

Slides das Aulas

Capítulo 17

Elementos Mecânicos Flexíveis

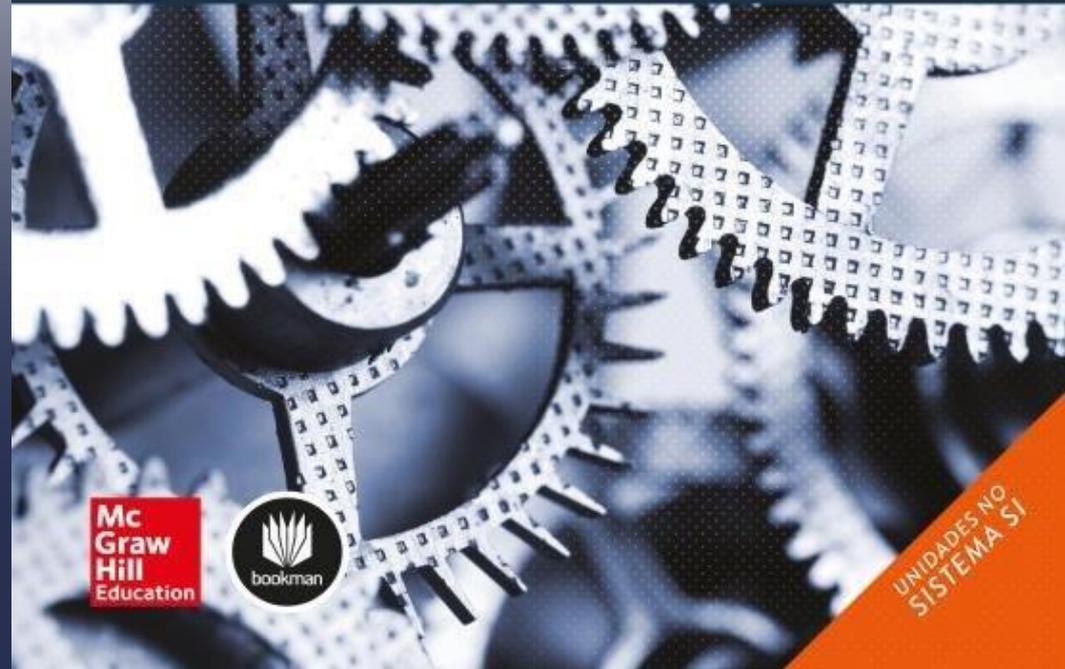
Parte I - Correias Planas

Atualizado em: 16/10/2018

• RICHARD G. BUDYNAS • J. KEITH NISBETT

ELEMENTOS DE MÁQUINAS DE SHIGLEY

10ª EDIÇÃO



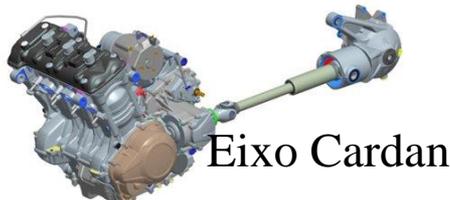
Sumário

17 Elementos mecânicos flexíveis

- 17-1** Correias **863**
- 17-2** Transmissões por correias planas e redondas **867**
- 17-3** Correias em V **883**
- 17-4** Correias de sincronização **891**
- 17-5** Corrente de roletes **892**
- 17-6** Cabos de aço **901**
- 17-7** Eixos flexíveis **911**

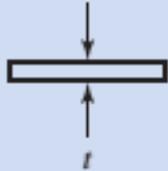
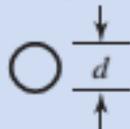
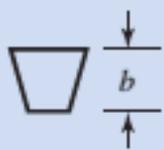
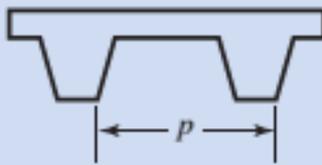
Características dos Elementos Flexíveis

- Correias, cabos, correntes.
- Acionamento de vários eixos
- Projeto simples para distâncias maiores entre eixos.
- Absorção de carga e amortecimento de vibrações (aumento da vida útil do equipamento).
- Não possui vida infinita (desgaste, envelhecimento e perda de elasticidade).
- Escorregamento



Características de Alguns Tipos Comuns de Correias

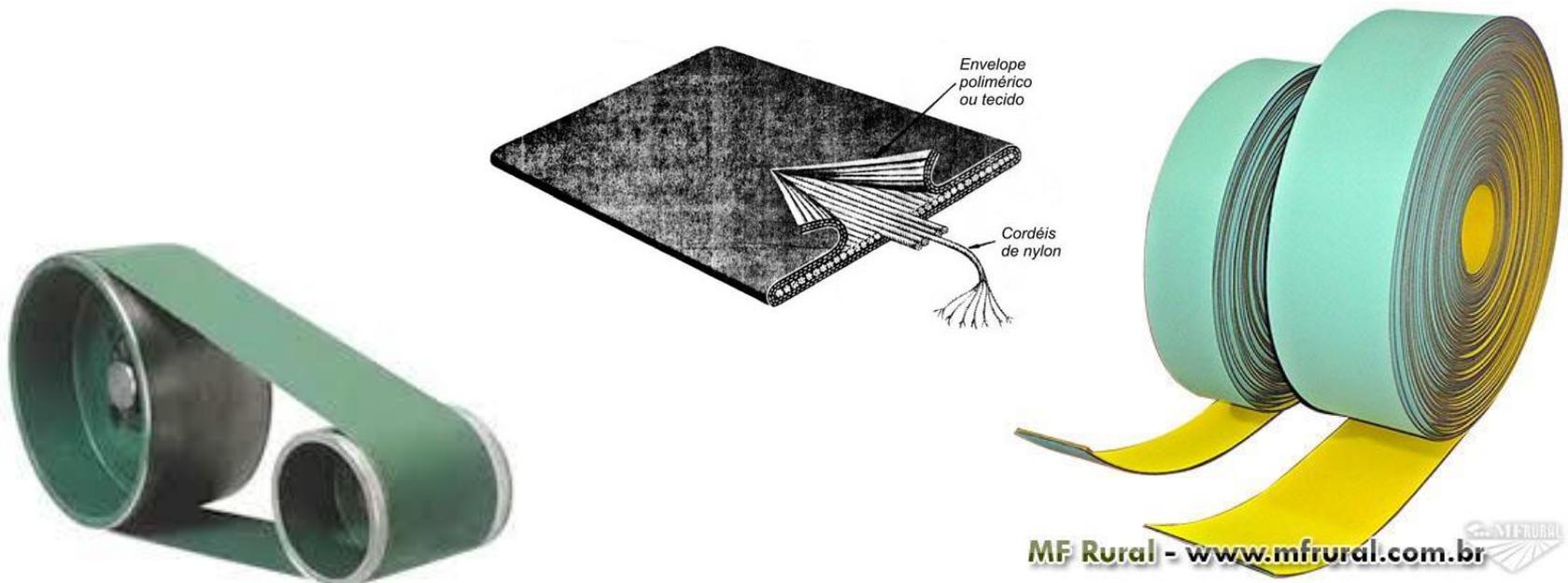
Tabela 17-1 Características de alguns tipos comuns de correia. As figuras representam as seções transversais, à exceção da correia sincronizadora, que mostra uma vista lateral.

Tipo de correia	Figura	Junta	Intervalo de tamanho	Distância entre centros
Plana		Sim	$t = \begin{cases} 0,03 \text{ a } 0,20 \text{ in} \\ 0,75 \text{ a } 5 \text{ mm} \end{cases}$	Sem limite superior
Redonda		Sim	$d = \frac{1}{8} \text{ a } \frac{3}{4} \text{ in}$	Sem limite superior
V		Nenhuma	$b = \begin{cases} 0,31 \text{ a } 0,91 \text{ in} \\ 8 \text{ a } 19 \text{ mm} \end{cases}$	Limitada
Sincronizadora		Nenhuma	$p = 2 \text{ mm ou acima}$	Limitada



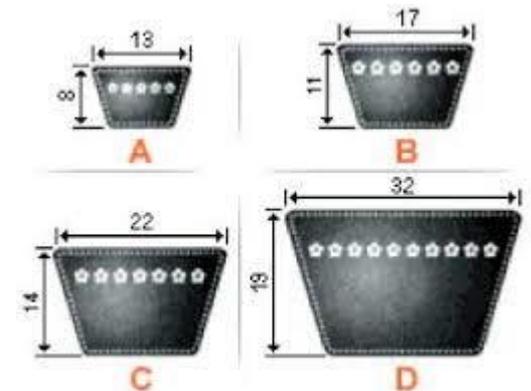
Características das Correias Planas

- Feitas em poliuretano ou tecido impregnado com borracha reforçado com fios de aço ou cordas de nylon.
- Revestimento de atrito em um ou ambos os lados.
- Silenciosas
- Eficientes em altas velocidades.
- Fornecidas em rolos, cortadas e emendadas.



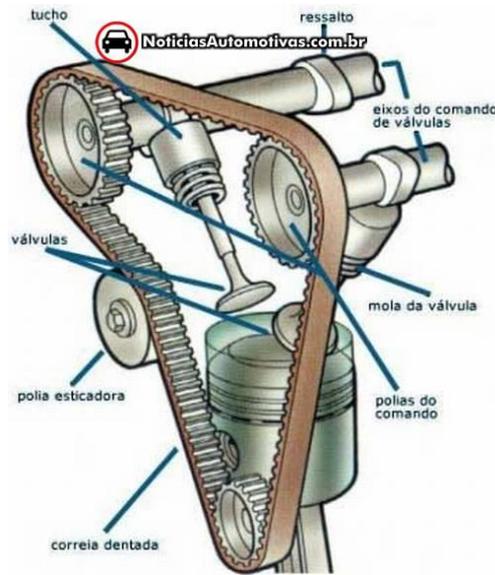
Características das Correias Trapezoidais

- Feitas em tecido ou corda, usualmente algodão, rayon ou nylon, impregnadas com borracha.
- Polias canaletadas.
- Maior capacidade de transmissão de potência (canais).
- Distância entre centros menores.
- Acionamento múltiplo.
- Sem emendas.
- Fornecidas em tamanhos e dimensões padronizados.



