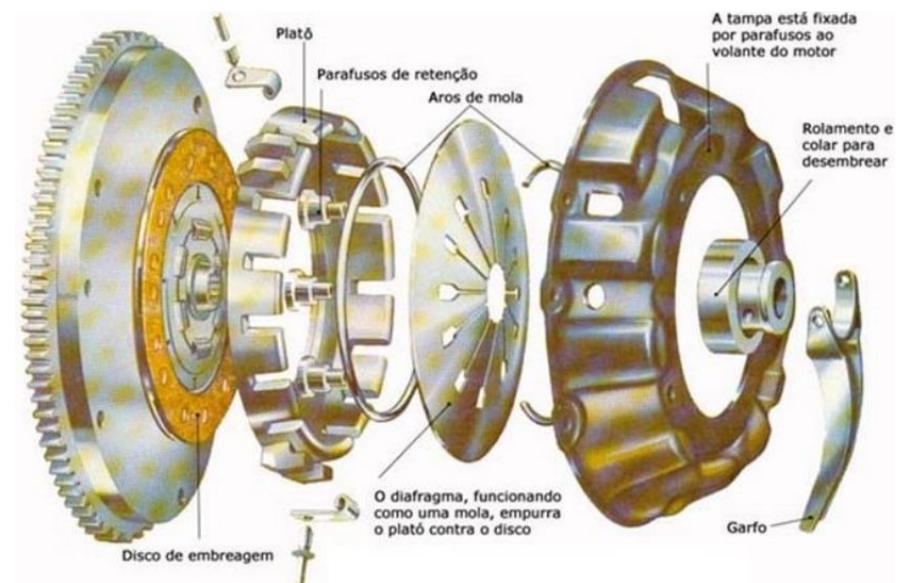
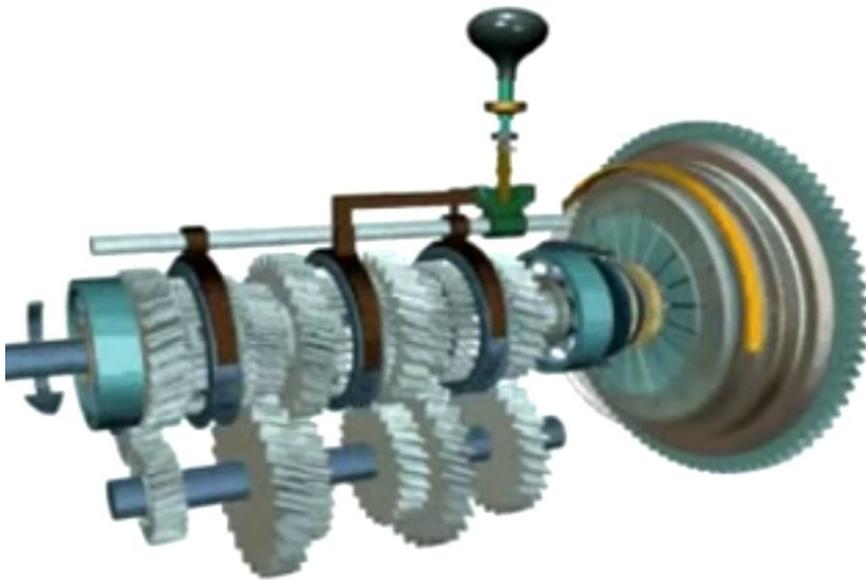


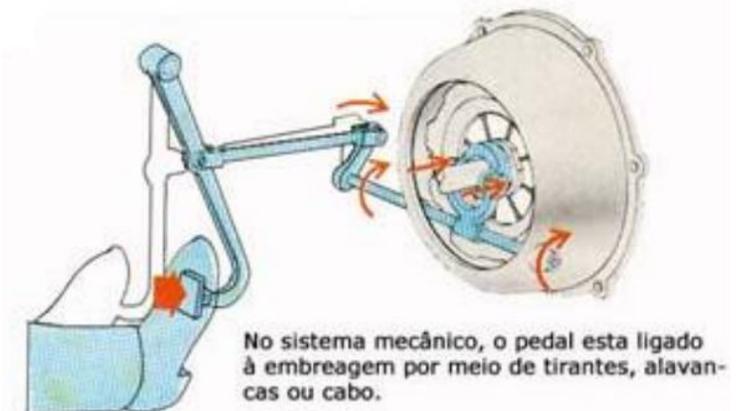
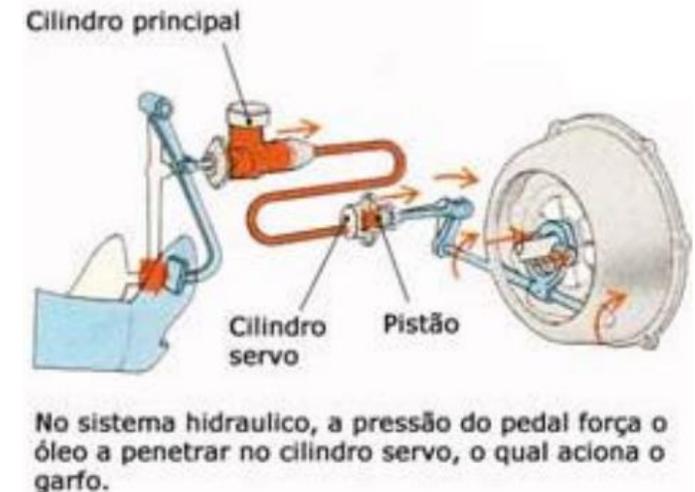
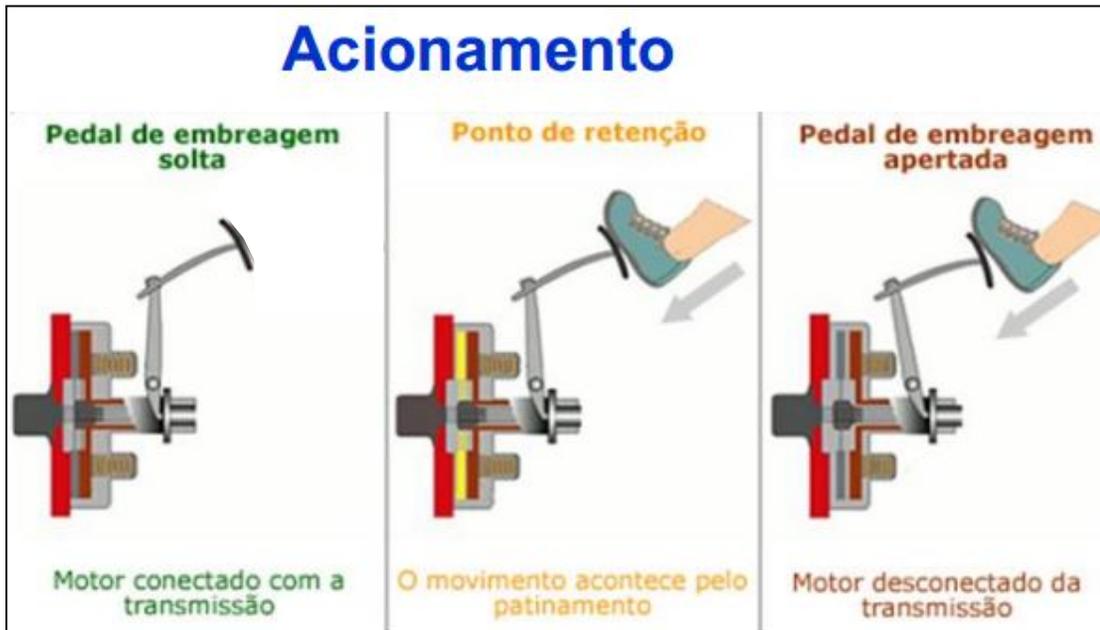
Aula 19

