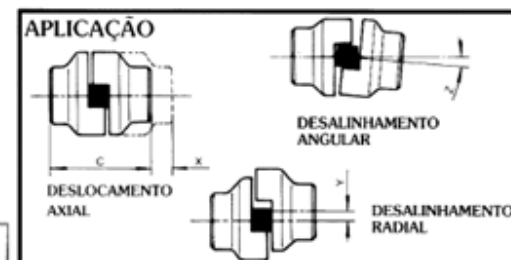


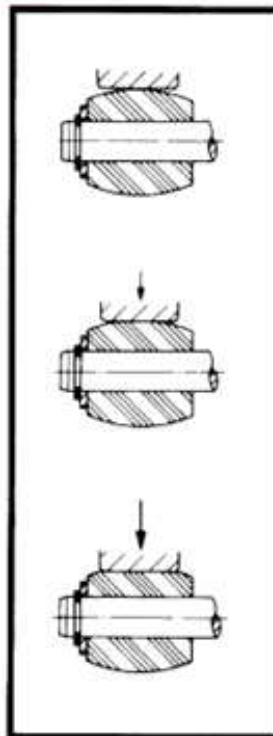
TABELA 2

Tamanho	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	$n_{\text{máx}}$ (rpm)	$\frac{N}{n} \times R$	Mt (mkgf)	GD^2 (kgf.m ²)
E - 10	0,6	$\pm 0,2$	1° máx.	3500	0,00088	0,63	0,0005
E - 12	0,8				0,00175	1,25	0,0015
E - 16	1				0,0035	2,50	0,0049
E - 20	1,25			3000	0,007	5,0	0,0130
E - 20L							0,0152
E - 25	1,6			2000	0,014	10,0	0,0370
E - 25L							0,0422

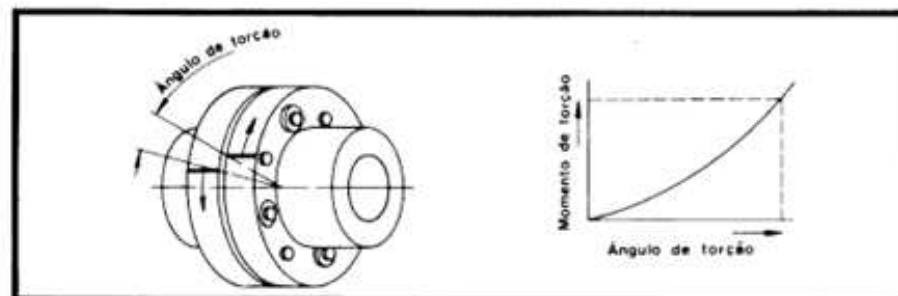
C. Exemplo de dados de catálogos

Catálogo – comercial - Transmotécnica

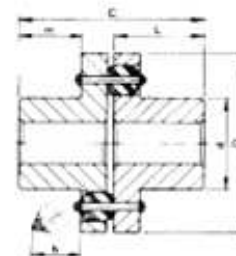
- consiste em dois flanges simétricos inteiramente usinados, pinos de aço com superfícies retificadas e buchas amortecedoras de borracha nitrílica à prova de óleo, fixadas por anéis elásticos.
- absorve vibrações e choques, permite desalinhamento paralelo, angular e axial.
- tem grande elasticidade torcional e não dá origem a forças axiais prejudiciais aos mancais.
- apto para trabalhar em altas e baixas velocidades, em posição horizontal e vertical.
- permite desacoplar os eixos sem remover as máquinas ou o próprio acoplamento, pois os pinos e buchas são removíveis.
- permite remover as máquinas sem deslocá-las longitudinalmente.
- permite substituição das buchas amortecedoras sem desmontagem do próprio acoplamento.
- não requer manutenção, nem lubrificação.
- recomendamos cuidados para proteção contra acidentes.



