

Introdução

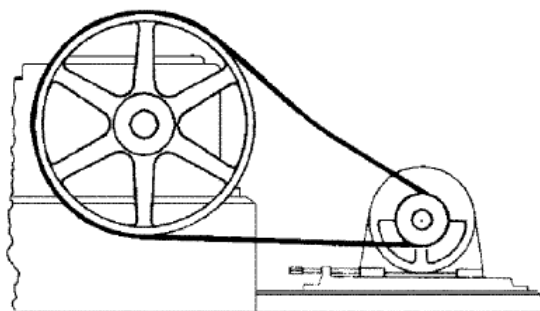


Figura 1: Esquema de duas polias acopladas através de uma correia

As polias são peças cilíndricas, movimentadas pela rotação do eixo do motor e pelas correias. Os tipos de polia são determinados pela forma da superfície na qual a correia se assenta. No quadro da próxima página, observe, com atenção, alguns exemplos de polias e, ao lado, a forma como são representadas em desenho técnico. Polia que transmite movimento e força é a polia motora ou condutora. Polia que recebe movimento e força é a polia movida ou conduzida. Os materiais empregados na confecção de uma polia são: ferro fundido, ligas leves, aços e materiais sintéticos. Os tipos de polias são:

1. Polia de aro plano;
2. Polia de aro abaulado;
3. Polia escalonada de aro plano;
4. Polia escalonada de aro abaulado;
5. Polia com guia;
6. Polia em "V" simples;
7. Polia em "V" múltipla;
8. Polia para correia dentada;
9. Polia para correia redonda.

Correias são elementos de máquinas que transmitem movimento de rotação entre dois eixos (motor e movido) por intermédio de polias. Elas são empregadas quando se pretende transmitir potência de um veio para o outro a uma distância em que o uso de engrenagens é inviável. Na figura abaixo, apresentamos os tipos de correias.

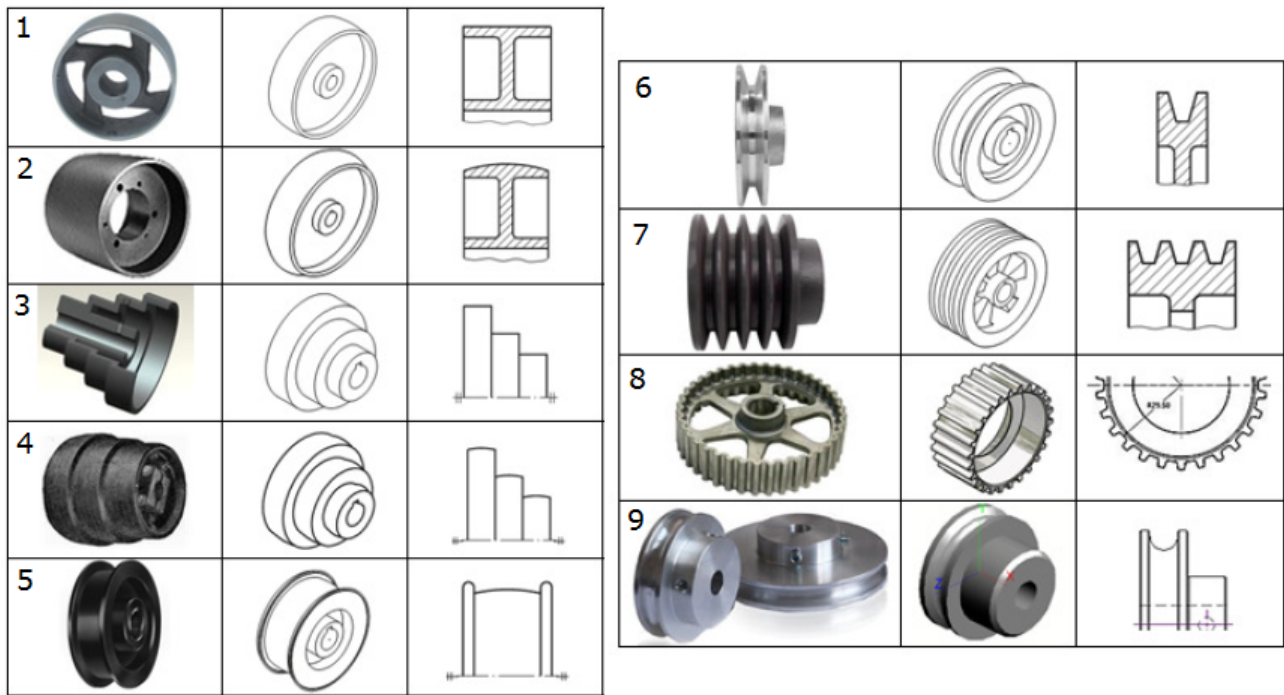


Figura 2: Tipos de polias

1. Planas "flat";
2. Redondas;
3. Dentada;
4. Trapezoidal ou "V" simples;
5. Trapezoidal ou "V" múltipla.

As correias mais usadas são planas e as trapezoidais. A correia em V ou trapezoidal é inteiriça, fabricada com seção transversal em forma de trapézio. É feita de borracha revestida de lona e é formada no seu interior por cordoneis vulcanizados para suportar as forças de tração.

O emprego da correia trapezoidal ou em V é preferível ao da correia plana porque:

- Praticamente não apresenta deslizamento;
- Permite o uso de polias bem próximas;
- Elimina os ruídos e os choques, típicos das correias emendadas (planas).