Embreagens de disco de ação axial

- o Destina-se a desligar o motor das rodas motrizes quando se efetua uma mudança de velocidade; torna-se assim possível engatar suavemente uma nova engrenagem antes da transmissão voltar a ser ligada, permitindo que o motor atinja rotações diferentes;
- o A transmissão entre o volante do motor e a caixa de câmbio se dá através da pressão do disco de embreagem, que é revestido com um material de fricção.



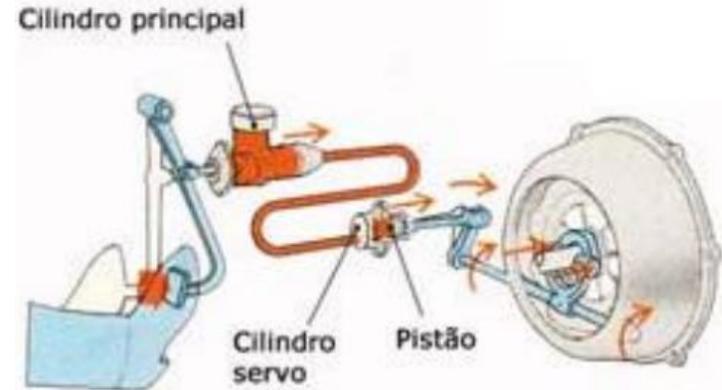
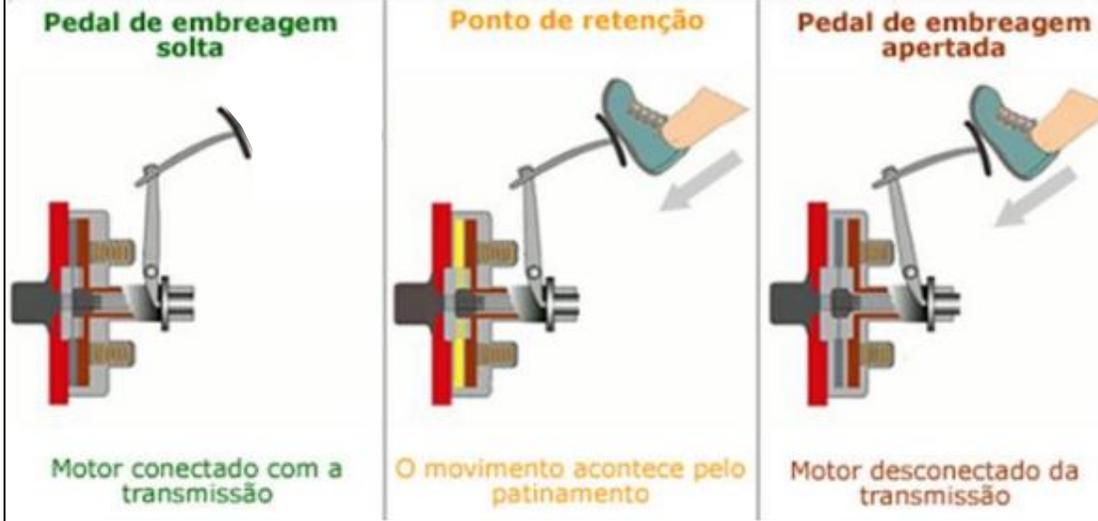
Embreagens de disco de ação axial