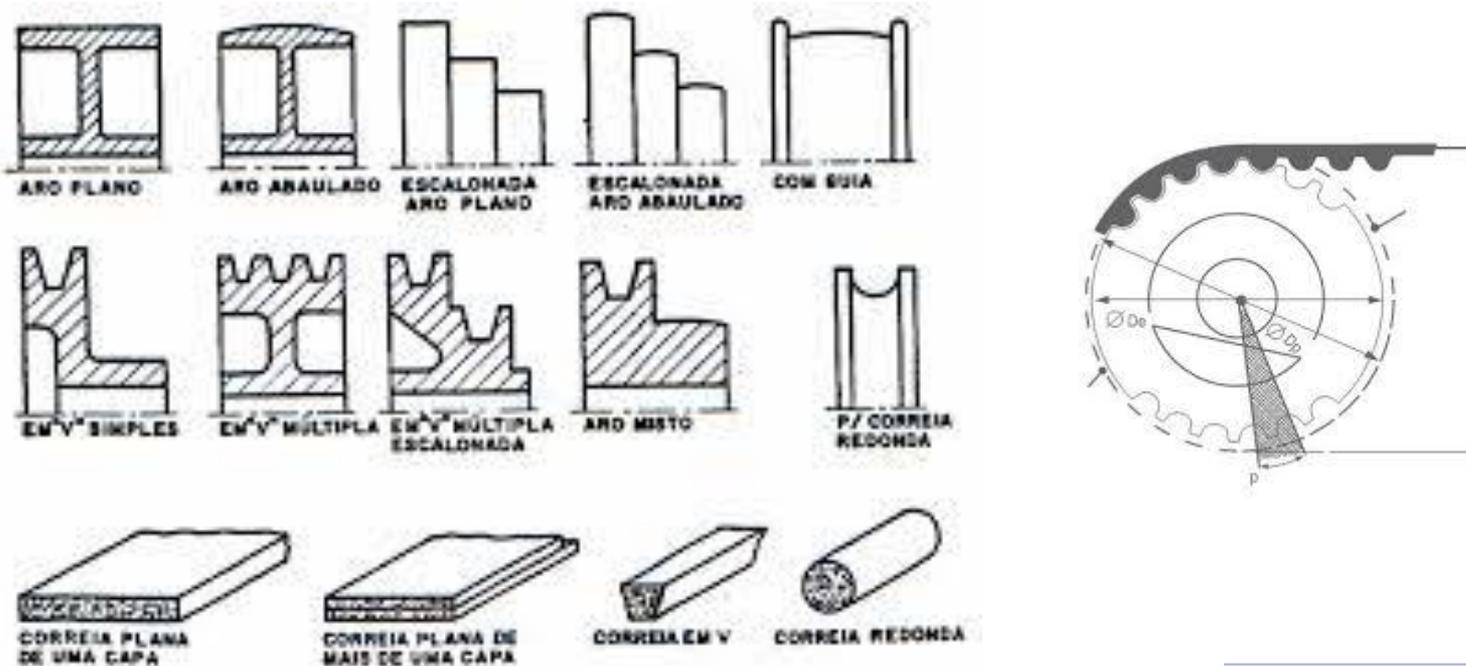
Características das Correias Sincronizadoras

- Feitas em tecido emborrachado reforçado com fios de aço.
- Polias com canais transversais.
- Sem alongamento e sem escorregamento.
- Não necessita carga de esticamento.
- Sem restrições de velocidade (menor massa em movimento).
- Custo inicial elevado.
- Flutuações dinâmicas devido ao engrenamento.

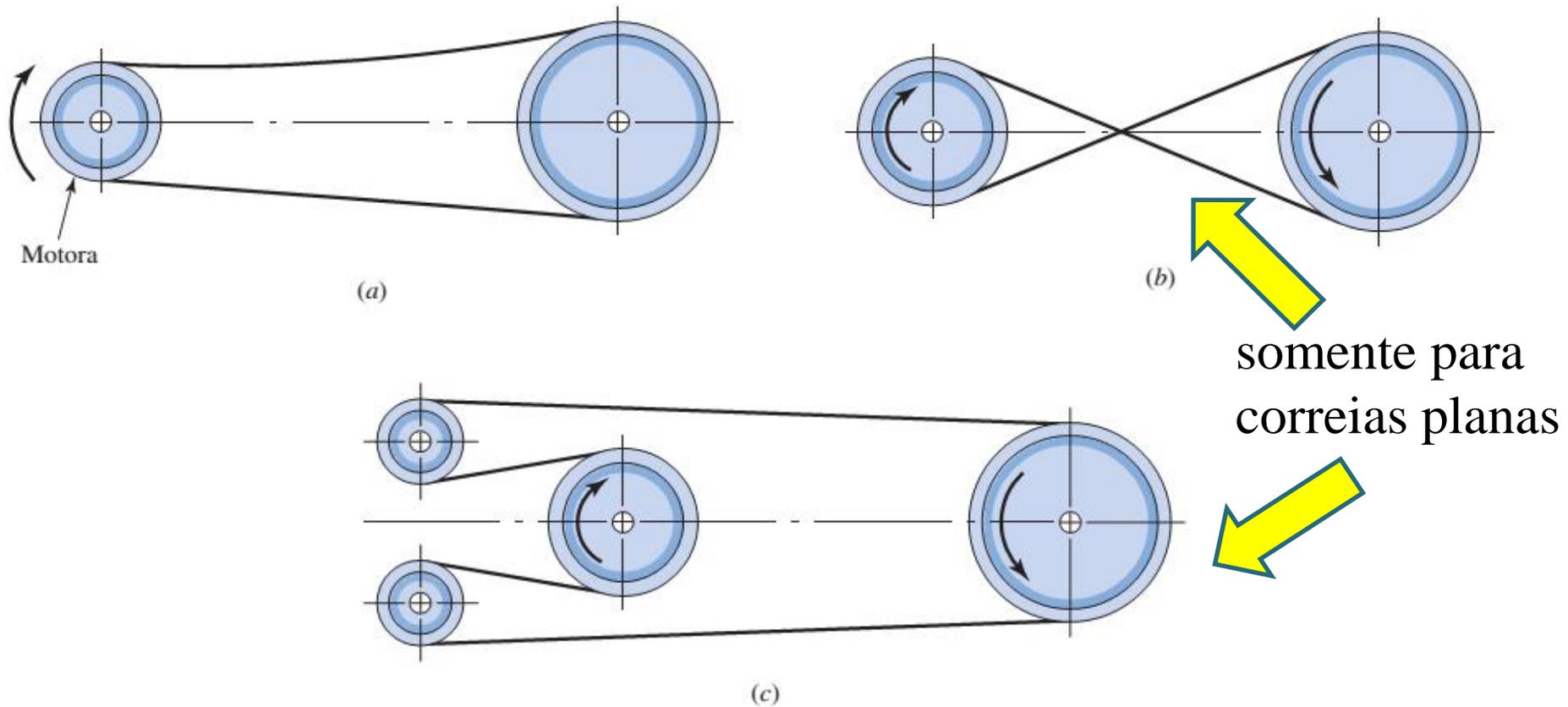


Características de Alguns Tipos Comuns de Correias

- Polias
 - abauladas em correias planas
 - canais "em V" em correia trapezoidais
 - canais semi-circulares em correias redondas
 - canais transversais em correias dentadas



Correias com Reversão



somente para
correias planas

Figura 17-2 Transmissões por correias com e sem reversão. (a) Correia aberta sem reversão. (b) Correia cruzada com reversão. Correias cruzadas devem ser separadas para evitar roçamento quando materiais de alto atrito são utilizados. (c) Transmissão por correia aberta com reversão.

Transmissão com Torção

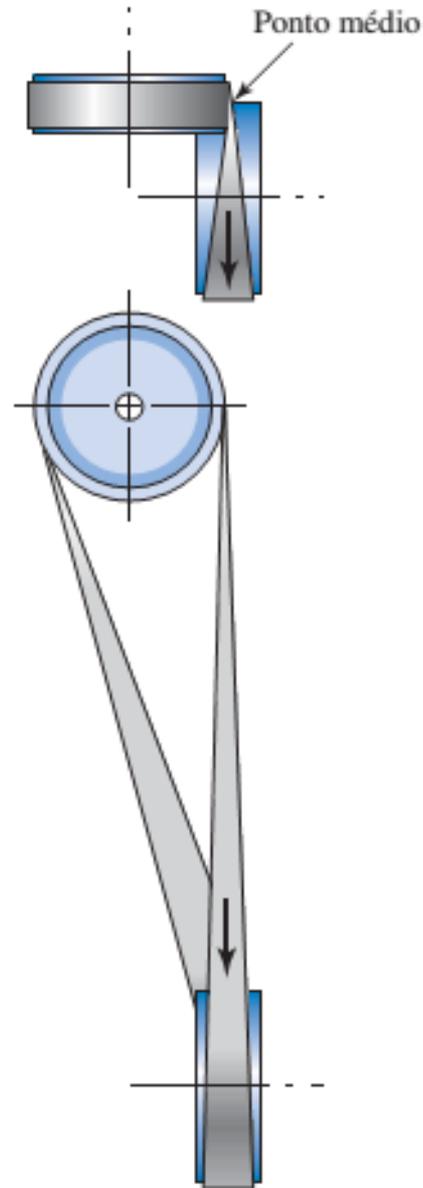


Figura 17-3 Transmissão por correia com torção de um quarto; uma polia-guia intermediária deve ser utilizada quando o movimento ocorre em ambas as direções.

Efeito de Embreagem

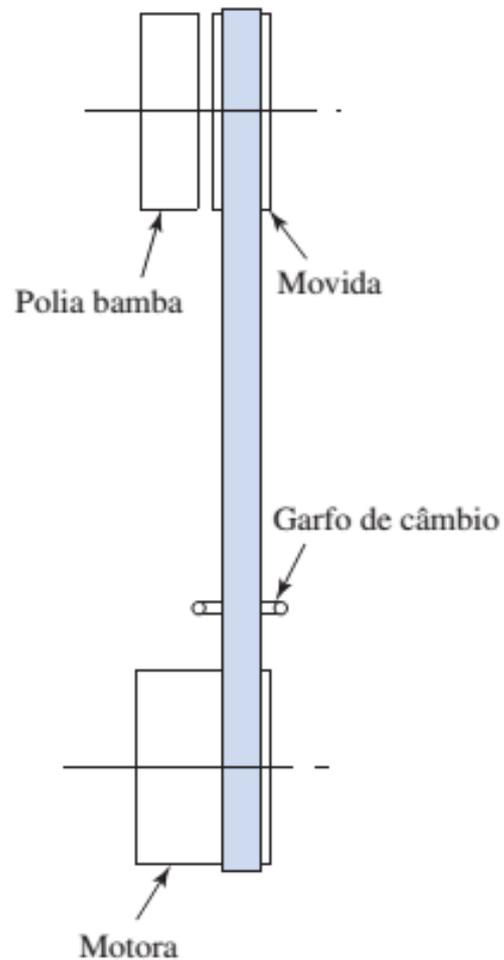


Figura 17-4 Esta transmissão elimina a necessidade de uma embreagem. Correias planas podem ser alteradas para a esquerda ou direita com o uso de um garfo.

