

FREIOS E EMBREAGENS A DISCO

Formulário:

Tabela 17-1 Propriedades de materiais comuns de forração para embreagens/freios

Material de atrito contra aço ou CI	Coeficiente de atrito dinâmico		Pressão máxima		Temperatura máxima	
	Seco	Em óleo	psi	kPa	°F	°C
Moldado	0,25–0,45	0,06–0,09	150–300	1030–2070	400–500	204–260
Tecido	0,25–0,45	0,08–0,10	50–100	345–690	400–500	204–260
Metal sinterizado	0,15–0,45	0,05–0,08	150–300	1030–2070	450–1250	232–677
Ferro fundido ou aço endurecido	0,15–0,25	0,03–0,06	100–250	690–720	500	260

Pressão uniforme x Desgaste uniforme

$p = cte$ - Pressão

$F_n = p \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \frac{(r_e^2 - r_i^2)}{2}$ - Força Axial

$F_f = \mu \cdot p \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \frac{(r_e^2 - r_i^2)}{2}$ - Força de atrito (tangencial)

$M = z \cdot \mu \cdot p \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot \frac{(r_e^3 - r_i^3)}{3}$ - Torque

$M = z \cdot F_n \cdot \mu \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{(r_e^3 - r_i^3)}{(r_e^2 - r_i^2)}$ - Torque

$p(r) = p_{máx} \cdot \left(\frac{r_i}{r}\right)$

$F_n = p_{máx} \cdot r_i \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot (r_e - r_i)$

$F_f = \mu \cdot p_{máx} \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot r_i \cdot (r_e - r_i)$

$M = z \cdot F_n \cdot \mu \cdot (r_e + r_i)$

$M = z \cdot \mu \cdot p_{máx} \cdot (\alpha_2 - \alpha_1) \cdot r_i \cdot \frac{(r_e^2 - r_i^2)}{2}$

$r_i = \sqrt{\frac{1}{3}} r_e = 0,577 \cdot r_e$

- Pressão

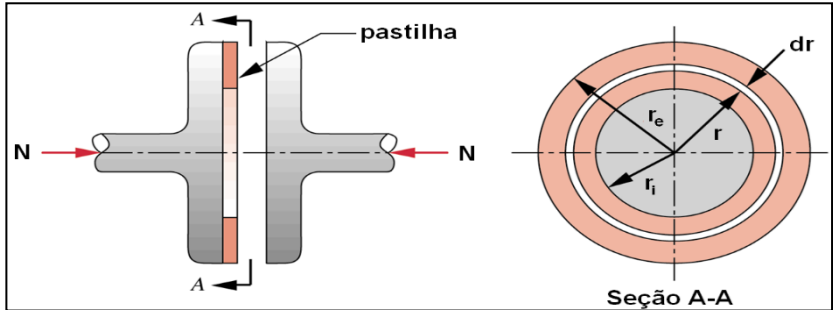
- Força Axial

- Força de atrito (tangencial)

- Torque

- Torque

- Relação de raios
(Máximo Torque)



$$P \cdot K = T \cdot \omega$$

P - Potência

K - Fator de Serviço

T - Torque ou Momento

ω - Velocidade angular

FREIOS DE TAMBOR COM SAPATAS EXTERNAS **CURTAS:**

Formulário:

Sapata Curta

$$p = cte$$

$$F_n = p_{m\acute{a}x} \cdot r \cdot \theta \cdot w$$

$$F_f = \mu \cdot F_n$$

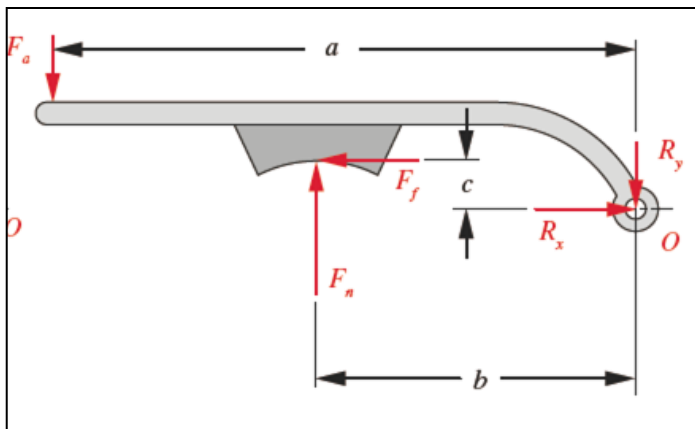
$$M = \mu \cdot F_n \cdot r$$

$$F_a = F_n \frac{b \pm c\mu}{a}$$

$$F_a = \frac{M}{\mu R} \frac{b \pm c\mu}{a}$$

(Menor solicitação de frenagem = autoenergizante)