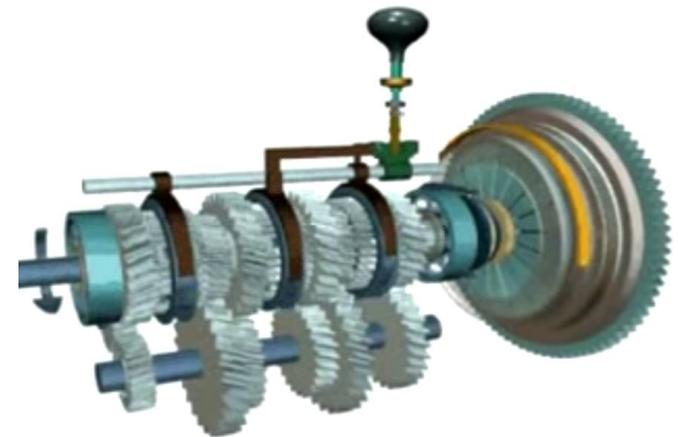
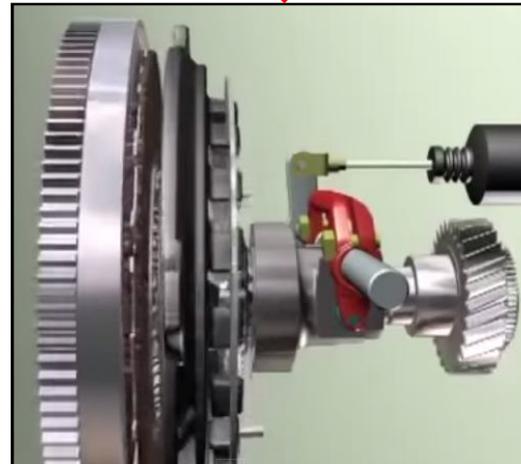
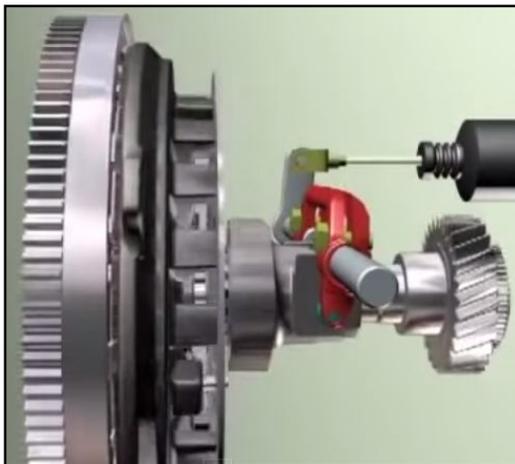
- o Com a **posição natural** do pedal de embreagem, o disco de embreagem está fixado contra o volante do motor e a força de aperto deverá ser suficiente para que não ocorra deslizamentos entre as superfícies;
- o Com a **pressão no pedal**, molas ou algum sistema de pressão aliviam a pressão do disco de embreagem interrompendo a transmissão da força motriz para a caixa de câmbio.

Embreagens de disco de ação axial

Acionamento



No sistema hidráulico, a pressão do pedal força o óleo a penetrar no cilindro servo, o qual aciona o garfo.



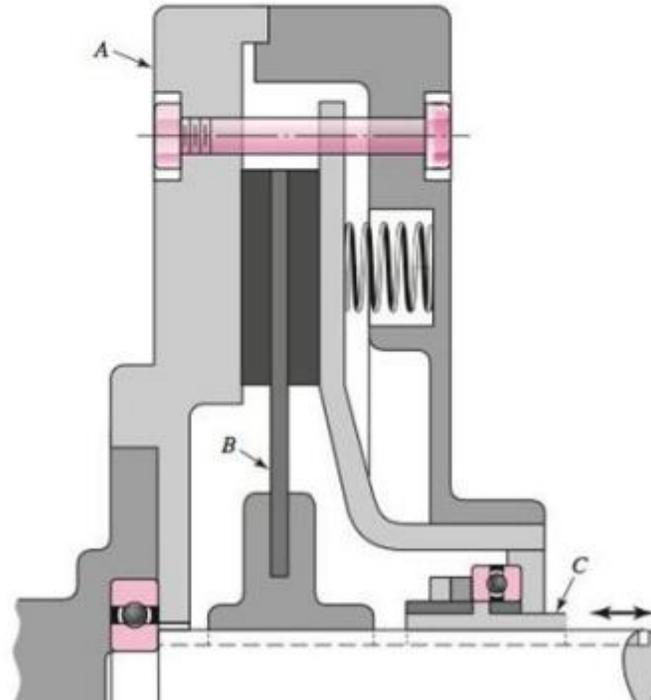
Embreagens de disco de ação axial

Dispositivos de ampla aplicação devido, principalmente, a:

- independência com os efeitos centrifugos,
- grande área de atrito num pequeno espaço disponível,
- distribuição uniforme de pressão e
- superfícies efetivas para dissipação do calor.

Figura 16-14

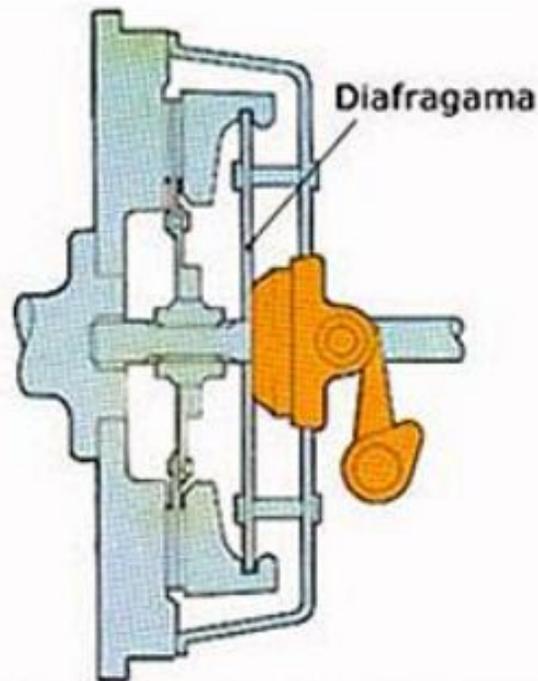
Vista de seção transversal de uma embreagem de um só prato (ou placa de pressão); A, placa motora; B, placa movida (chaveada ao eixo movido); C, acionador.