Acionadores com Velocidade Variável

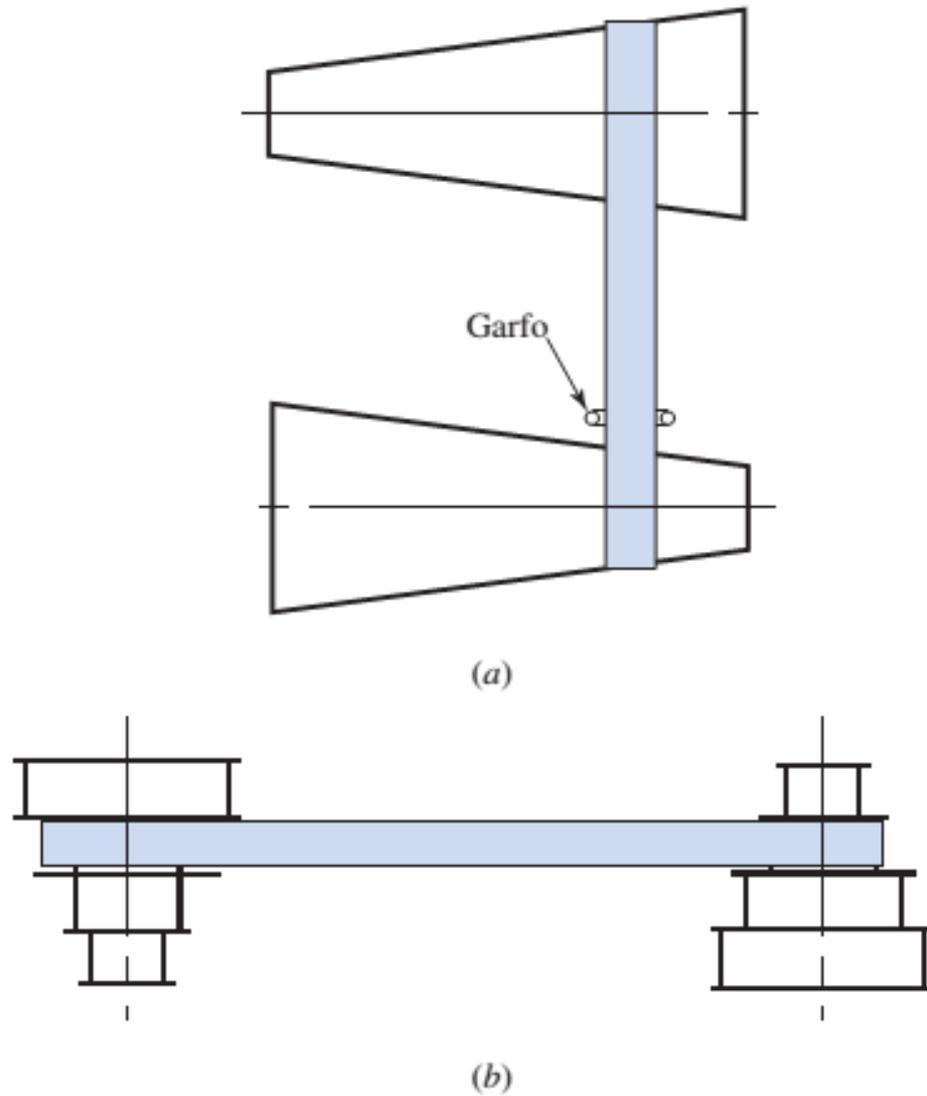
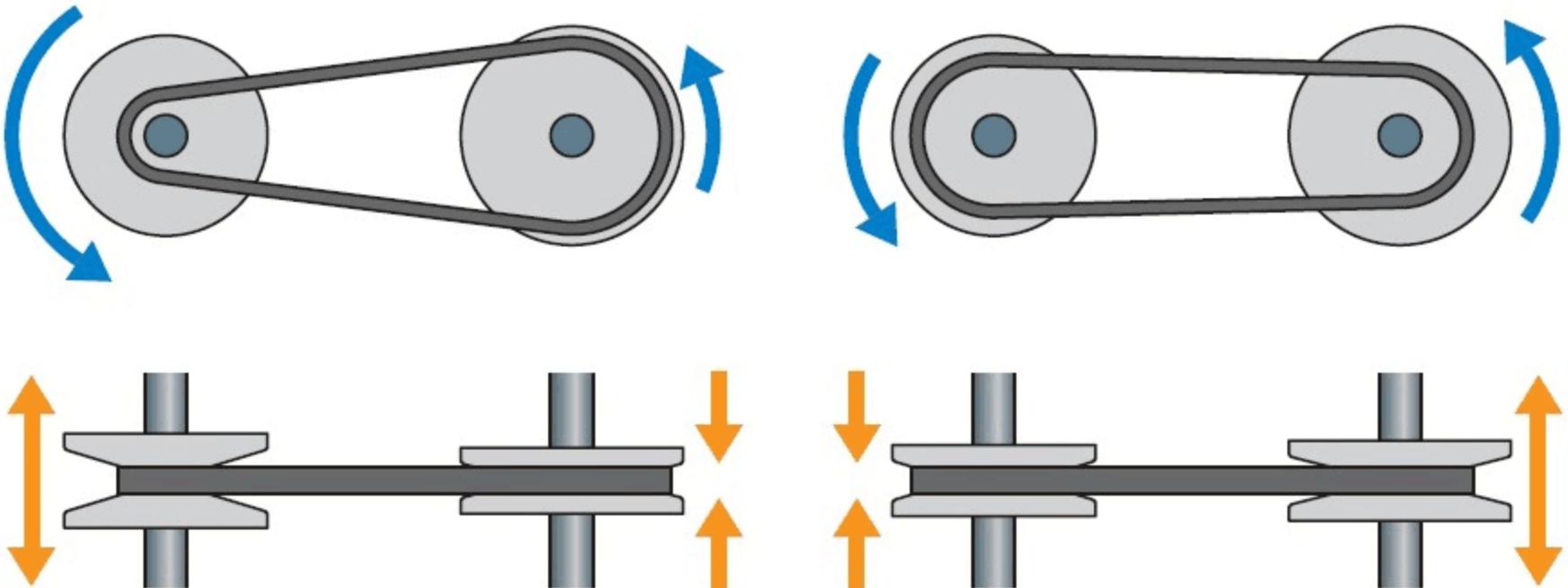


Figura 17-5 Transmissões por correia de velocidade variável.