TeTeFlex®



DIMENSÕES



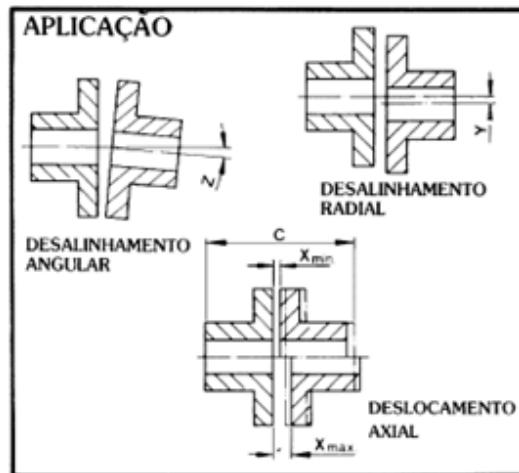
FUROS ADMISSÍVEIS

Os acoplamentos podem ser fornecidos com furo acabado e rasgo de chaveta conforme DIN 6885 folha 1, ou com furo em bruto. Na usinagem do furo, a centragem deve ser feita sempre em relação ao diâmetro externo D. Quanto maior o nível de solicitação de um acoplamento, maiores devem ser os cuidados com a montagem do mesmo sobre o eixo, e a verificação nas faces dos flanges. Para elevadas solicitações, recomendamos ajuste H_7/m_6 e chaveta em todo o comprimento útil do cubo (dimensão L).

Tamanho	Furo máx. mín.	b	C	d	D	L	m	Massa (kg)
D - 3	38	35	104	58	112	50	33	3,1
D - 4	42	35	114	68	125	55	36	4,5
D - 5	48	42	124	74	140	60	37	6,4
D - 6	55	45	144	85	160	70	47	9,5
D - 7	60	47	164	98	170	80	57	12,7
D - 9	80	63	197	125	225	95	65	25,9
D - 11	110	68	237	170	270	115	85	49,8
D - 13	150	87	300	220	360	145	100	107,8
D - 15	180	110	380	270	450	185	125	213,9
D - 17	220	140	462	330	560	225	155	390,9
D - 18	250	140	542	380	630	265	195	574,3

Nota: dimensões dadas em mm.

D. Exemplo de dados de catálogos



Tamanho	X (mm)	Y (mm)	Z (mm)	$\frac{N}{n} \times F$	Mt (mkgf)	GD ² (kgf.m ²)	rpm _{máx.} (*)
D - 3	4 ± 1,5	0,4 máx.	1. ^o máx.	0,02	14,2	0,0172	4500
D - 4				0,03	22,5	0,0280	4000
D - 5				0,05	36	0,0562	3600
D - 6				0,08	55	0,0991	3400
D - 7	7 ± 2	0,13		90	0,1383	3200	
D - 9		0,25		180	0,5245	2500	
D - 11	10 ± 2	0,5		360	1,3030	2200	
D - 13		1		720	5,5923	1700	
D - 15	12 ± 2	2		1430	17,650	1300	
D - 17		4		2860	49,250	1000	
D - 18		5,6		4000	85,205	850	

(*) rpm_{máx.} - rotação limite para uso sem balanceamento dinâmico

Observações:

- 1) Um alinhamento correto aumenta a vida dos elementos elásticos.
- 2) Para velocidades periféricas no diâmetro D, acima de 28 m/s, recomendamos balanceamento dinâmico.
- 3) N = potência efetiva em cv (1kW = 1,36 cv)
- 4) n = rpm
- 5) Mt = momento de torção em mkgf (1 daN = 1,02 mkgf)
- 6) GD² = momento de inércia em kgf.m² = 4J em kg.m²

FATOR R

Refere-se à máquina acionada por motor elétrico ou turbina.

Geradores de luz Ventiladores N/n ≤ 0,1 Bombas centrífugas	1,2	Centrífugas Máquinas lavadeiras Bombas de pistão com volante Transportadores de corrente Moinhos em geral Tambores e moinhos rotativos Pontes rolantes Elevadores de prédio	1,8
Elevadores de canecas Exaustores e ventiladores N/n ≥ 0,1 Máquinas ferramenta rotativas Turbo-compressores Transportadores de correia Hélices marítimas	1,4	Vibradores Estragem de arame Galgas Grupos de máquinas de papel Prensas e tesouras	2,2
Misturadores Guinchos Máquinas para madeiras Monta-cargas Fornos e cilindros rotativos Betoneiras	1,6	Britadores Misturadores de borracha Bombas de pistão sem volante Marombas Laminadores para metais	3,0

FATOR T_S

Aplica-se para tempo de serviço.

até 2h/dia	0,9
2 - 8h/dia	1,0
8 - 16h/dia	1,06
16 - 24h/dia	1,12

FATOR M

Refere-se ao tipo de acionamento.