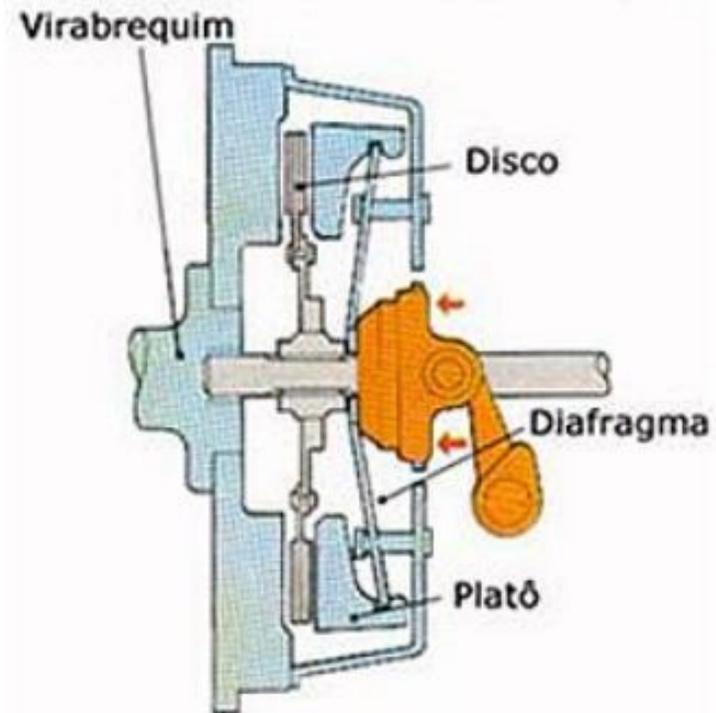
42

Embreagem automotiva

COMO ATUA O DIAFRAGMA



EMBREADO. O diafragma, quando se apresenta plano, empurra o platô



DESEMBREADO. O anel de impulso faz flectir o diafragma, liberando assim o platô

Embreagens de disco de ação axial

Podemos analisar a capacidade de uma embreagem ou freio axial em termos do material e geometria.

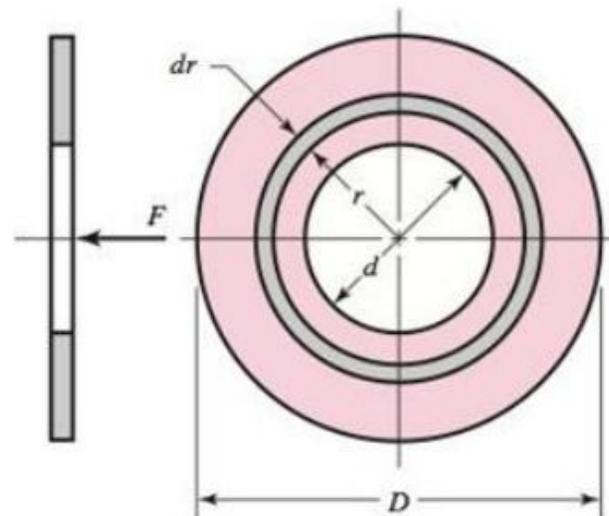
Hipóteses de solução:

A análise deve considerar a embreagem como sendo nova ou usada, ou seja:

- distribuição de pressões uniforme \Rightarrow embreagem nova
- desgaste uniforme \Rightarrow embreagem amaciada (usada)

Figura 16-16

Elemento de atrito do disco.



Embreagens de disco de ação axial

Pressão uniforme (embreagem nova):

Força de acionamento:

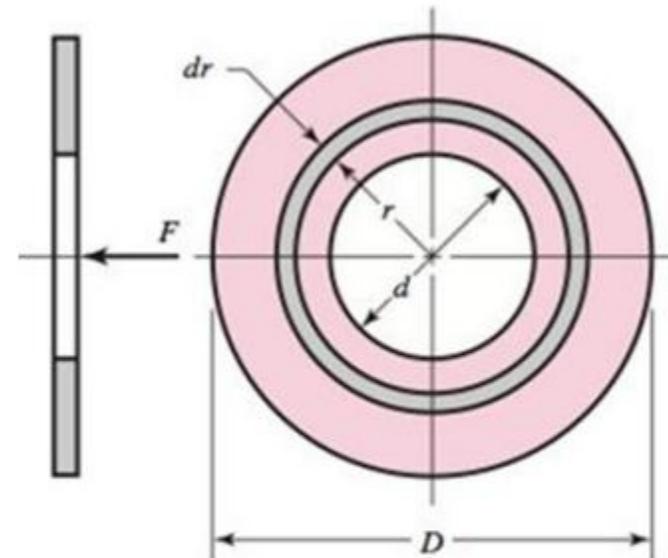
$$F = \frac{\pi \cdot p_a}{4} (D^2 - d^2)$$

Torque de atrito:

$$T = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot p \int_{d/2}^{D/2} r^2 dr$$

$$T = \frac{\pi \cdot f \cdot p}{12} (D^3 - d^3)$$

$$T = \frac{F \cdot f}{3} \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2}$$