Como as correias têm características diferentes de fabricante para fabricante, é aconselhável seguir as instruções que eles forneçam. Além disso, para o projeto de transmissão por correias, deve-se levar em conta os seguintes critérios:

1. Potência a ser transmitida;
2. Tipos de máquinas motoras e movidas;
3. Velocidade angular da polia motora e da polia movida;

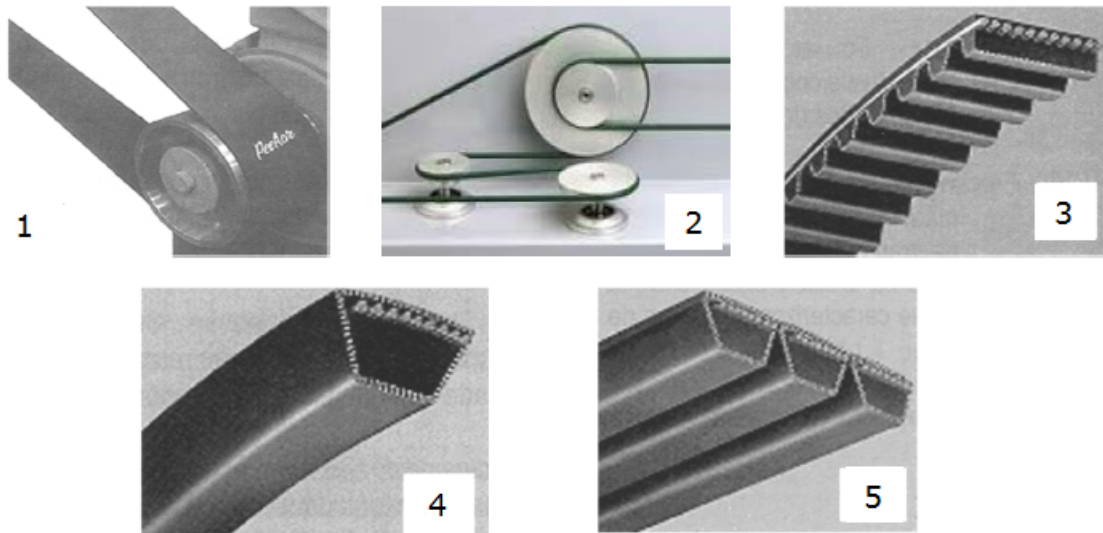


Figura 3: Tipos de correias

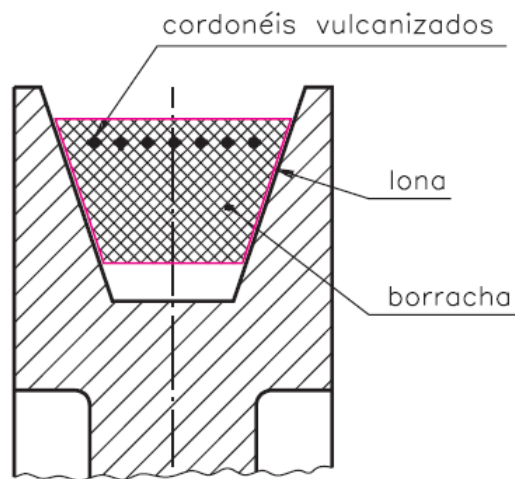


Figura 4: Constituição de uma correia

4. Distância entre os eixos das polias. O comprimento máximo admitido deve ser igual a três o produto da soma dos diâmetros da polia motora e movida.
5. Tipos de cargas: (uniforme, choques moderados, choques intensos.)

A partir destes elementos pretende-se selecionar a correia a ser usada observando o tipo, a secção e o comprimento primitivo. Outra correia utilizada é a correia dentada, para casos em que não se pode ter nenhum deslizamento, como no comando de válvulas do automóvel.

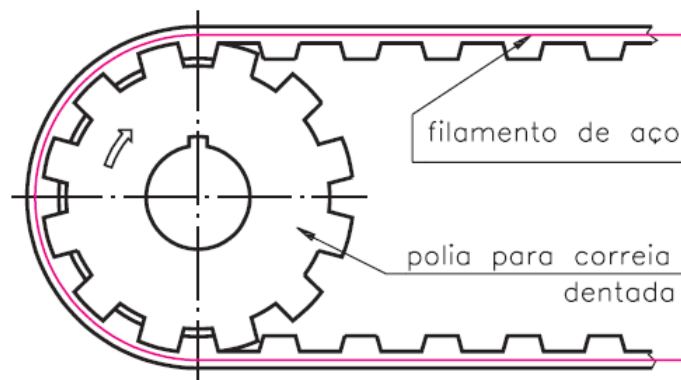


Figura 5: Correia dentada

Alguns danos que as correias podem sofrer tabelando os problemas, suas causas prováveis e soluções recomendadas.

PROBLEMAS COM CORREIAS	CAUSAS	SOLUÇÕES
Perda da cobertura e inchamento	excesso de óleo	lubrificar adequadamente, limpar polias e correias
Rachaduras	Exposição ao tempo.	Proteger, trocar as correias
Derrapagem na polia	Tensão insuficiente; polia movida presa.	Tensionar adequadamente; limpar e soltar a polia presa
Rompimento	Cargas momentâneas excessivas.	Instalar adequadamente; operar adequadamente.
Deslizamento ou derrapagem	Polias desalinhadas; polias gastas; vibração excessiva.	Alinhar o sistema; trocar as polias
Endurecimento e rachaduras prematuras	Ambiente com altas temperaturas.	Providenciar ventilação
Correia com squeal (chiado)	Cargas momentâneas excessivas.	Tensionar adequadamente
Vibração excessiva	Tensão insuficiente	Tensionar adequadamente; trocar as correias.