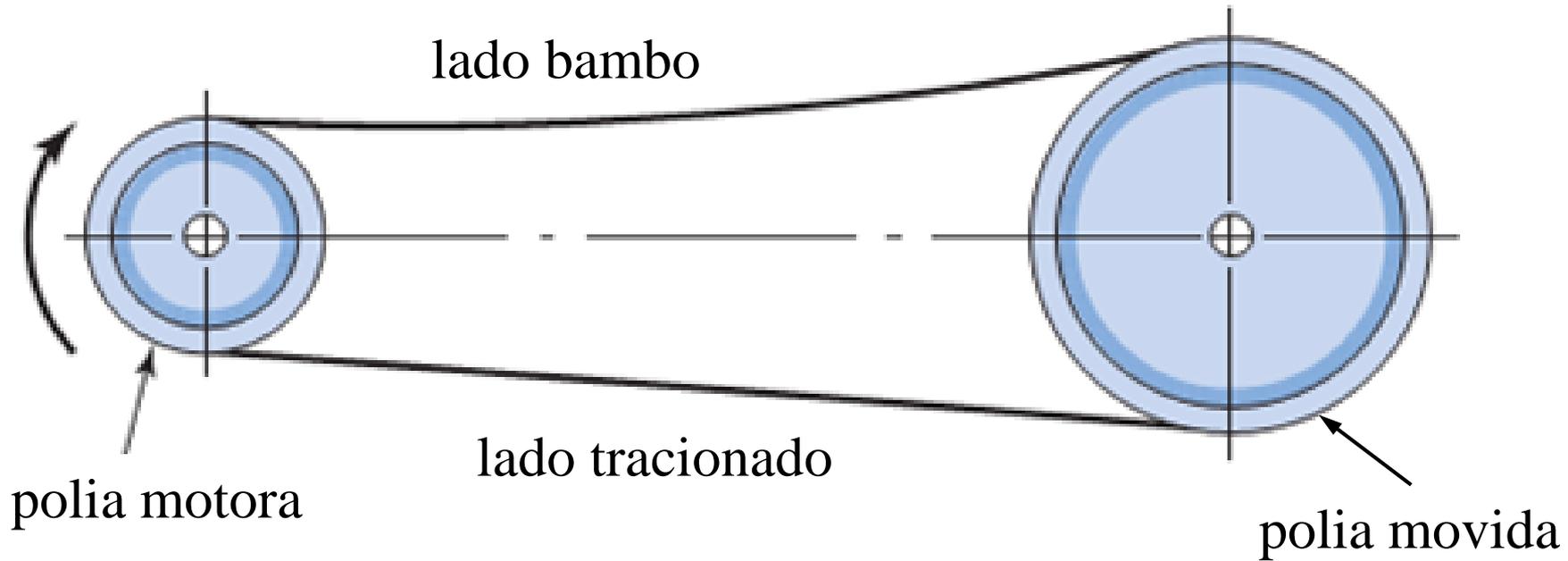
Acionadores com Velocidade Variável

CVT - Continuously Variable Transmission



CVT por polias expansíveis

Distribuição da força ao longo da correia

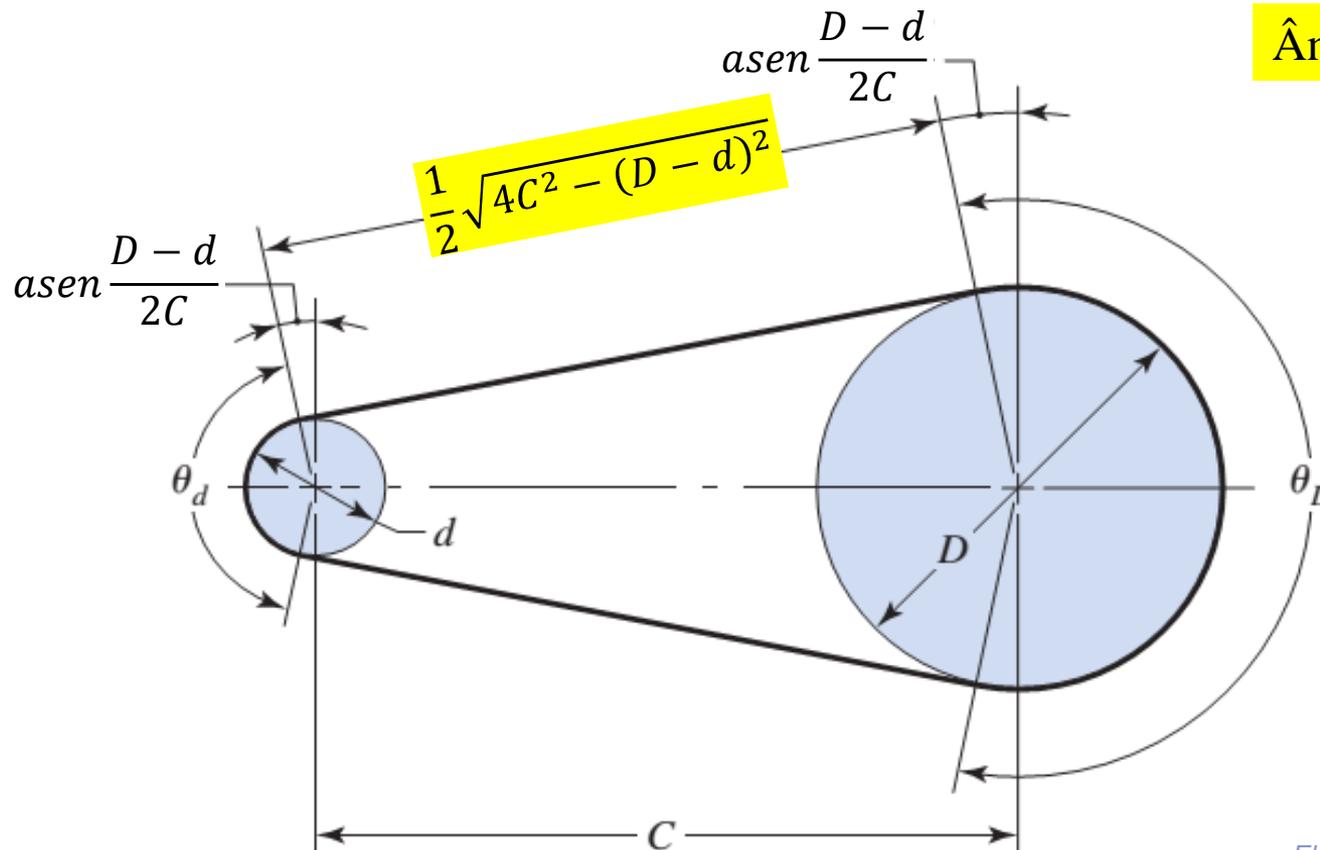


Geometria da Correia Plana - Correia Aberta

Ângulo de contato na polia menor: $\theta_d = \pi - 2 \cdot a \operatorname{sen} \frac{D-d}{2C}$

Ângulo de contato na polia maior: $\theta_D = \pi + 2 \cdot a \operatorname{sen} \frac{D-d}{2C}$

Comprimento da correia: $L = \sqrt{4C^2 - (D-d)^2} + \frac{1}{2}(D\theta_D + d\theta_d)$



Ângulos em radianos

Fig.17-1a

Geometria da Correia Plana - Correia Cruzada

$$\theta = \pi + 2 \cdot \text{asen} \frac{D + d}{2C}$$

$$L = \sqrt{4C^2 - (D + d)^2} + \frac{1}{2}(D + d)\theta$$

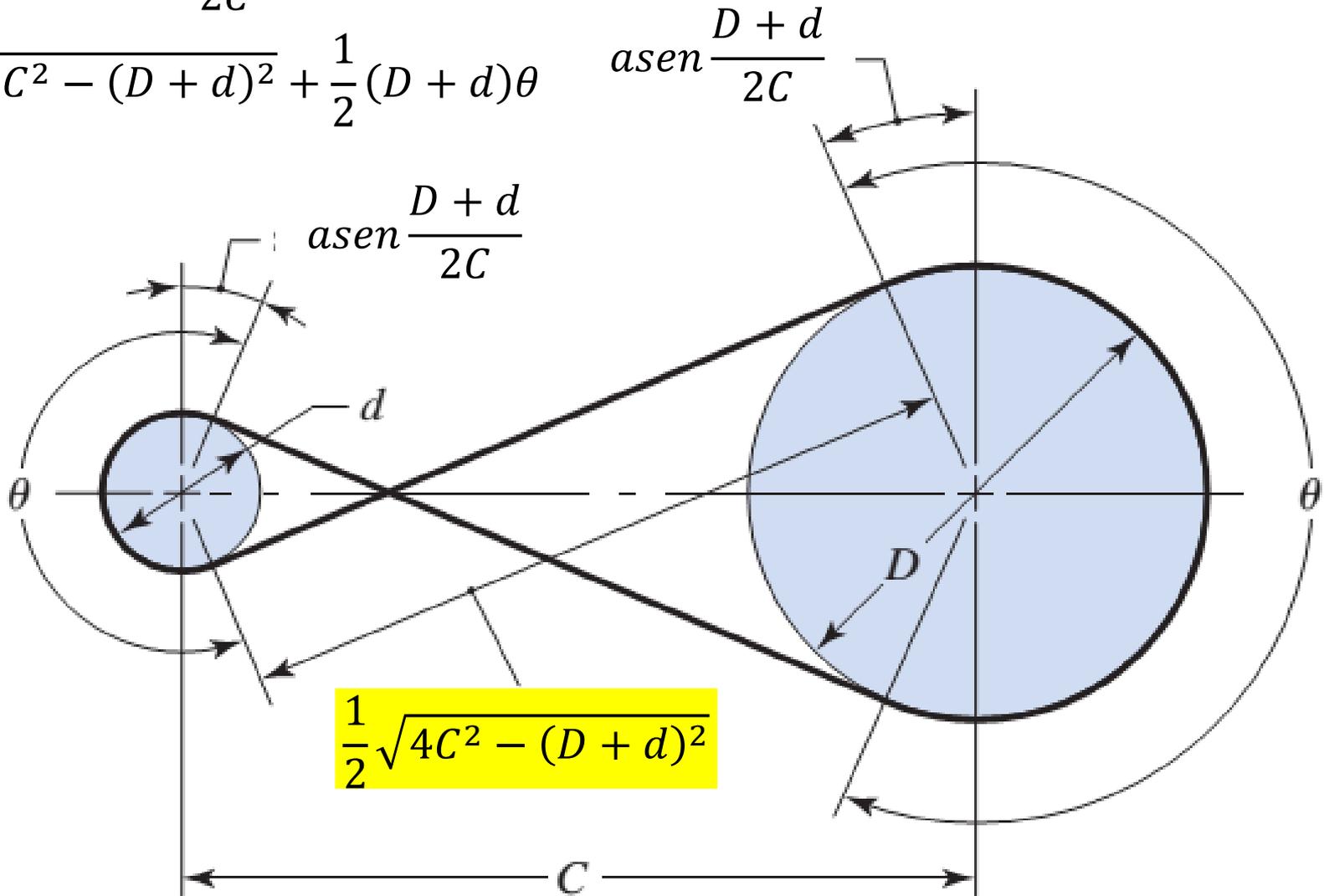


Fig.17-1b

Diagrama de Corpo-livre de um Elemento Infinitesimal de Correia Plana

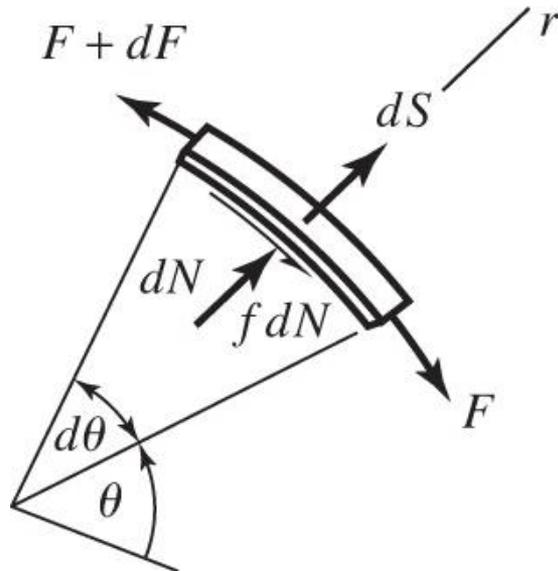


Fig.17-6

m = massa por unidade de comprimento

dS = força centrífuga

$$dS = (mr d\theta)r\omega^2 = mr^2\omega^2 d\theta = mV^2 d\theta = F_c d\theta \quad (a)$$

F_c =força centrífuga por unidade de ângulo

Equilíbrio das forças radiais:

$$\sum F_r = -(F + dF)\frac{d\theta}{2} - F\frac{d\theta}{2} + dN + dS = 0$$

$$dN = F d\theta - dS \quad (b)$$

Diagrama de Corpo-livre de um Elemento Infinitesimal de Correia Plana

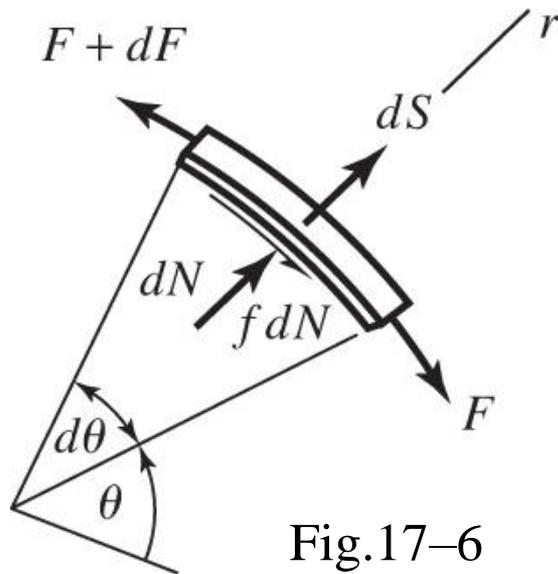


Fig.17-6

Equilíbrio das forças tangenciais:

$$\sum F_t = -f dN - F + (F + dF) = 0$$

Incorporando (a) e (b), resulta:

$$dF = f dN = f F d\theta - f dS = f F d\theta - f m r^2 \omega^2 d\theta$$

$$\frac{dF}{d\theta} - f F = -f m r^2 \omega^2 \quad (c)$$

Análise de uma Correia Plana

$$\frac{dF}{d\theta} - fF = -fmr^2\omega^2 \quad (c)$$

Solução: $F = A \cdot e^{f\theta} + mr^2\omega^2$

Em $\theta = 0$, $F = F_2 - mr^2\omega^2$. A solução torna-se:

$$F = (F_2 - mr^2\omega^2)e^{f\theta} + mr^2\omega^2 \quad (17-5)$$

No final do ângulo de abraçamento, $\theta = \phi$, $F = F_1$:

$$F \Big|_{\theta=\phi} = F_1 = (F_2 - mr^2\omega^2)e^{f\phi} + mr^2\omega^2 \quad (17-6)$$