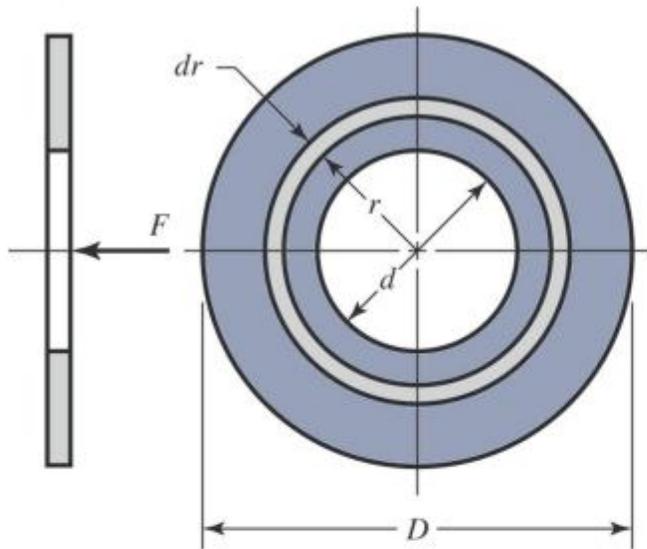


Torque produzido por um único par de superfícies em contato.
Este valor deve ser multiplicado pelo número de superfícies em contato.

48

Embreagens de disco de ação axial

Desgaste uniforme (embreagem amaciada):



•Desgaste uniforme:após o desgaste inicial ocorrer a um ponto que o desgaste uniforme esteja estabelecido:

$$\bar{p}V = cte = C_1$$

$$W = K p V t$$

$$p r w = C_2$$

$$p \cdot r = C_2$$

Embreagens de disco de ação axial

Desgaste uniforme (embreagem amaciada):

Força de acionamento:

$$dF = p \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr$$

$$F = \int_{d/2}^{D/2} p \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr = \int_{d/2}^{D/2} p_a \cdot \frac{d}{2r} \cdot 2 \cdot \pi \cdot r \cdot dr = \pi \cdot p_a \cdot d \int_{d/2}^{D/2} dr$$

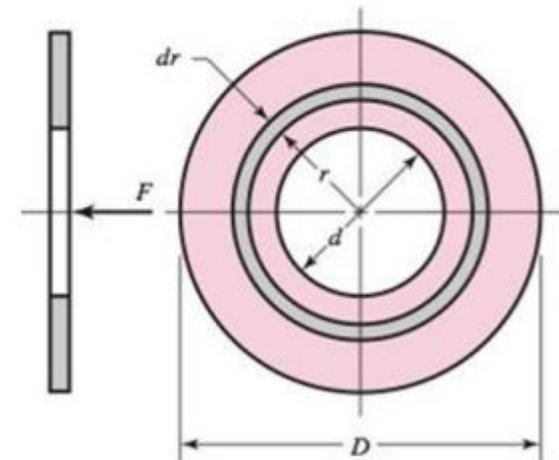
$$F = \frac{\pi \cdot p_a \cdot d}{2} \cdot (D - d)$$

Torque de atrito:

$$T = \int_{d/2}^{D/2} 2 \cdot \pi \cdot f \cdot p \cdot r^2 dr = \pi \cdot f \cdot p_a \cdot d \int_{d/2}^{D/2} r dr$$

$$T = \frac{\pi \cdot f \cdot p_a d}{8} (D^2 - d^2)$$

$$T = \frac{F \cdot f}{4} (D + d)$$



Torque produzido por um único par de superfícies em contato.

Este valor deve ser multiplicado pelo número de superfícies em contato.

Embreagens de disco de ação axial

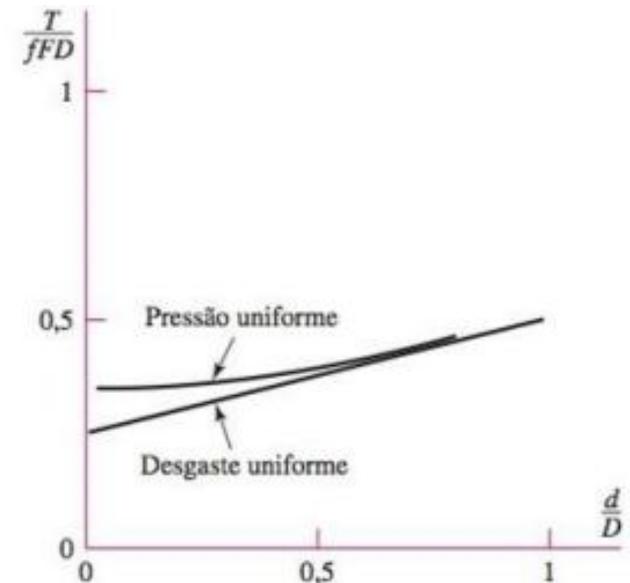
Pressão uniforme (embreagem nova):

$$T = \frac{F \cdot f}{3} \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \quad \longrightarrow \quad \frac{T}{f \cdot F \cdot D} = \frac{1}{3} \frac{1 - (d/D)^3}{1 - (d/D)^2}$$

Desgaste uniforme (embreagem amaciada):