Transmissão de Potência

É a transmissão de força e velocidade de um eixo a outro, uma vez que a potência é igual ao produto da força pela velocidade de deslocamento. Os mecanismos de transmissão de potência são divididos em classes e gêneros.

Gêneros

1. Transmissão por contato direto:

- { – Rodas de aderência (embreagem)
- { – Engrenagens

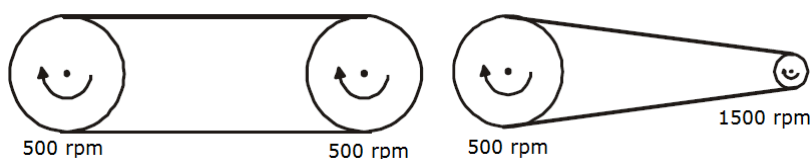
2. Transmissão por contato indireto:

- Intermediário rígido (biela e eixo cardan)
- Intermediário flexível (correia, cabo e corrente)

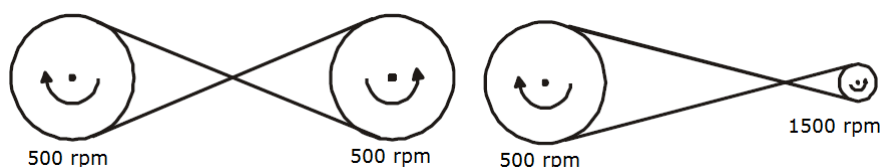
Para grandes distâncias usam-se cabos e não correias. O diâmetro de uma polia deve ser no máximo 5 vezes o diâmetro da outra, 6 vezes causa deslizamento (patinagem).

Classes

Relação de transmissão constante em sinal e grandeza e relação de transmissão constante em sinal e variável em grandeza:



Relação de transmissão constante em grandeza e variável em sinal e relação de transmissão variável em sinal e grandeza

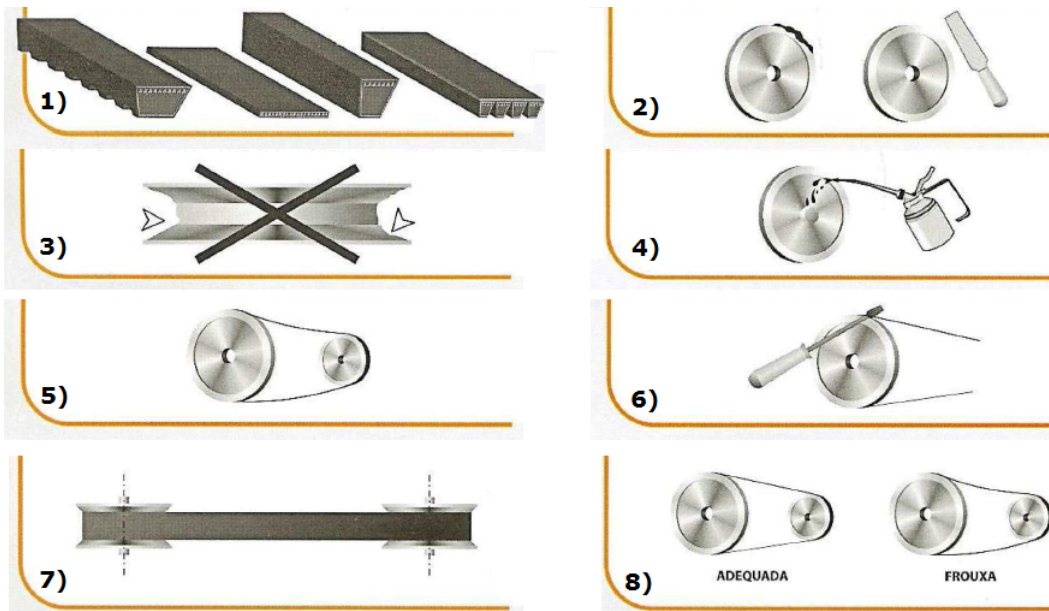


Para grandes distâncias usam-se cabos e não correias. O diâmetro de uma polia deve ser no máximo 5 vezes o diâmetro da outra, 6 vezes causa deslizamento (patinagem).

Principais Causas de Problemas de Transmissão

Segundo a empresa ROCAR Acessórios Industriais, as principais causas de problemas de transmissão são:

1. Manutenção inadequada de transmissão (40 %);
2. Instalação inadequada das correias e polias (15 %);
3. Transmissão mal dimensionada (15 %);
4. Fatores ambientais (15 %);
5. Armazenamento e manejo inadequado das correias (10 %);
6. Defeito de fabricação de algum dos componentes de transmissão (5 %).



Como Aumentar a Vida Útil da Sua Transmissão

- 1) Utilize jogos novos de correias do mesmo fabricante;
- 2) Remova das polias óleo, graxa, tinta, ferrugem, etc. além de qualquer aspereza existente;
- 3) Verifique e corrija eventuais desgastes nas polias (as faces deverão estar lisas);
- 4) Faça também a verificação de outros componentes, como lubrificação, rolamento e chavetas;
- 5) Afrouxe todo sistema do esticador;
- 6) Não utilize ferramentas como alavanca. Deixe as correias entrarem naturalmente no canal;
- 7) Alinhe-se as polias e certifique-se do paralelismo dos eixos;
- 8) Tensionamento:
 - (a) Funcione manualmente uma ou duas voltas;
 - (b) Faça trabalhar durante 5 *min*, tornando a tensioná-las;
 - (c) Repita esta operação aos 30 *min*, 1 *h* e 3 *h* após a instalação;
 - (d) Observe-as durante as primeiras 48 *h*, retensionando-as caso necessário.