Desenvolvendo:

$$\frac{F_1 - mr^2\omega^2}{F_2 - mr^2\omega^2} = \frac{F_1 - F_c}{F_2 - F_c} = e^{f\phi} \quad (17-7)$$

Equação de Ação da Correia

$$F_1 - F_2 = (F_1 - F_c) \frac{e^{f\phi} - 1}{e^{f\phi}} \quad (17-8)$$

Força Centrífuga da Correia sobre a Polia

(SI)

$$F_c = \frac{w}{g} V^2$$

Força centrífuga [N]

(e)

$$V = \frac{\pi d n}{60}$$

Velocidade periférica [m/s]

$$w = \gamma b t$$

Peso por metro de comprimento [N/m]

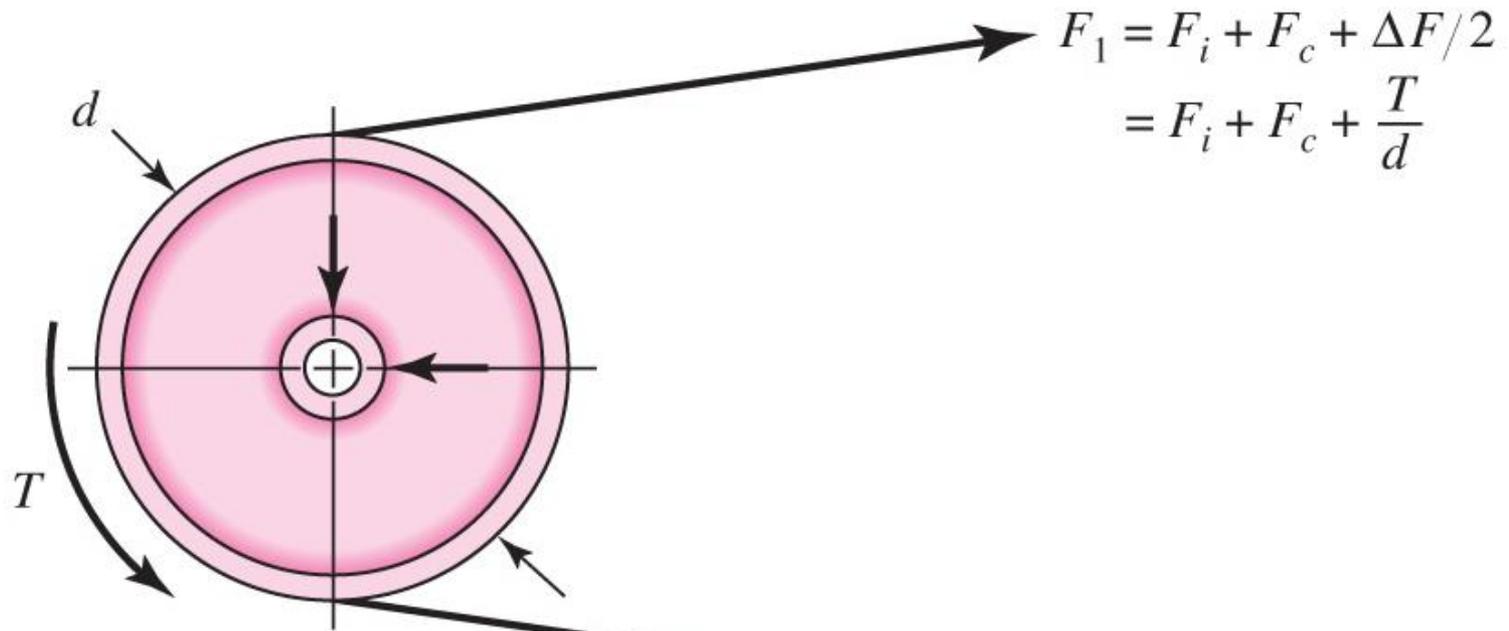
sendo:

γ = peso específico (N/m³)

b = largura da correia (m)

t = espessura da correia (m)

Forças e Torques sobre uma Polia



$$F_1 = F_i + F_c + \Delta F/2 \\ = F_i + F_c + \frac{T}{d}$$

Fig.17-7

$$F_2 = F_i + F_c - \Delta F/2 \\ = F_i + F_c - \frac{T}{d}$$

F_i = tração inicial

F_c = tração circunferencial causada pela força centrífuga

$\Delta F/2$ = tração causada pelo torque transmitido

d = diâmetro da polia

Tração Inicial

$$F_1 = F_i + F_c + \frac{\Delta F}{2} = F_i + F_c + \frac{T}{d} \quad (\text{f})$$

$$F_2 = F_i + F_c - \frac{\Delta F}{2} = F_i + F_c - \frac{T}{d} \quad (\text{g})$$

$$F_1 - F_2 = \frac{2T}{d} \quad (\text{h})$$

$$F_1 + F_2 = 2F_i + 2F_c$$

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c \quad (\text{i})$$

dividindo (i)/(h)

$$\frac{F_i}{\frac{T}{d}} = \frac{(F_1 + F_2)/2 - F_c}{(F_1 - F_2)/2} = \frac{F_1 + F_2 - 2F_c}{F_1 - F_2} = \frac{(F_1 - F_c) + (F_2 - F_c)}{(F_1 - F_c) - (F_2 - F_c)} =$$

substituindo (17-7)

$$= \frac{\frac{(F_1 - F_c)}{(F_2 - F_c)} + 1}{\frac{(F_1 - F_c)}{(F_2 - F_c)} - 1} = \frac{e^{f\phi} + 1}{e^{f\phi} - 1}$$

Tração Inicial

$$F_i = \frac{T}{d} \cdot \frac{e^{f\phi} + 1}{e^{f\phi} - 1}$$

(17-9)

- Se $F_i=0$, então $T=0$ (sem tração inicial não há transmissão de torque).
- O torque é proporcional à tração inicial.
- Para que haja transmissão de torque adequado é preciso que a tração inicial:
 - exista,
 - seja mantida,
 - esteja na quantidade apropriada e
 - seja garantida por inspeção periódica.

Trações em Correias Planas

de (f) substituindo (17-9)

$$\begin{aligned} F_1 &= F_i + F_c + \frac{T}{d} = F_c + F_i + F_i \frac{\exp(f\phi) - 1}{\exp(f\phi) + 1} \\ &= F_c + \frac{F_i[\exp(f\phi) + 1] + F_i[\exp(f\phi) - 1]}{\exp(f\phi) + 1} \end{aligned}$$

$$F_1 = F_c + F_i \frac{2 \exp(f\phi)}{\exp(f\phi) + 1} \quad (17-10)$$

de (g) substituindo (17-9)

$$\begin{aligned} F_2 &= F_i + F_c - \frac{T}{d} = F_c + F_i - F_i \frac{\exp(f\phi) - 1}{\exp(f\phi) + 1} \\ &= F_c + \frac{F_i[\exp(f\phi) + 1] - F_i[\exp(f\phi) - 1]}{\exp(f\phi) + 1} \end{aligned}$$

$$F_2 = F_c + F_i \frac{2}{\exp(f\phi) + 1} \quad (17-11)$$

Tração na Correia x Tração Inicial

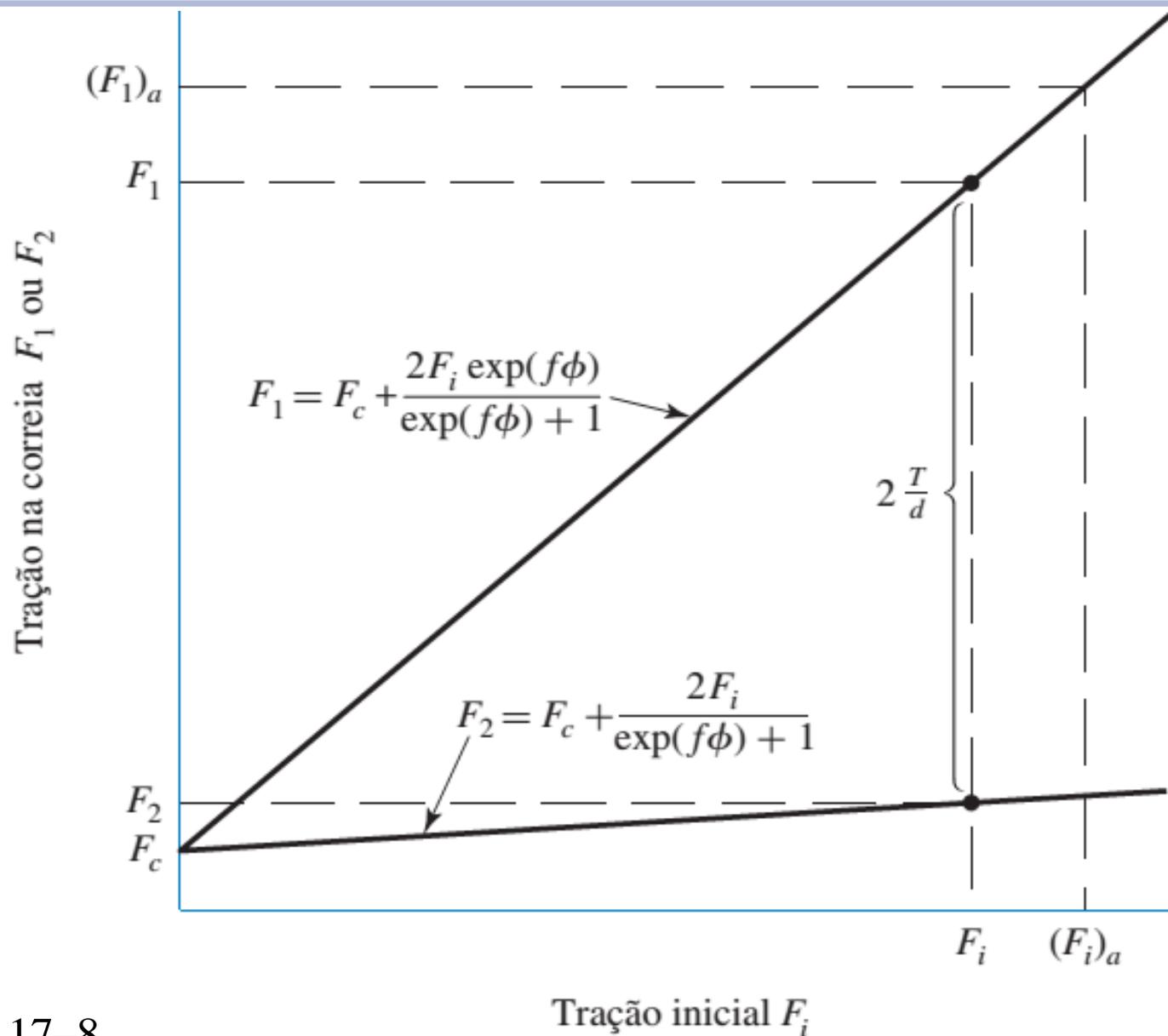


Fig.17-8

Potência Transmitida (nominal)

(SI) $H_{nom} = (F_1 - F_2)V$ (j)

[W] [N] [m/s]

$$H_{nom} = T \frac{2\pi n}{60}$$

[W] [Nm] [rpm]

Potência de Projeto

(SI)

$$H_d = H_{nom} K_s n_d$$

sendo:

H_d = potência de projeto

H_{nom} = potência nominal (de trabalho)

K_s = fator de serviço (Tab. 17-15)

n_d = fator de projeto

$$H_{nom} = (F_1 - F_2)V$$

(j)

$$H_{nom} = T \frac{2\pi n}{60}$$

Fatores de Serviço

Tabela 17–15 Fatores de serviço K_S sugeridos para transmissões por correias em V.