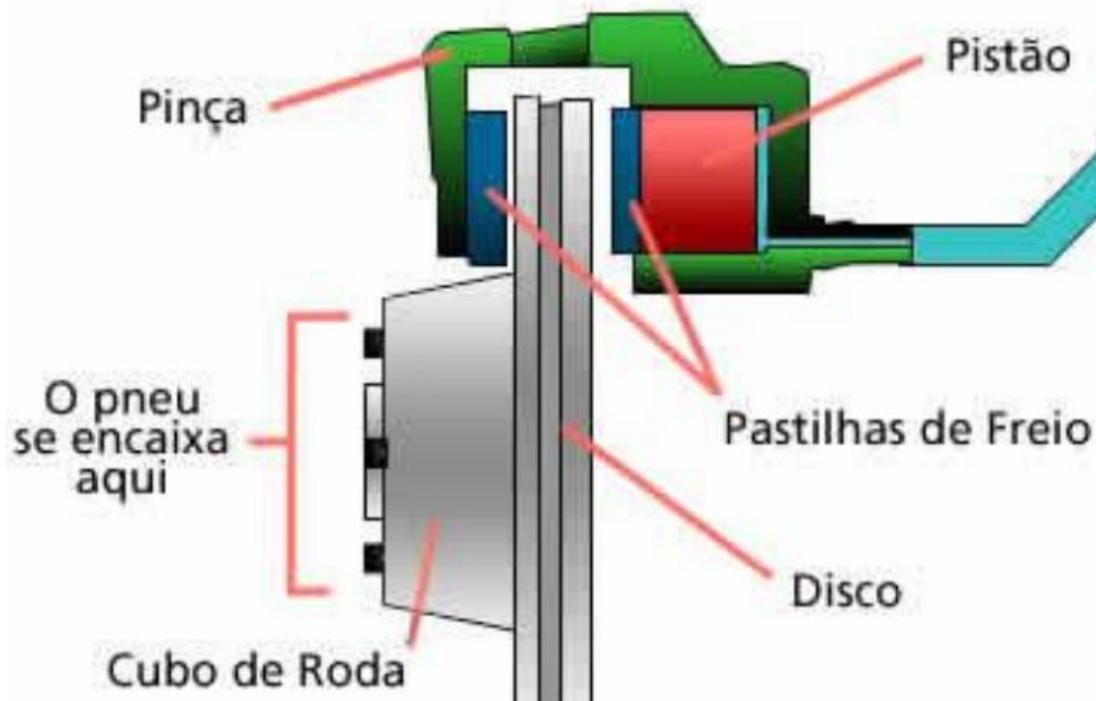
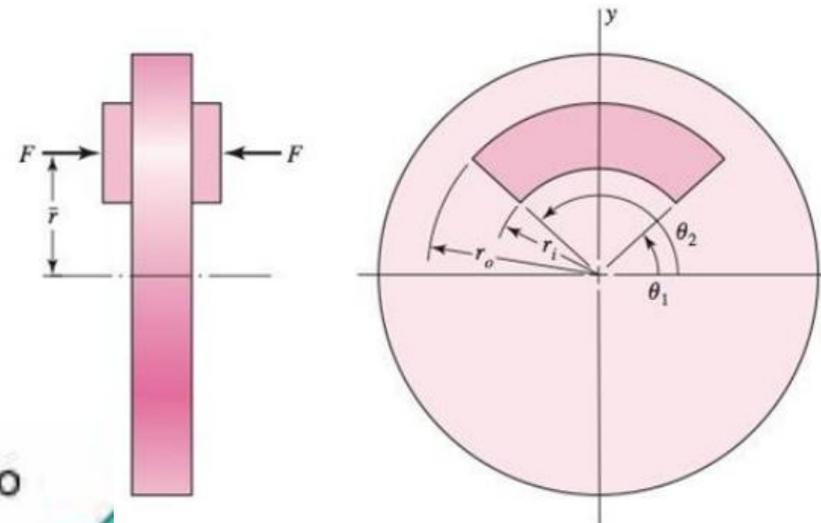
$$T = \frac{F \cdot f}{4} (D + d) \quad \longrightarrow \quad \frac{T}{f \cdot F \cdot D} = \frac{1 + d/D}{4}$$

- Podemos concluir que:
- uma **embreagem nova sempre transmite mais torque** (desempenho melhor) do que uma usada;
- embreagens de desgaste e pressão constante têm os **desempenhos diferentes** quando os **diâmetros internos das guarnições tendem a zero**;
- o **desempenho** das duas embreagens **tende a se igualar quando d/D se aproxima de 1**.



Freios a disco

- o Não existe diferença fundamental entre embreagens a disco e um freio de disco.
- o Freios a disco pressionam o material de atrito contra a face de um disco rodante