Relação de Transmissão nas Polias

Períodos, Frequências e Relação de Transmissão

A velocidade linear v de uma correia é a mesma para todos os pontos periféricos, pois não há escorregamento. Assim, da Fig. (6), temos:

$$v = r_1 \omega_1 = \frac{2r_1}{2} \cdot \frac{n_1 \pi}{30} = \frac{\phi_1 n_1 \pi}{60} \quad (1)$$

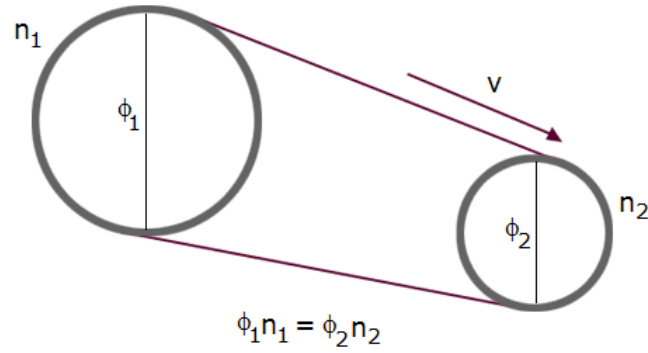


Figura 6: Duas polias acopladas por uma correia

onde r_1 é o raio da polia motora, ϕ_1 é o diâmetro da polia motora, ω_1 sua velocidade angular em rad/s e n_1 é a sua velocidade angular em rpm . Analogamente, para a polia movida, temos:

$$v = r_2 \omega_2 = \frac{2r_2}{2} \cdot \frac{n_2 \pi}{30} = \frac{\phi_2 n_2 \pi}{60} \quad (2)$$

onde r_2 é o raio da polia motora, ϕ_2 é o diâmetro da polia motora, ω_2 sua velocidade angular em rad/s e n_2 é a sua velocidade angular em rpm . Comparando as equações (1) e (2), obtemos a relação diâmetro versus velocidade angular em rpm :

$$\boxed{\phi_1 n_1 = \phi_2 n_2} \quad (3)$$

Desta relação, podemos afirmar que a rotação de uma polia e o seu diâmetro são grandezas inversamente proporcionais.

Proposição 1: Dadas duas polias acopladas por uma correia, então:

- i) $r_1 \omega_1 = r_2 \omega_2$
- ii) $r_1 f_1 = r_2 f_2$
onde f_1 e f_2 são as frequências em Hertz das polias motora e movida respectivamente.
- iii) $\frac{r_1}{T_1} = \frac{r_2}{T_2}$
onde T_1 e T_2 são os períodos de rotação das polias motora e movida respectivamente.

Demonstração:

- i) Sendo o diâmetro igual ao dobro do raio e $n = \frac{30\omega}{\pi}$, então

$$\phi_1 n_1 = \phi_2 n_2 \Rightarrow 2r_1 \cdot \frac{30\omega_1}{\pi} = 2r_2 \cdot \frac{30\omega_2}{\pi} \Rightarrow r_1 \omega_1 = r_2 \omega_2$$

- ii) Usando o fato que $\omega = 2\pi f$ no item anterior, segue o resultado.
- iii) Usando o fato que $f = \frac{1}{T}$ no item anterior, segue o resultado.

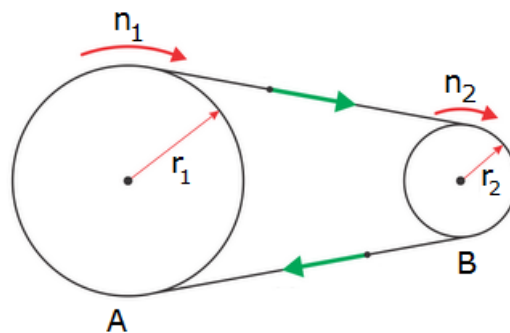
Chama-se relação de transmissão i a razão entre o diâmetro da polia movida pelo diâmetro da polia motora, isto é:

$$\boxed{i = \frac{\phi_2}{\phi_1}} \quad (4)$$

Da expressão (3), segue que $i = \frac{n_1}{n_2}$.

Exemplo 1: Duas polias A e B estão acopladas conforme a figura abaixo. Sabendo que a velocidade da polia motora A é $\omega_1 = 39\pi \text{ rad/s}$, o diâmetro de A é $\phi_1 = 100 \text{ mm}$ e o diâmetro da polia movida B é $\phi_2 = 180 \text{ mm}$, calcule:

- Período da polia A (T_1);
- Frequência da polia A (f_1);
- Rotação da polia A (n_1);
- Rotação da polia B (n_2);
- Frequência da polia B (f_2);
- Período da polia B (T_2);
- A relação de transmissão i .