- Pressão
- Força Normal (Radial)
- Força Tangencial
- Torque de frenagem
- Força de frenagem
- Força de frenagem



Sapata Curta (Simplex)

$$F_{1,a} = F_{2,a} = F_a$$

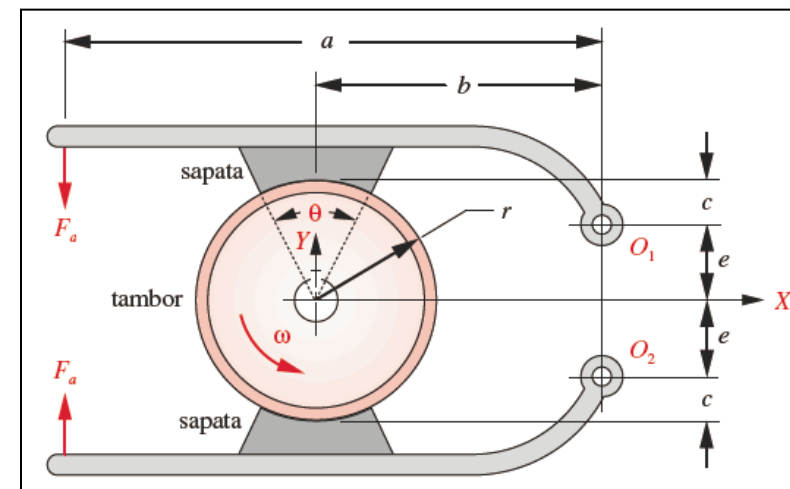
$$M = M_1 + M_2 \quad \text{- Torque frenagem}$$

$$M_1 = F_{1,a} \mu R \frac{a}{b \pm c\mu}$$

$$M_2 = F_{2,a} \mu R \frac{a}{b \mp c\mu}$$

$$\sum F = 0$$

$$\sum M = 0$$



INÉRCIA DE ROTAÇÃO

Formulário:

Inercia

$$T = I_m \cdot \alpha = m k^2 \frac{\Delta \omega}{t}$$

$$I_m = m k^2$$

$$\alpha = \frac{\Delta \omega}{t}$$

$$k^2 = \frac{I_m}{m}$$

$$m K_e^2 = m K^2 \left(\frac{n}{n_c} \right)^2$$

$$m K_e^2 = m \left(\frac{v}{2\pi \cdot f_m} \right)^2$$

- Torque

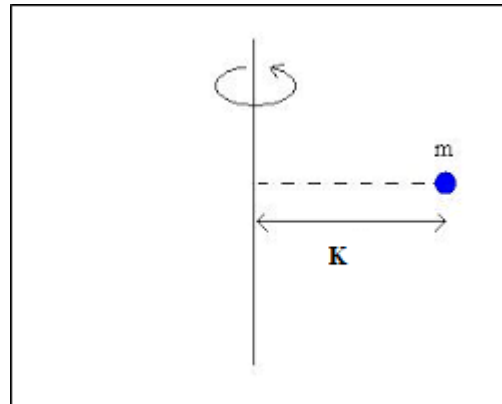
- Momento de inércia

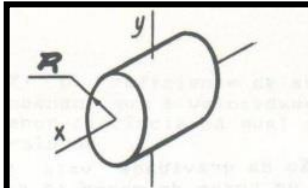
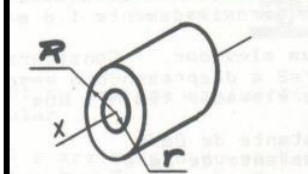
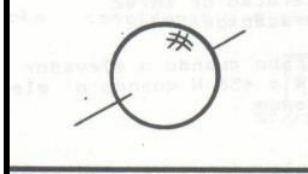
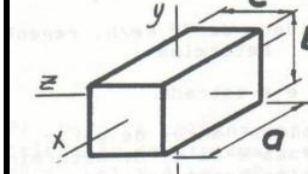
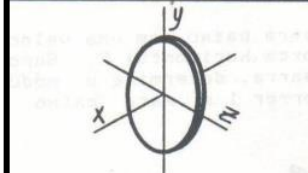
- Aceleração angular