Freios a disco

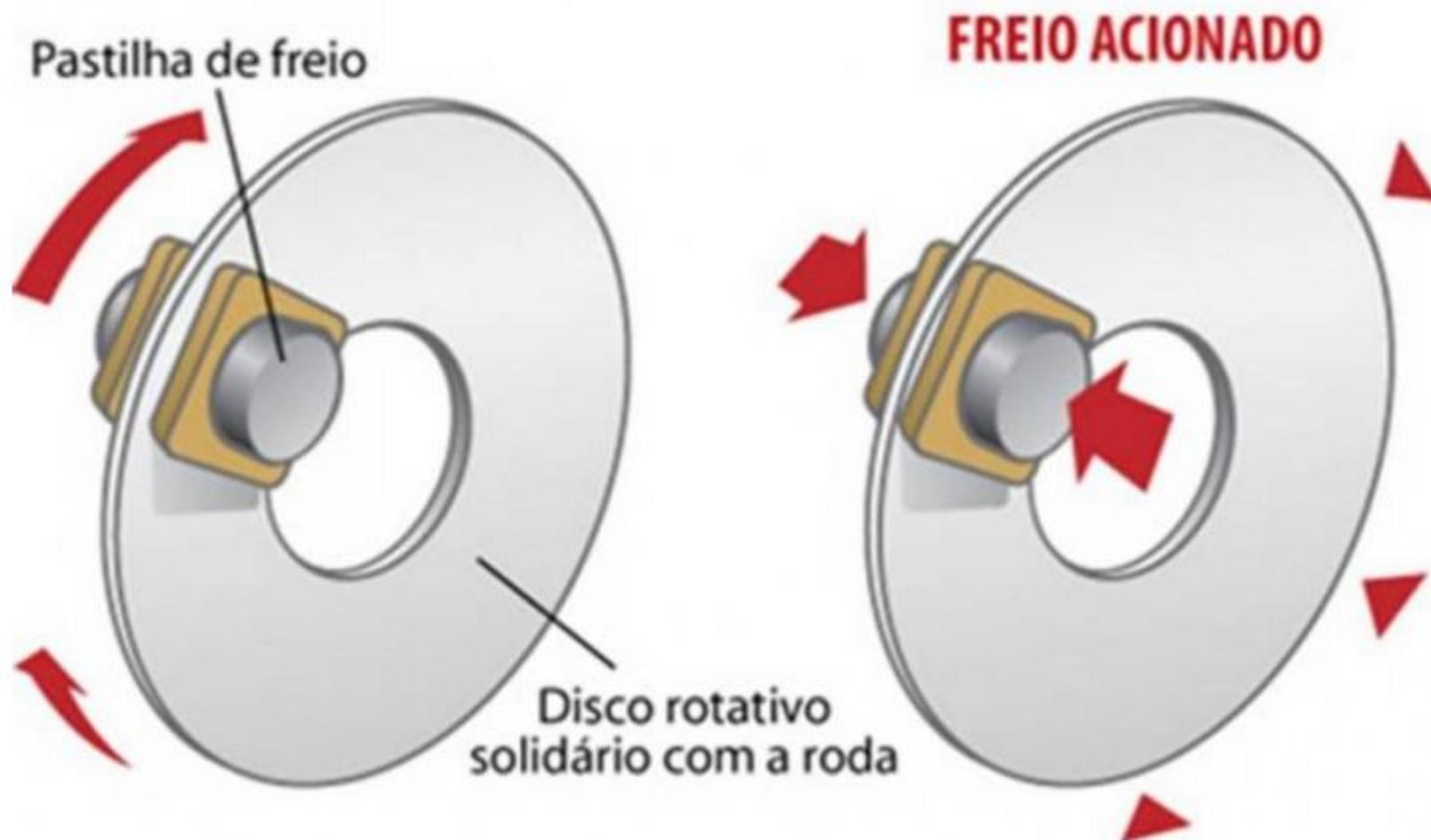


Imagem da internet

How Disc Brakes Work

<http://www.youtube.com/watch?v=rgbDyJhBb4c&NR=1>

Freios a disco

A coordenada \bar{r} localiza a linha de ação da força F que intercepta o eixo y . De interesse também é o raio efetivo r_e , que é o raio de uma sapata equivalente de espessura radial infinitesimal. Se p é a pressão local de contato, a força de acionamento F e o torque de atrito são dados por T

$$F = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{r_i}^{r_o} pr \, dr \, d\theta = (\theta_2 - \theta_1) \int_{r_i}^{r_o} pr \, dr \quad (16-29)$$

$$T = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{r_i}^{r_o} fpr^2 \, dr \, d\theta = (\theta_2 - \theta_1) f \int_{r_i}^{r_o} pr^2 \, dr \quad (16-30)$$

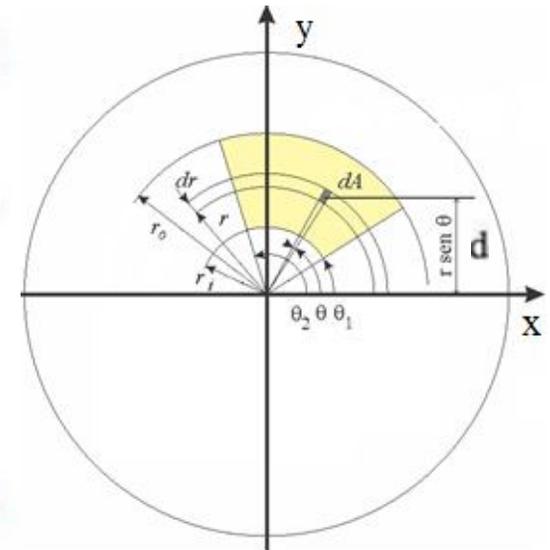
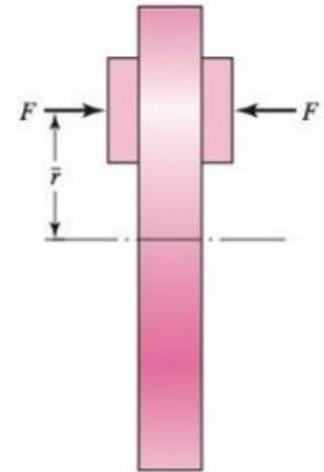
O raio equivalente r_e pode ser encontrado por meio de $fF r_e = T$, ou

$$r_e = \frac{T}{fF} = \frac{\int_{r_i}^{r_o} pr^2 \, dr}{\int_{r_i}^{r_o} pr \, dr} \quad (16-31)$$

A coordenada de localização \bar{r} da força ativante é encontrada tomando momentos ao redor do eixo x

$$M_x = Fd = \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_{r_i}^{r_o} pr(r \sin \theta) \, dr \, d\theta = (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) \int_{r_i}^{r_o} pr^2 \, dr$$

$$\bar{r} = \frac{M_x}{F} = \frac{(\cos \theta_1 - \cos \theta_2)}{\theta_2 - \theta_1} r_e \quad (16-32)$$



Freios a disco

Desgaste uniforme

Está claro pela Equação (12-27) que, para que o desgaste axial seja o mesmo em todo lugar, o produto PV deve ser uma constante. Pela Equação (a), Seção 16-5, a pressão pode ser expressa em termos da maior pressão admissível p_a (que ocorre no raio mais interno r_i) como $p = p_a r_i / r$. A Equação (16-29) se transforma em

$$F = (\theta_2 - \theta_1) p_a r_i (r_o - r_i) \quad (16-33)$$

A Equação (16-30) se transforma em

$$T = (\theta_2 - \theta_1) f p_a r_i \int_{r_i}^{r_o} r dr = \frac{1}{2} (\theta_2 - \theta_1) f p_a r_i (r_o^2 - r_i^2) \quad (16-34)$$