Resolução:

- Da expressão $\omega = \frac{2\pi}{T}$, segue que

$$39\pi = \frac{2\pi}{T_1} \Rightarrow T_1 = \frac{2}{39} = 0,051 \text{ s}$$

$$\text{b) } f_1 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{2/39} = \frac{39}{2} = 19,5 \text{ Hz}$$

c)

$$\omega_1 = \frac{n_1\pi}{30} \Rightarrow 39\pi = \frac{\pi n_1}{30} \Rightarrow n_1 = 1170 \text{ rpm}$$

- Da expressão (3), $n_1\phi_1 = n_2\phi_2$. Assim,

$$1170 \cdot 100 = n_2 \cdot 180 \Rightarrow n_2 = 650 \text{ rpm}$$

- Da Prop. 1, $r_1f_1 = r_2f_2$. Assim,

$$100 \cdot \frac{39}{2} = 180 \cdot f_2 \Rightarrow 10,83 \text{ Hz}$$

$$f) T_2 = \frac{1}{f_2} = \frac{1}{10,83} = 0,092 \text{ s}$$

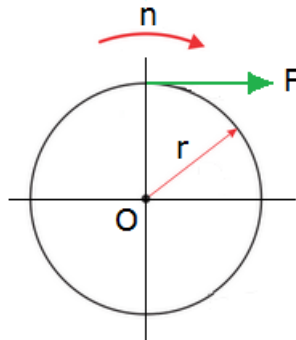
g) Da expressão (4), temos:

$$i = \frac{\phi_2}{\phi_1} = \frac{180}{100} = 1,8 : 1$$

Transmissão do Momento Torsor ou Torque

Por definição, o torque (M) é igual ao produto da força tangencial pelo raio da polia, isto é:

$$\boxed{M = Fr} \quad (5)$$



Considere um motor de potência de P dada em *cv* o qual possui uma rotação n dada em *rpm*. Se acoplarmos uma polia de raio r_1 , sua rotação $n_1 = n$. Além disso, podemos deduzir uma expressão para a força tangencial F_t na extremidade da polia acoplada ao motor. De fato,

$$P = F_t \cdot v = F_t \omega r_1 = F_t \cdot \frac{30n_1}{\pi} \cdot r_1 \Rightarrow F_t = \frac{\pi P}{30n_1 r_1}$$

Sendo $1 \text{ cv} = 735,5 \text{ w}$, então

$$F_t = \frac{735,5\pi P}{30n_1 r_1} \quad \text{ou seja,} \quad \boxed{F_t = \frac{77P}{n_1 r_1}} \quad (6)$$

sendo n_1 a rotação do motor em *rpm*, r_1 o raio da polia motora em *m*, potência em *cv* e a força em newtons (*N*). Observe que o torque na polia motora é dado por $M_1 = F_t \cdot r_1 = 77P/n_1$. Admitindo que não há deslizamento da correia entre as polias motora e movida, então a força tangencial F_t é a mesma ao longo da correia, de modo que

$$\boxed{F_t = \frac{M_1}{r_1} = \frac{M_2}{r_2}} \quad (7)$$

Exemplo 2: Determine o torque na polia movida de diâmetro 100 mm , sabendo que a polia motora de diâmetro 200 mm está acoplada a um motor de $1/2 \text{ cv}$ que gira a 1750 rpm . Determine o torque na polia movida.

Resolução: Sendo $\phi_1 = 100 \text{ mm}$, então $r_1 = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$. Da expressão (6), a força tangencial é:

$$F_t = \frac{77 \cdot 0,5}{1750 \cdot 0,05} = 0,44 \text{ N}$$

Sendo $r_2 = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$, segue que o torque na polia movida é $M_2 = F_t \cdot r_2 = 0,44 \cdot 0,1 = 0,044 \text{ Nm}$.

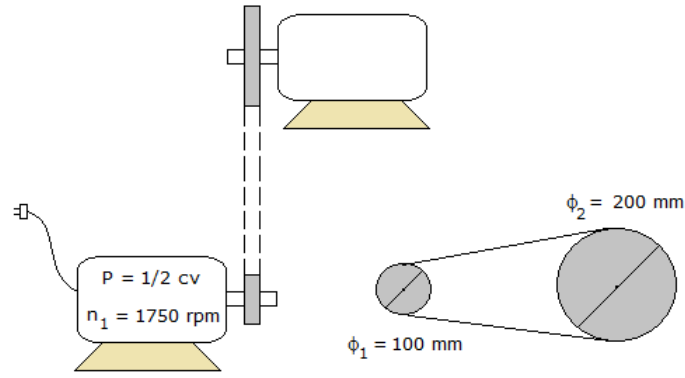


Figura 7: Diagrama para o Exemplo 2

Cálculo do Comprimento da Correia

Em todo projeto mecânico envolvendo polias e correias é muito importante saber o comprimento da correia a ser usada. Nesta seção deduziremos duas fórmulas muito úteis para esta finalidade. Sem perda de generalidade, suponhamos que $0 < r_1 \leq r_2$ conforme a figura (8). Considere também:

- $\overline{O_1O_2} = \delta$ (a distância entre eixos),
- r_1 o raio da polia motora (mm),
- r_2 é o raio da polia movida (mm),
- v a velocidade linear da correia,
- θ_1 é o ângulo de contato da polia motora (rad),
- θ_2 é o ângulo de contato da polia movida (rad).