Maquinaria acionada	Fonte de potência	
	Característica normal de torque	Torque alto ou não uniforme
Uniforme	1,0 a 1,2	1,1 a 1,3
Choque leve	1,1 a 1,3	1,2 a 1,4
Choque médio	1,2 a 1,4	1,4 a 1,6
Choque intenso	1,3 a 1,5	1,5 a 1,8

Valem também para correias planas.

Força máxima de tração admissível e fatores de correção

$$(F_1)_a = bF_a C_p C_v \quad (17-12)$$

$(F_1)_a$ = máxima tração admissível ou permissível, N

b = largura da correia, mm

F_a = tração admitida ou permitida pelo fabricante, N/mm (Tabela 17-2)

C_p = fator de correção de polia (Tabela 17-4)

C_v = fator de correção de velocidade

Os valores dados na Tabela 17-2 para a tração permissível na correia baseiam-se em uma velocidade de correia de 3 m/s. Para velocidades maiores, utilize a Figura 17-9 para obter valores de C_v para correias de couro.

Para correias de poliamida e uretano utilize $C_v = 1$.

Para correias de uretano utilize $C_p = 1$.

Fator de correção da velocidade, C_v , para correias de couro

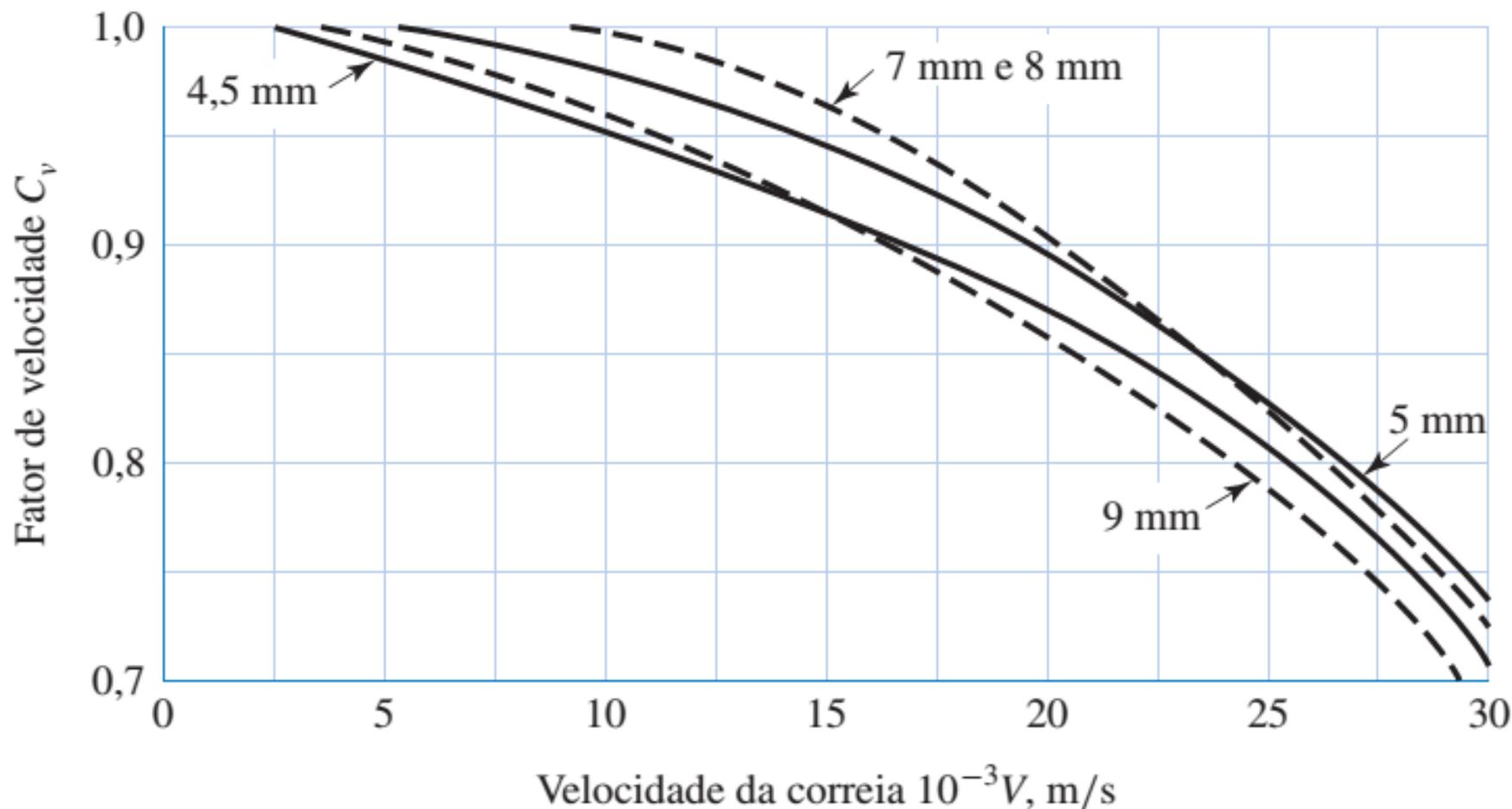


Figura 17-9 Fator de correção da velocidade C_v , para correias de couro de várias espessuras.
Fonte: Machinery's Handbook, 20ª ed., Industrial Press, Nova York, 1976, p. 1047.

Tabela 17-2 Propriedades de Alguns Materiais para Correias Planas e Circulares

Material	Especificação	Tamanho, mm	Diâmetro mínimo de polia, mm	Tração permissível por unidade de largura a 3 m/s, (10 ³) N/m	Peso específico, kN/m ³	Coefficiente de atrito
Couro	1 camada	$t = 4,5$	75	5	9,5–12,2	0,4
		$t = 5$	90	6	9,5–12,2	0,4
	2 camada	$t = 7$	115	7	9,5–12,2	0,4
		$t = 8$	150	9	9,5–12,2	0,4
		$t = 9$	230	10	9,5–12,2	0,4
Poliamida ^b	F-0 ^c	$t = 0,8$	15	1,8	9,5	0,5
	F-1 ^c	$t = 1,3$	25	6	9,5	0,5
	F-2 ^c	$t = 1,8$	60	10	13,8	0,5
	A-2 ^c	$t = 2,8$	60	10	10,0	0,8
	A-3 ^c	$t = 3,3$	110	18	11,4	0,8
	A-4 ^c	$t = 5,0$	240	30	10,6	0,8
	A-5 ^c	$t = 6,4$	340	48	10,6	0,8
Uretano ^d	w = 12,7	$t = 1,6$	Ver	1,0 ^e	10,3–12,2	0,7
	w = 19	$t = 2,0$	tabela	1,7 ^e	10,3–12,2	0,7
	w = 32	$t = 2,3$	17–3	3,3 ^e	10,3–12,2	0,7
	Redonda	$d = 6$	Ver	1,4 ^e	10,3–12,2	0,7
		$d = 10$	tabela	3,3 ^e	10,3–12,2	0,7
		$d = 12$	17–3	5,8 ^e	10,3–12,2	0,7
		$d = 20$		13 ^e	10,3–12,2	0,7

^aAdicione 2 in ao tamanho da polia para correias de 8 in de largura ou mais.

^cCobertura de atrito de borracha de acrilonitrilo-butadieno por ambos os lados.

^eA alongamento de 6%; 12% é o valor permissível máximo.

Tabela 17-3 Tamanhos mínimos de polia para correias planas e redondas de uretano (diâmetros em mm)

Estilo de correia	Tamanho da correia, mm	Razão entre a velocidade da polia e o comprimento da correia, rev/(m · s)		
		Até 14	14 a 27	28 – 55
Plana	12,7 × 1,6	9,7	11,2	12,7
	19 × 2,0	12,7	16	19
	32 × 2,3	12,7	16	19
Redonda	6	38,1	44,5	50,8
	10	57,1	66,5	76,2
	12	76,2	88,9	101,6
	20	127	152	177,8

Tabela 17-4 Fator de correção da polia, C_p , para correias planas*

Material	Diâmetro da polia pequena, mm					
	40 – 100	115 – 200	220 – 310	355 – 405	460 – 800	Mais de 800
Couro	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Poliamida,	F-0	0,95	1,0	1,0	1,0	1,0
	F-1	0,70	0,92	0,95	1,0	1,0
	F-2	0,73	0,86	0,96	1,0	1,0
	A-2	0,73	0,86	0,96	1,0	1,0
	A-3	–	0,70	0,87	0,94	0,96
	A-4	–	–	0,71	0,80	0,85
A-5	–	–	–	0,72	0,77	0,91

*Valores médios de C_p para os intervalos dados foram aproximados das curvas em *Habasit Engineering Manual*, Habasit Belting, Inc. Chamblee (Atlanta), Ga.