- Raio equivalente

- Momento de inércia equivalente (rotação diferente)

- Momento de inércia equivalente (Translação)



	<p><i>Cilindro maciço</i></p> $I_x = \frac{m \cdot R^2}{2}$ $I_y = \frac{m}{12} (3R^2 + L^2)$
	<p><i>Cilindro ôco</i></p> $I_x = \frac{m}{2} (R^2 + r^2)$
	<p><i>Esfera</i></p> $I = \frac{2}{5} m \cdot R^2$
	<p><i>Prisma Retangular</i></p> $I_x = \frac{m}{12} (b^2 + c^2)$ $I_y = \frac{m}{12} (c^2 + a^2)$ $I_z = \frac{m}{12} (a^2 + b^2)$
	<p><i>Disco fino</i></p> $I_x = \frac{m R^2}{2}$ $I_y = I_z = \frac{m \cdot R^2}{4}$

FREIOS DE TAMBOR COM SAPATAS **LONGAS**:

Formulário:

Sapata Longa

$$p = \frac{p_{\max}}{\sin \theta_{\max}} \cdot \sin(\theta)$$

$$F_{n,y} = w \cdot r \cdot \frac{p_{\max}}{\sin \theta_{\max}} \left[\frac{1}{2} (\theta_2 - \theta_1) - \frac{1}{4} (\sin 2\theta_2 - \sin 2\theta_1) \right]$$

$$F_{n,x} = w \cdot r \cdot \frac{p_{\max}}{\sin \theta_{\max}} \left[- \left(\frac{\sin^2(\theta_2)}{2} - \frac{\sin^2(\theta_1)}{2} \right) \right]$$

$$F_{f,y} = \mu \cdot w \cdot r \cdot \frac{p_{\max}}{\sin \theta_{\max}} \left[- \left(\frac{\sin^2(\theta_2)}{2} - \frac{\sin^2(\theta_1)}{2} \right) \right]$$

$$F_{f,x} = \mu \cdot w \cdot r \cdot \frac{p_{\max}}{\sin \theta_{\max}} \left[\left(\frac{1}{2} (\theta_2 - \theta_1) - \frac{1}{4} (\sin 2\theta_2 - \sin 2\theta_1) \right) \right]$$

$$T = \mu \cdot w \cdot r^2 \cdot \frac{p_{\max}}{\sin \theta_{\max}} [\cos \theta_1 - \cos \theta_2]$$

$$F_a = \frac{M_N + M_f}{a} \quad (\text{Menor solicitação de frenagem = autoenergizante})$$

- Força de frenagem (Do somatório de momento em relação a **O**)

$$M_N = b \cdot w \cdot r \cdot \frac{p_{\max}}{\sin \theta_{\max}} \left[\left(\frac{1}{2} (\theta_2 - \theta_1) - \frac{1}{4} (\sin 2\theta_2 - \sin 2\theta_1) \right) \right]$$

$$M_f = \mu \cdot w \cdot r \cdot \frac{p_{\max}}{\sin \theta_{\max}} \left[-r(\cos \theta_2 - \cos \theta_1) - \frac{b}{2} (\sin^2(\theta_2) - \sin^2(\theta_1)) \right]$$

- Pressão

- Força Normal (direção $\rightarrow \perp$ eixo x)

- Força Normal (direção $\rightarrow \parallel$ eixo x)

- Força de atrito (direção $\rightarrow \perp$ eixo x)

- Força de atrito (direção $\rightarrow \parallel$ eixo x)

- Torque de frenagem em relação ao centro do disco

- Força de frenagem (Do somatório de momento em relação a **O**)

- Momento da Força Normal em relação a **O**

- Momento da Força de Atrito em relação a **O**