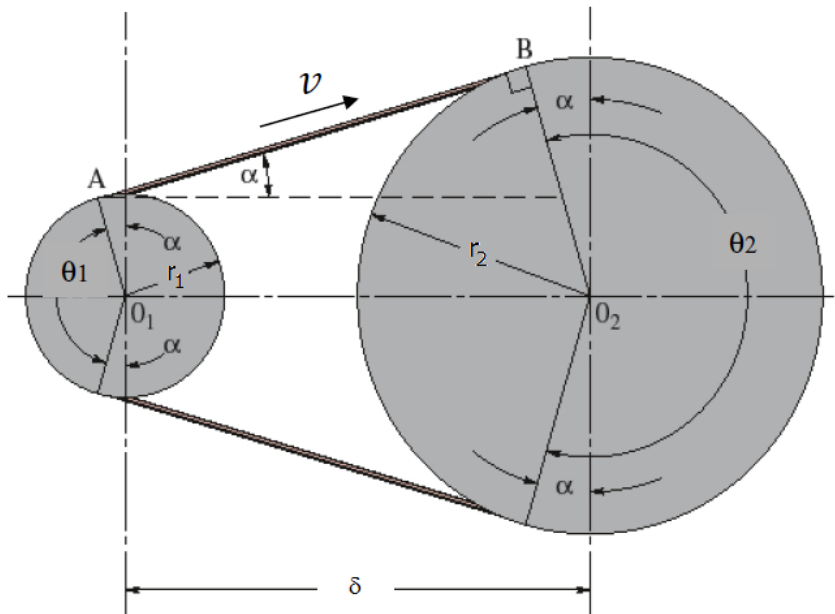
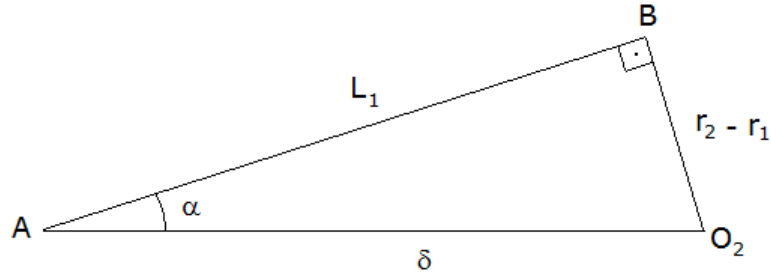


Figura 8: Detalhes de duas polias e uma correia em transmissão direta.

Deste esquema destacamos o triângulo retângulo ABO_2 na figura abaixo.



Do teorema de Pitágoras,

$$L_1^2 = \delta^2 - (r_2 - r_1)^2 \Rightarrow L_1 = \sqrt{\delta^2 - (r_2 - r_1)^2}$$

Assim, o comprimento L da correia entre as polias motora e movida é:

$$\begin{aligned} L &= 2L_1 + r_1\theta_1 + r_2\theta_2 = r_1\theta_1 + r_2\theta_2 + 2\sqrt{\delta^2 - (r_2 - r_1)^2} \\ &= r_1(\pi + \theta_1 - \pi) + r_2(\pi + \theta_2 - \pi) + 2\sqrt{\delta^2 - (r_2 - r_1)^2} \\ &= \pi(r_1 + r_2) + r_1(\theta_1 - \pi) + r_2(\theta_2 - \pi) + 2\sqrt{\delta^2 - (r_2 - r_1)^2} \end{aligned} \quad (8)$$

Por outro lado, da figura (8), $2\alpha + \theta_1 = \pi$, de modo que $\theta_1 - \pi = -2\alpha$ e $2\alpha + \theta_2 = \pi$, de modo que $\theta_2 - \pi = 2\alpha$. Substituindo estas expressões, temos:

$$\begin{aligned} L &= \pi(r_1 + r_2) + 2\alpha r_2 - 2\alpha r_1 + 2\sqrt{\delta^2 - (r_2 - r_1)^2} \\ &= \pi(r_1 + r_2) + 2\sqrt{\delta^2 - (r_2 - r_1)^2} + 2\alpha(r_2 - r_1) \end{aligned} \quad (9)$$

Mas,

$$\sin \alpha = \frac{r_2 - r_1}{\delta} \Rightarrow \alpha = \arcsin\left(\frac{r_2 - r_1}{\delta}\right) \quad (10)$$

Substituindo (10) em (9), segue que

$$L = \pi(r_1 + r_2) + 2\sqrt{\delta^2 - (r_2 - r_1)^2} + 2(r_2 - r_1) \arcsin\left(\frac{r_2 - r_1}{\delta}\right)$$

Em muitas aplicações, $|r_2 - r_1| \ll \delta$, de modo que $\arcsin |r_2 - r_1|/\delta \simeq 0$. Logo, a expressão para calcular o comprimento de uma correia entre duas polias com transmissão direta é dada por:

$$\boxed{L = \pi(r_1 + r_2) + 2\sqrt{\delta^2 - (r_2 - r_1)^2}} \quad (11)$$

Para duas polias acopladas por uma correia em transmissão cruzada, cálculos análogos nos leva a expressão:

$$\boxed{L = \pi(r_1 + r_2) + 2\sqrt{\delta^2 - (r_2 + r_1)^2}} \quad (12)$$

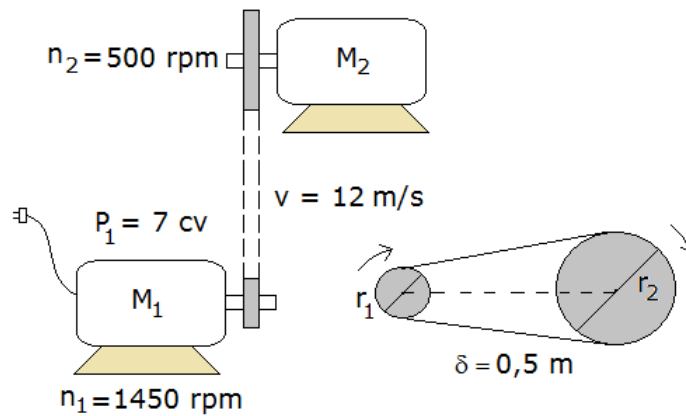
Exemplo 3: Determine o comprimento da correia a ser adquirida no esquema abaixo:

Resolução: Sendo $v = r_1\omega_1 = \frac{\pi n_1 r_1}{30}$, então

$$30 \cdot 12 = \pi \cdot 1450 \cdot r_1 \Rightarrow r_1 = 0,079 \text{ m}$$

Mas, da expressão (3), segue que $r_1 n_1 = r_2 n_2$, de modo que

$$0,079 \cdot 1450 = r_2 \cdot 500 \Rightarrow r_2 = 0,229 \text{ m}$$

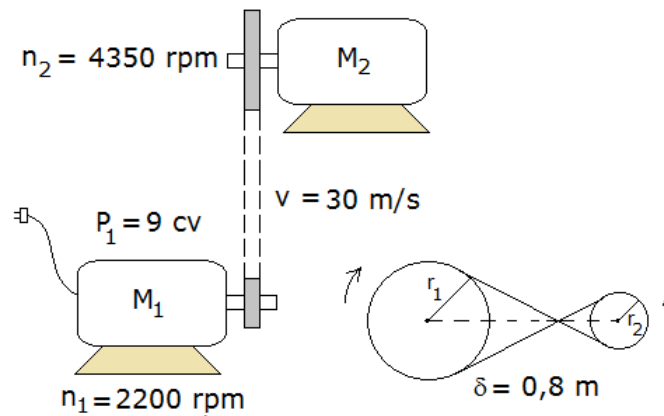


Logo, da expressão (11), temos:

$$L = \pi(r_1 + r_2) + 2\sqrt{\delta^2 - (r_2 - r_1)^2}$$

$$L = \pi(0,079 + 0,229) + 2\sqrt{0,5^2 - (0,079 - 0,229)^2} = 2,01 \text{ m}$$

Exemplo 4: Dimensionar os diâmetros das polias e o comprimento da correia a ser adquirida no esquema acima.



Resolução: Sendo $v = r_1\omega_1 = \frac{\pi n_1 r_1}{30}$, então

$$30 \cdot 30 = \pi \cdot 2200 \cdot r_1 \Rightarrow r_1 = 0,13 \text{ m}$$

Mas, $r_1 n_1 = r_2 n_2$, de modo que

$$0,13 \cdot 2200 = r_2 \cdot 4350 \Rightarrow r_2 = 0,065 \text{ m}$$

Logo, da expressão (12), temos:

$$L = \pi(r_1 + r_2) + 2\sqrt{\delta^2 - (r_2 + r_1)^2}$$

$$L = \pi(0,13 + 0,065) + 2\sqrt{0,8^2 - (0,13 + 0,065)^2} = 2,16 \text{ m}$$

Exemplo 5: No sistema de transmissão por correias abaixo, determinar o comprimento das correias.

Resolução: Da figura, $r_1 = 40 \text{ mm} = 0,04 \text{ m}$, $r_3 = 120 \text{ mm} = 0,12 \text{ m}$, $r_2 = 50 \text{ mm} = 0,05 \text{ m}$ e $r_4 = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m}$. Seja L_1 o comprimento da correia entre as polias de diâmetro ϕ_1 e ϕ_3 . Assim,

$$L_1 = \pi(r_1 + r_3) + 2\sqrt{\delta^2 - (r_3 - r_1)^2} = \pi(0,04 + 0,12) + 2\sqrt{0,7^2 - (0,12 - 0,04)^2} = 1,89 \text{ m}$$

Seja L_2 o comprimento da correia entre as polias de diâmetro ϕ_2 e ϕ_4 . Assim,

$$L_2 = \pi(r_2 + r_4) + 2\sqrt{\delta^2 - (r_4 - r_2)^2} = \pi(0,05 + 0,15) + 2\sqrt{0,5^2 - (0,15 - 0,05)^2} = 1,61 \text{ m}$$

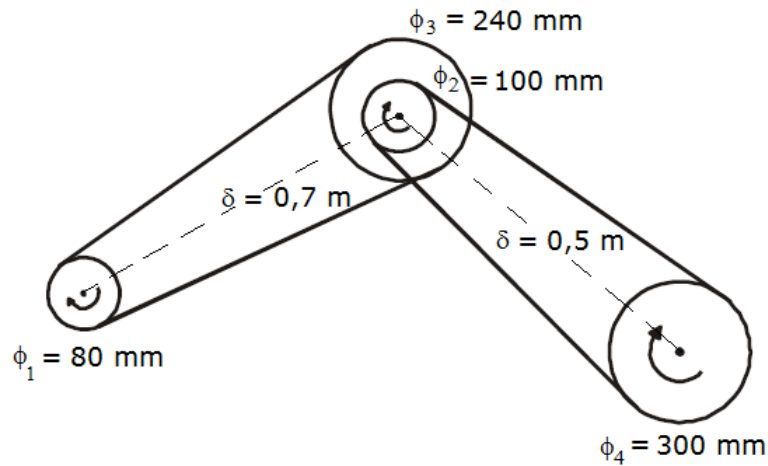


Figura 9: Diagrama para o Exemplo 5

Exercícios Propostos (Lista 2)

1. O que são polias?
2. Cite 5 tipos de polias.
3. O que são correias?
4. Quando são empregadas as correias?
5. Cite os tipos de correias.
6. Quais as vantagens de usar as correias em V ou trapezoidais ao invés das correias planas?
7. Quais são os critérios que devem levar em conta ao comprar uma correia?
8. Qual a possível causa de um rompimento de uma correia? Quais as soluções?
9. Quais as possíveis causas se está ocorrendo derrapagem ou deslizamento de uma correia? Quais as soluções?
10. As polias e correias transmitem:
 - a) () impulso e força;
 - b) () calor e vibração;
 - c) () força e atrito;
 - d) () força e velocidade.
11. As correias mais comuns são:
 - a) () planas e trapezoidais;
 - b) () planas e paralelas;
 - c) () trapezoidais e paralelas;
 - d) () paralelas e prismáticas.