A Equação (16-31) se torna

$$r_e = \frac{p_a r_i \int_{r_i}^{r_o} r dr}{p_a r_i \int_{r_i}^{r_o} dr} = \frac{r_o^2 - r_i^2}{2} \frac{1}{r_o - r_i} = \frac{r_o + r_i}{2} \quad (16-35)$$

A Equação (16-32) se transforma em

$$\bar{r} = \frac{\cos \theta_1 - \cos \theta_2}{\theta_2 - \theta_1} \frac{r_o + r_i}{2} \quad (16-36)$$

Freios a disco

Pressão uniforme

Nesta situação, aproximada por um freio novo, $p = p_a$. A Equação (16-29) se transforma em

$$F = (\theta_2 - \theta_1) p_a \int_{r_i}^{r_o} r \, dr = \frac{1}{2} (\theta_2 - \theta_1) p_a (r_o^2 - r_i^2) \quad (16-37)$$

A Equação (16-30) se transforma em

$$T = (\theta_2 - \theta_1) f p_a \int_{r_i}^{r_o} r^2 \, dr = \frac{1}{3} (\theta_2 - \theta_1) f p_a (r_o^3 - r_i^3) \quad (16-38)$$

A Equação (16-31) se transforma em

$$r_e = \frac{p_a \int_{r_i}^{r_o} r^2 \, dr}{p_a \int_{r_i}^{r_o} r \, dr} = \frac{r_o^3 - r_i^3}{3} \frac{2}{r_o^2 - r_i^2} = \frac{2}{3} \frac{r_o^3 - r_i^3}{r_o^2 - r_i^2} \quad (16-39)$$

A Equação (16-32) se transforma em

$$\bar{r} = \frac{\cos \theta_1 - \cos \theta_2}{\theta_2 - \theta_1} \frac{2}{3} \frac{r_o^3 - r_i^3}{r_o^2 - r_i^2} = \frac{2}{3} \frac{r_o^3 - r_i^3}{r_o^2 - r_i^2} \frac{\cos \theta_1 - \cos \theta_2}{\theta_2 - \theta_1} \quad (16-40)$$

Exemplo 1 - Freio a disco

Duas pastilhas anulares, $r_i = 98$ mm, $r_o = 140$ mm, subtendem um ângulo de 108° , têm um coeficiente de atrito de 0,37 e são acionadas por um par de cilindros hidráulicos de 38 mm de diâmetro. O requisito de torque é $1\,470$ N·m. Para desgaste uniforme:

- Encontre a maior pressão normal p_a .
- Estime a força atuante F .
- Encontre o raio equivalente r_e e localize a força \bar{r} .
- Estime a pressão hidráulica requerida.

Solução (a) Por meio da Equação (16–34), com $T = 1\,470/2 = 735$ N·m para cada pastilha

Resposta

$$p_a = \frac{2T}{(\theta_2 - \theta_1) f r_i (r_o^2 - r_i^2)}$$

$$= \frac{2(735\,000)}{(144^\circ - 36^\circ)(\pi/180)0,37(98)(140^2 - 98^2)} = 2,15 \text{ MPa}$$

(b) Da Equação (16–33),

Resposta

$$F = (\theta_2 - \theta_1) p_a r_i (r_o - r_i) = (144^\circ - 36^\circ)(\pi/180)2,15(98)(140 - 98)$$

$$= 16681 \text{ N}$$

Exemplo 1 - Freio a disco

(c) Da Equação (16-35),

Resposta

$$r_e = \frac{r_o + r_i}{2} = \frac{140 + 98}{2} = 119 \text{ mm}$$

Da Equação (16-36),

Resposta

$$\begin{aligned} \bar{r} &= \frac{\cos \theta_1 - \cos \theta_2}{\theta_2 - \theta_1} \frac{r_o + r_i}{2} = \frac{\cos 36^\circ - \cos 144^\circ}{(144^\circ - 36^\circ)(\pi/180)} \frac{140 + 98}{2} \\ &= 102 \text{ mm} \end{aligned}$$

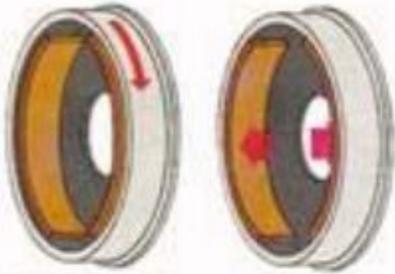
(d) Cada cilindro suporta a força acionadora de 16681 N.

Resposta

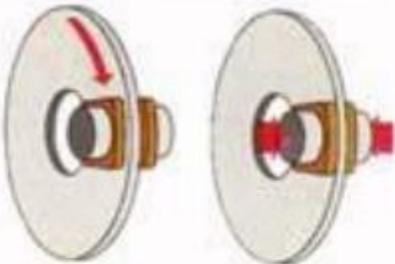
$$p_{\text{hidráulica}} = \frac{F}{A_p} = \frac{16\,681}{\pi(38^2/4)} = 14,7 \text{ MPa}$$

Freios a disco

TIPOS BÁSICOS DE FREIO



TAMBOR. Duas sapatas curvas, cada qual com um revestimento, apertam contra o interior de um tambor. Alguns automóveis utilizam nas quatro rodas este sistema.



FREI À DISCO. Um par de pastilhas, sob ação de pressão hidráulica, aperta as duas faces de um disco metálico rotativo solidário com a roda. Quando o disco diminui a velocidade, ou para, o mesmo acontece com a roda.

TÍPICO SISTEMA DE FREIOS