Motor de combustão 1 a 3 cilindros	1,5
Motor de combustão 4 a 6 cilindros	1,2
Motor elétrico	1,0

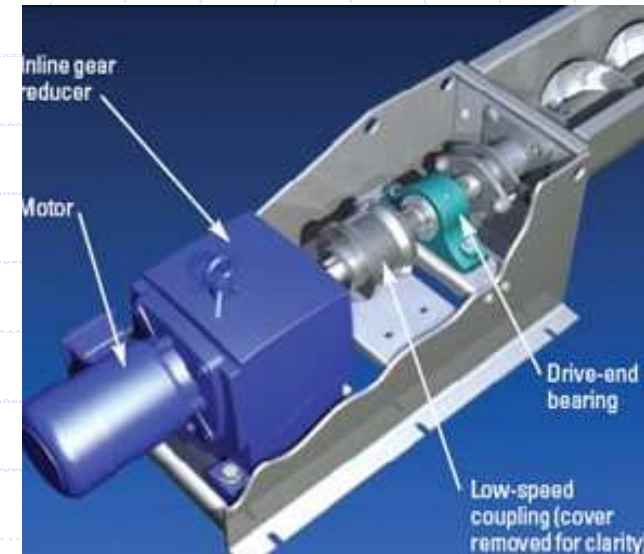
EXEMPLO DE SELEÇÃO

Determinar um acoplamento Teteflex entre um redutor e um moinho rotativo, cujo motor elétrico é de 12 cv, potência efetiva N = 10 cv e velocidade n = 150 rpm, trabalhando 8h/dia.

$$\begin{aligned} \text{Fatores: } R &= 1,8 & T_S &= 1,0 & M &= 1,0 \\ \text{Fator } F &= R \times T_S \times M = 1,8 \times 1,0 \times 1,0 \end{aligned} \quad \left\{ \begin{array}{l} \frac{N \times F}{n} = \frac{10 \times 1,8}{150} = 0,12 \end{array} \right.$$

Tamanho escolhido: Acoplamento Teteflex tamanho D-7

E. Aplicações em transportadores helicoidais/dicing



Micromachines **2019**, *10*(3), 185; doi:10.3390/mi10030185

Open Access

Article

Technological Platform for Vertical Multi-Wafer Integration of Microscanners and Micro-Optical Components

Sylwester Bargiel ¹ ✉, Maciej Baranski ¹ ✉, Maik Wiemer ² ✉, Jörg Frömel ² ✉, Wei-Shan Wang ² ✉ and Christophe Gorecki ^{1,*} ✉

¹ Département MN2S, FEMTO-ST (UMR CNRS 6714), University of Bourgogne Franche-Comté (UBFC), 15B Avenue des Montboucons, 25030 Besançon, CEDEX, France

² System Packaging Department, Fraunhofer Institute for Electronic Nanosystems (ENAS), Technologie-Campus 3, 09126 Chemnitz, Germany

* Author to whom correspondence should be addressed.

Received: 12 February 2019 / Accepted: 4 March 2019 / Published: 13 March 2019

Abstract: We describe an original integration technological platform for the miniaturization of micromachined on-chip optical microscopes, such as the laser scanning confocal microscope. The platform employs the multi-wafer vertical integration approach, combined with integrated glass-based micro-optics as well as micro-electro-mechanical systems (MEMS) components, where the assembly uses the heterogeneous bonding and interconnecting technologies. Various heterogeneous components are disposed in vertically stacked building blocks (glass microlens, MEMS actuator, beamsplitter, etc.) in a minimum space. The platform offers the integrity

F) Exemplo de seleção

Escolher um acoplamento elástico para a seguinte aplicação:

- a) Motor elétrico, 10 CV, 1720 rpm, eixo 28j₆;
- b) Máquina acionada: “bomba centrífuga”, 8,6 CV, 1720 rpm;
- c) Trabalho contínuo: 16 horas/dia;
- d) Até três partidas por hora;
- e) Temperatura ambiente normal.