Tabela 17-5 Altura de abaulamento e diâmetro de polias ISO para correias planas.*

Diâmetro de polia ISO, mm	Altura de coroa, mm	Diâmetro de polia ISO, mm	Altura de coroa, in	
			$w \leq 250$ mm	$w > 250$ mm
40, 50, 62	0,3	315, 355	0,75	0,75
70, 80	0,3	315, 355	1,0	1,0
90, 100, 115	0,3	570, 635, 710	1,3	1,3
125, 142	0,4	800, 900	1,3	1,5
160, 180	0,5	1015	1,3	1,5
200, 230	0,6	1 140, 1 270, 1 420	1,5	2,0
250, 285	0,75	1 600, 1 800, 2 030	1,8	2,5

*Coroa deve ser arredondada, não em ângulo; aspereza máxima é $R_a = AA 1500 \mu\text{mm}$.

Passos para a análise de uma transmissão por correia plana

- 1 Encontrar $(f\phi)$ por meio da geometria do acionamento por correia e atrito.
- 2 Por meio da geometria da correia e velocidade, encontrar F_c .
- 3 Por meio de $T = 63\,025 H_{\text{nom}} K_s n_d/n$, encontrar o torque necessário.
- 4 Por meio do torque T , encontrar a tração necessária $(F_1)_a - F_2 = 2T/d$.
- 5 Das Tabelas 17-2 e 17-4 e da Equação (17-12), determine $(F_1)_a$.
- 6 Encontrar F_2 por meio de $(F_1)_a - [(F_1)_a - F_2]$.
- 7 Por meio da Equação (i), encontrar a tração inicial necessária F_i .
- 8 Verificar o desenvolvimento do atrito, $f' < f$. Use a Equação (17-7) resolvida para f' :

$$f' = \frac{1}{\phi} \ln \frac{(F_1)_a - F_c}{F_2 - F_c}$$

- 9 Encontrar o fator de segurança.

Exemplo 17-1

Uma correia plana A-3 de poliamida com 150 mm de largura é utilizada para transmitir 11 kW sob condição de choques leves em que $K_s = 1,25$, e um fator de segurança igual ou maior que 1,1 é apropriado. Os eixos de rotação das polias são paralelos e estão no plano horizontal. Os eixos distam de 2,4 m. A polia motora de 150 mm roda a 1750 rev/min de tal forma que o lado bambo é o de cima. A polia movida tem diâmetro de 450 mm. Ver Figura 17-10. O fator de segurança deve referir-se a exigências não quantificáveis.

- Calcule a tração centrífuga F_c e o torque T .
- Calcule os valores permissíveis de F_1 , F_2 , F_i e da potência permissível H_a .
- Calcule o fator de segurança. Ele é satisfatório?

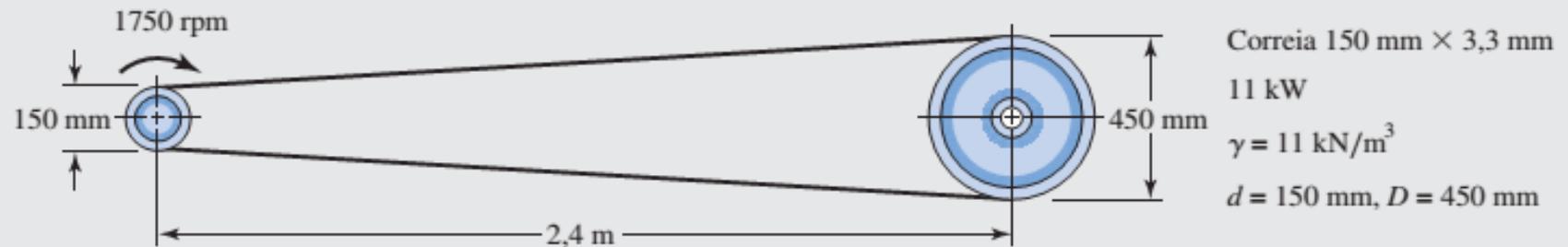


Figura 17-10 A transmissão por correia plana do Exemplo 17-1. (Desenho não está em escala)

Exemplo 17-1

(a) Equação (17-1):
$$\phi = \theta_d = \pi - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{450 - 150}{2(2400)} \right] = 3,0165 \text{ rad}$$

$$\exp(f\phi) = \exp[0,8(3,0165)] = 11,17$$

$$V = \pi(0,15)1750/60 = 13,7 \text{ m/s}$$

Tabela 17-2:

$$w = \gamma bt = 11000(0,15)0,0033 = 5,4 \text{ N/m}$$

Equação (e):

$$F_c = \frac{w}{g} V^2 = \frac{5,4}{9,81} (13,7)^2 = 103,3 \text{ N}$$

$$T = \frac{H_{\text{nom}} K_s n_d}{2\pi n} = \frac{1,25(1,1)11000}{2\pi 1750/60}$$
$$= 82,5 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Exemplo 17-1

(b) A diferença necessária $(F_1)_a - F_2$ para transmitir o torque T , da Equação (h), é

$$(F_1)_a - F_2 = \frac{2T}{d} = \frac{2(82)}{0,15} = 1093,3 \text{ N}$$

Da Tabela 17-2, $F_a = 18 \text{ kN/m}$. Para correias de poliamida, $C_v = 1$, e da Tabela 17-4, $C_p = 0,70$. Da Equação (17-12), a tração permissível máxima na correia $(F_1)_a$ é

$$(F_1)_a = bF_aC_pC_v = 0,15(18\,000)0,70(1) = 1\,890 \text{ N}$$

então

$$F_2 = (F_1)_a - [(F_1)_a - F_2] = 1\,890 - 1\,093 = 796,7 \text{ N}$$

e da Equação (i)

$$F_i = \frac{(F_1)_a + F_2}{2} - F_c = \frac{1\,890 + 796,7}{2} - 103 = 1\,240,4 \text{ N}$$

A combinação de $(F_1)_a$, F_2 e F_i transmitirá a potência de projeto de $11(1,25)(1,1) = 15,125 \text{ kW}$ e protegerá a correia. Verificamos o desenvolvimento do atrito ao resolver a Equação (17-7) para f' :

$$f' = \frac{1}{\phi} \ln \frac{(F_1)_a - F_c}{F_2 - F_c} = \frac{1}{3,0165} \ln \frac{1\,890 - 103}{797 - 103} = 0,314$$

Da Tabela 17-2, $f = 0,8$. Uma vez que $f' < f$, isto é, $0,314 < 0,80$, não há perigo de ocorrência de deslizamento.

Exemplo 17–1

(c)

$$n_{fs} = \frac{H}{H_{\text{nom}} K_s} = \frac{15,125}{11(1,25)} = 1,1 \quad (\text{como esperado})$$

A correia é satisfatória e existe a tração permissível máxima na correia. Se a tração inicial é mantida, a capacidade é a potência de projeto de 15,125 kW.

Esquemas de Tensionamento da Correia

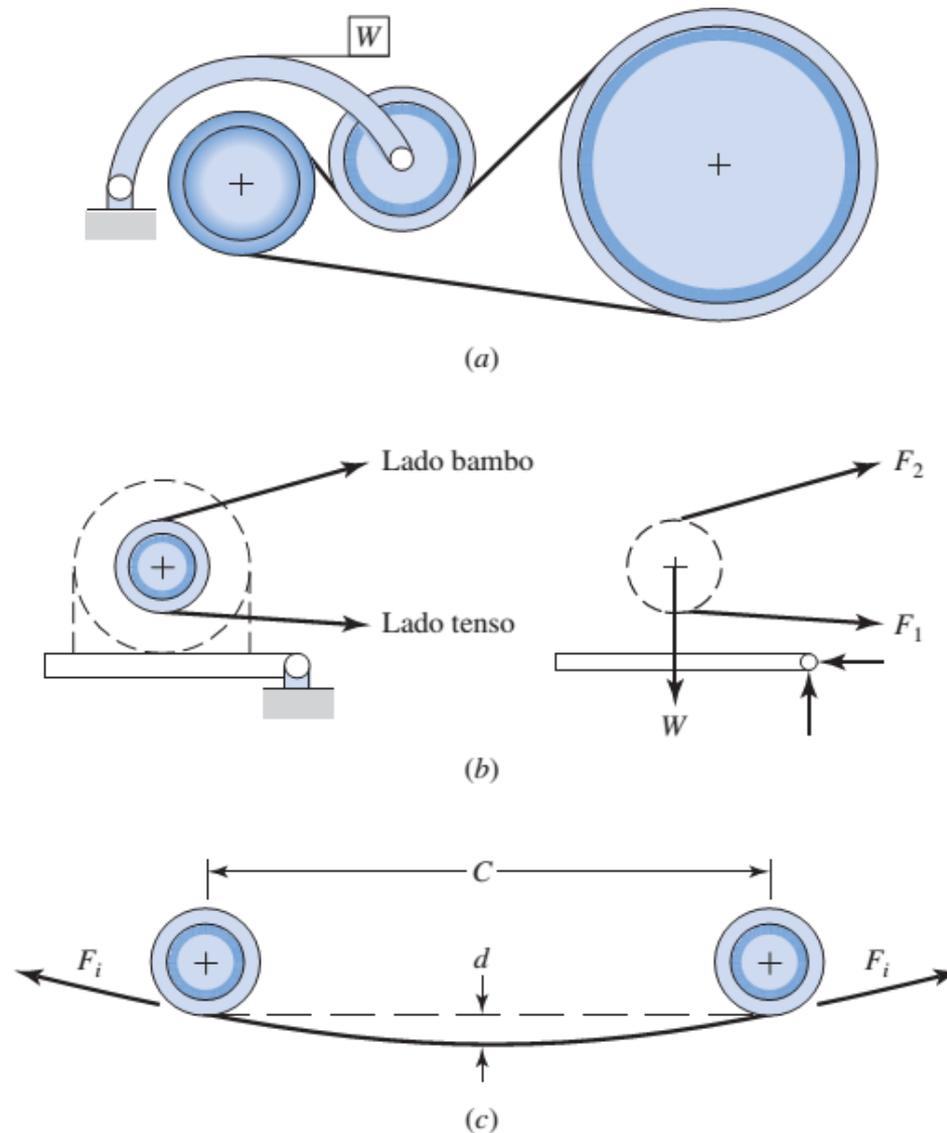


Figura 17-11 Esquemas de tracionamento de correias. (a) Polia intermediária pesada. (b) Montagem com motor pivotado. (c) Tração induzida por catenária.