12. A correia em V ou trapezoidal inteiriça é feita na forma de:

- a) () quadrado;
- b) () trapézio;
- c) () losango;
- d) () prisma.

13. Como é classificado a transmissão de potência por contato direto?

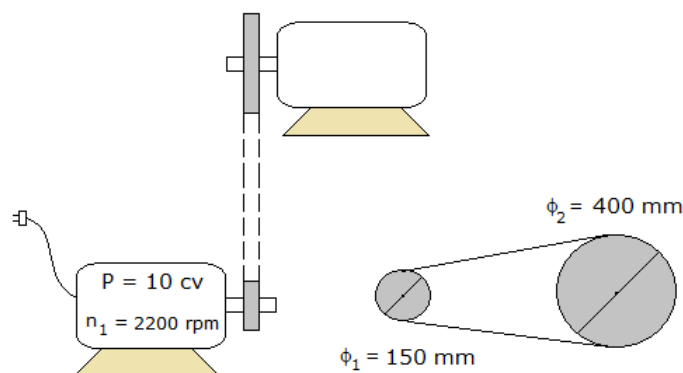
14. Como é classificado a transmissão de potência por contato indireto?

15. Faça um desenho de uma relação de transmissão constante em grandeza e variável em sinal.

16. Duas polias A e B estão acopladas conforme a figura abaixo. Sabendo que a velocidade da polia motora A é $\omega_1 = 15\pi \text{ rad/s}$, o diâmetro de A é $\phi_1 = 80 \text{ mm}$ e o diâmetro da polia movida B é $\phi_2 = 240 \text{ mm}$, calcule:

- a) Período da polia A (T_1);
- b) Frequência da polia A (f_1);
- c) Rotação da polia A (n_1);
- d) Rotação da polia B (n_2);
- e) Frequência da polia B (f_2);
- f) Período da polia B (T_2);
- g) A relação de transmissão i .

17. Determine o comprimento da correia a ser adquirida no esquema abaixo:

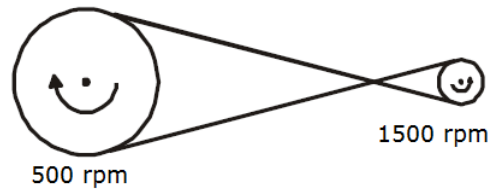


18. Mostre que a relação de transmissão i também é dada por:

(a) $i = \frac{\omega_2}{\omega_1}$

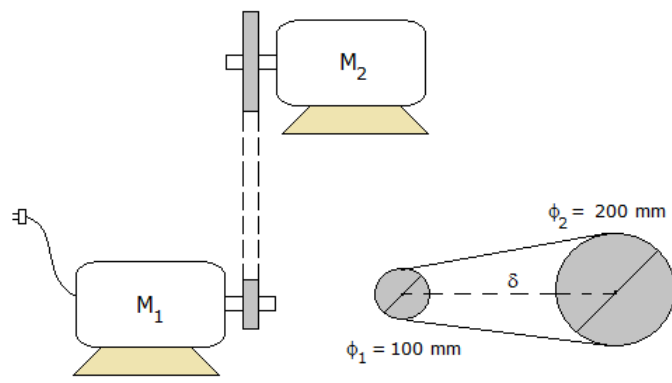
(b) $i = \frac{f_1}{f_2}$

(c) $i = \frac{M_2}{M_1}$ **Sugestão:** Use a expressão (7)



Determinar o comprimento da correia a ser adquirida para o sistema de transmissão por polias e correias, sendo acoplado em M_1 um motor de $P = 5 \text{ cv}$, $n = 1850 \text{ rpm}$, $v = 20 \text{ m/s}$. Além disso, a distância entre eixos é $\delta = 1,5 \text{ m}$ e a rotação da polia em M_2 é 2800 rpm .

19. No sistema de transmissões por polias abaixo, serão reutilizados as polias de diâmetros $\phi_1 = 100 \text{ mm}$ e $\phi_2 = 200 \text{ mm}$. Também será usada uma correia de comprimento $L = 1,95 \text{ m}$. Calcule a distância entre os eixos das polias.



20. (a) Sabendo-se que a rotação necessária para que uma determinada máquina possa funcionar com velocidade angular de 600 rpm , esquematize o sistema de transmissão de potência, por polias e correias, do motor ($n = 2500 \text{ rpm}$) até a máquina. Use uma relação de transmissão de $3 : 1$.
- (b) Calcular também o comprimento das correias. Você deverá estipular a distância entre eixos.

Referências Bibliográficas

- Apostila de Mecânica e Mecanização Agrícola. Prof. Haroldo C. Fernandes. Dept. de Engenharia Agrícola. UFV.
- Transmissões Flexíveis - Correias. Escola Superior de Tecnologia de Setubal. Portugal.
- Mecânica: Noções Básicas de Elementos de Máquinas. SENAI-ES. 1996.
- Mecânica Aplicada e Resistência dos Materiais. Prof. João Paulo Barbosa. IFES - Campus São Mateus. 2010.
- Manual Técnico Sobre Correias de Transmissão Industrial: Manutenção, Reparo e Operação. www.rocaracessorios.com.br.