Relação entre a deflexão e a tração inicial

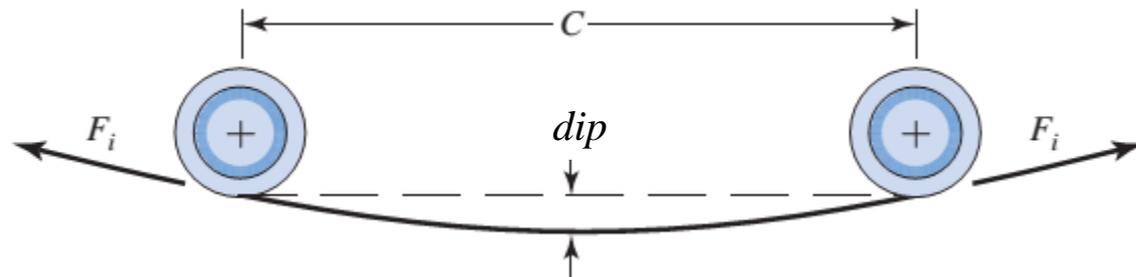
$$dip = \frac{C^2 w}{8F_i} \quad (17-13)$$

dip = depressão, m

C = distância de centro a centro, m

w = peso por m de correia, N/m

F_i = tração inicial, N



Exemplo 17–2

Projete uma transmissão por correia plana para conectar eixos horizontais a 4,8 m entre centros. A razão de velocidade deve ser de 2,25:1. A velocidade angular da polia motora menor é de 860 rev/min, e a potência nominal transmitida deve ser de 44 760 W sob condição de choques bem leves.

- Função: $H_{\text{nom}} = 44\,760$ W, 860 rev/min, razão 2,25:1, $K_s = 1,15$, $C = 4,8$ m.
- Fator de projeto $n_d = 1,05$.
- Tração inicial a ser mantida: catenária.
- Material da correia: poliamida.
- Geometria da transmissão, d , D .
- Espessura da correia: t .
- Largura da correia: d .

Os últimos quatro itens poderiam ser variáveis de projeto. Tomemos primeiro mais algumas decisões.

$$d = 400 \text{ mm}, D = 2,25d = 900 \text{ mm}.$$

Exemplo 17-2

Utilize correia A-3 de poliamida; portanto, $t = 3,3$ mm e $C_v = 1$.

Agora há uma decisão de projeto restante a ser tomada, a largura de correia b .

Tabela 17-2: $\gamma = 11,4$ kN/m³ $f = 0,8$ $F_a = 18$ kN/m at 600 rev/min

Tabela 17-4: $C_p = 0,94$

Equação (17-12): $F_{1a} = b(18\,000)0,94(1) = 16\,920b$ N (1)

$$H_d = H_{\text{nom}} K_s n_d = 44\,760(1,15)1,05 = 54\,048 \text{ W}$$

$$T = \frac{H_d}{2\pi n} = \frac{54\,048}{2\pi 860/60} = 600 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Calcule $\exp(f\phi)$ para desenvolvimento de atrito completo:

Equação (17-1): $\phi = \theta_d = \pi - 2 \sin^{-1} \frac{900 - 400}{2(4800)} = 3,037$ rad

$$\exp(f\phi) = \exp[0,80(3,037)] = 11,35$$

Exemplo 17–2

Estime a tração centrífuga F_c em termos da largura da correia b :

$$w = \gamma bt = (11\,400)b(0,0033) = 37,6b \text{ N/m}$$

$$V = \pi dn = \pi(0,4)860/60 = 18 \text{ m/s}$$

Equação (e):

$$F_c = \frac{w}{g}V^2 = \frac{(37,6)b(18)^2}{9,81} = 1241,8b \text{ N} \quad (2)$$

Para as condições de projeto, isto é, no nível de potência H_d , usando Equação (h) tem-se

$$(F_1)_a - F_2 = 2T/d = 2(600)/0,4 = 3\,000 \text{ N} \quad (3)$$

$$F_2 = (F_1)_a - [(F_1)_a - F_2] = 16\,920b - 3\,000 \text{ N} \quad (4)$$

Utilizando a Equação (i), resulta

$$F_i = \frac{(F_1)_a + F_2}{2} - F_c = \frac{16\,920b + 16\,920b - 3\,000}{2} - 1241,8b = 15\,678,2b - 1\,500 \text{ N} \quad (5)$$

Exemplo 17-2

Coloque o desenvolvimento de atrito em seu nível mais alto utilizando a Equação (17-7):

$$f\phi = \ln \frac{(F_1)_a - F_c}{F_2 - F_c} = \ln \frac{16920b - 1241,8b}{16920b - 3000 - 1241,8b} = \ln \frac{15678,2b}{15678,2b - 3000}$$

Resolvendo a equação anterior para a largura de correia b , para a qual o atrito está completamente desenvolvido, resulta

$$b = \frac{3000}{15678,2} \frac{\exp(f\phi)}{\exp(f\phi) - 1} = \frac{3000}{15678,2} \frac{11,38}{11,38 - 1} = 0,210 \text{ m} = 210 \text{ mm}$$

Uma correia com largura maior que 210 mm desenvolverá atrito menor que $f = 0,80$. Dados do fabricante indicam que a próxima correia de largura maior é 250 mm.

Utilize uma correia de largura 250 mm.

Segue então que para uma correia de largura igual a 250 mm:

Equação (2): $F_c = 1241,8(0,25) = 310 \text{ N}$

Equação (1): $(F_1)_a = 16920(0,25) = 4230 \text{ N}$

Equação (4): $F_2 = 4230 - 3000 = 1230 \text{ N}$

Equação (5): $F_i = 15678,2(0,25) - 1500 = 2420 \text{ N}$

Exemplo 17-2

A potência transmitida, da Equação (3), é

$$H_t = [(F_1)_a - F_2]V = 3000(18) = 54000 \text{ W}$$

e o nível de desenvolvimento de atrito f' , da Equação (17-7) é

$$f' = \frac{1}{\phi} \ln \frac{(F_1)_a - F_c}{F_2 - F_c} = \frac{1}{3,037} \ln \frac{4230 - 310}{1230 - 310} = 0,477$$

menor que $f = 0,8$, portanto satisfatório. Se houvesse uma largura de correia de 225 mm disponível, a análise mostraria que $(F_1)_a = 3807 \text{ N}$, $F_2 = 807 \text{ N}$, $F_i = 2028 \text{ N}$ e $f' = 0,63$. Com uma figura de mérito disponível refletindo custo, correias mais grossas (A-4 ou A-5) poderiam ser examinadas para determinar qual das alternativas satisfatórias é a melhor. Da Equação (17-13) a flecha de catenária é

$$dip = \frac{C^2 w}{8 F_i} = \frac{4,8^2 (37,6) 0,25}{8(2420)} = 0,011 \text{ m} = 11 \text{ mm}$$

Trações em correias planas.

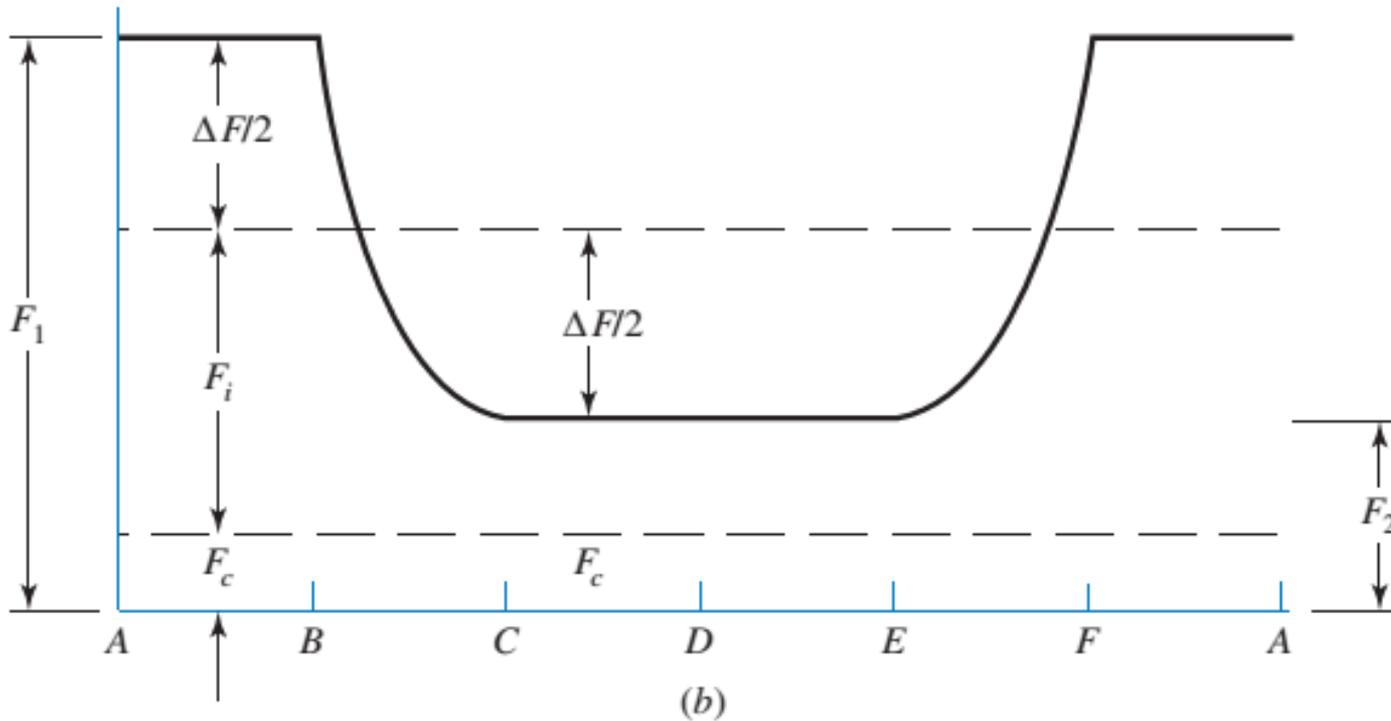
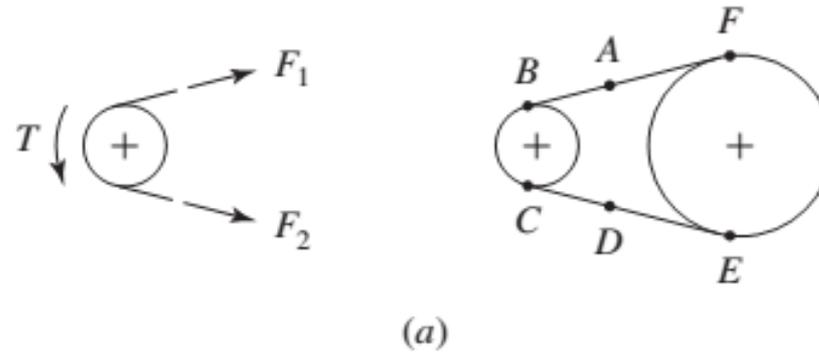


Figura 17-12 Trações em correias planas.

Exercícios Recomendados

17-2

17-4

17-8

17-14