

Universidade Luterana do Brasil
Engenharia Automotiva

SISTEMAS DE FREIOS

Freio para Bicicleta Elétrica

Professor: Gertz

Jack Pogorelsky

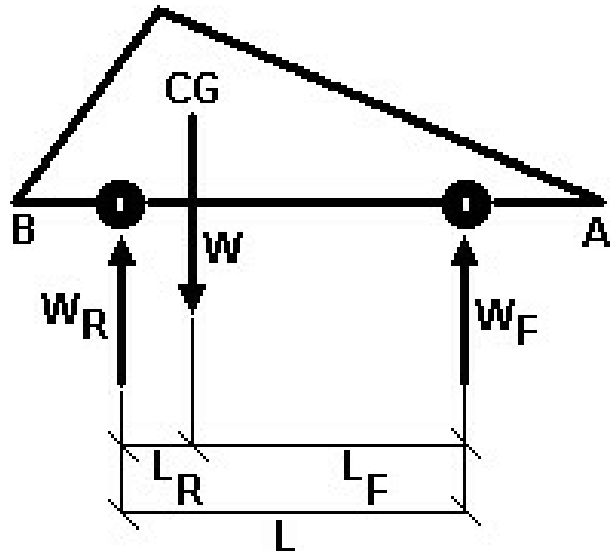
Novembro de 2004

SISTEMAS DE FREIOS

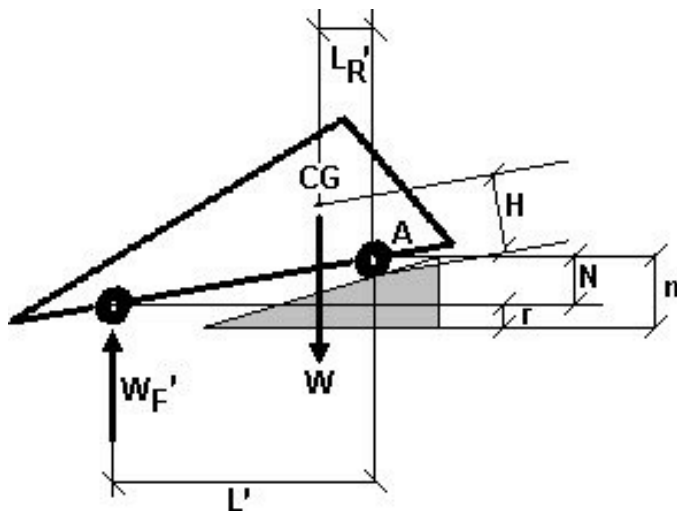
Existem diversos Sistemas de Freios:

- Freio Hidráulico;
- Freio a Ar Comprimido;
- Freio a Disco;
- Freio a Tambor.

DETERMINAÇÃO DO CG



- Somatório de Momentos para determinar o CG Horizontal



- Somatório de Momentos para determinar o CG Vertical

DETERMINAÇÃO DO CG

“Rodas de Tamanhos Diferentes”

$$H = r_R + \frac{L \cdot (W'_F - W_F)}{W \cdot \left(\frac{L \cdot N - L' \cdot \Delta r}{L \cdot L' + N \cdot \Delta r} \right)} \cdot \frac{W'_F \cdot \Delta r}{W}$$

Onde:

H é a altura do centro de gravidade, em m

r_R é o raio da roda traseira, em m

L é a distância entre eixos, em m

W'_F é a força aplicada na roda dianteira do veículo inclinado, em N

W_F é a força aplicada na roda dianteira do veículo, em N

W é o peso total do veículo, em N .

Δr é a diferença entre os raios das rodas, em m

L' é a projeção no plano da distância entre eixos, em m

N é a diferença de altura entre a roda dianteira e traseira, em m

DETERMINAÇÃO DO CG

“Rodas de Tamanhos Iguais”

$$H = r_R + \frac{L \cdot (W'_F - W_F)}{W \cdot \left(\frac{L \cdot N - L' \cdot \Delta r}{L \cdot L' + N \cdot \Delta r} \right)} \cdot \frac{W'_F \cdot \Delta r}{W} \quad \text{Considera-se } \Delta r = 0$$

$$H = r_R + \frac{(L \cdot L') \cdot (W'_F - W_F)}{W \cdot N}$$

Onde:

H é a altura do centro de gravidade, em m

r_R é o raio da roda traseira, em m

L é a distância entre eixos, em m

W'_F é a força aplicada na roda dianteira do veículo inclinado, em N

W_F é a força aplicada na roda dianteira do veículo, em N

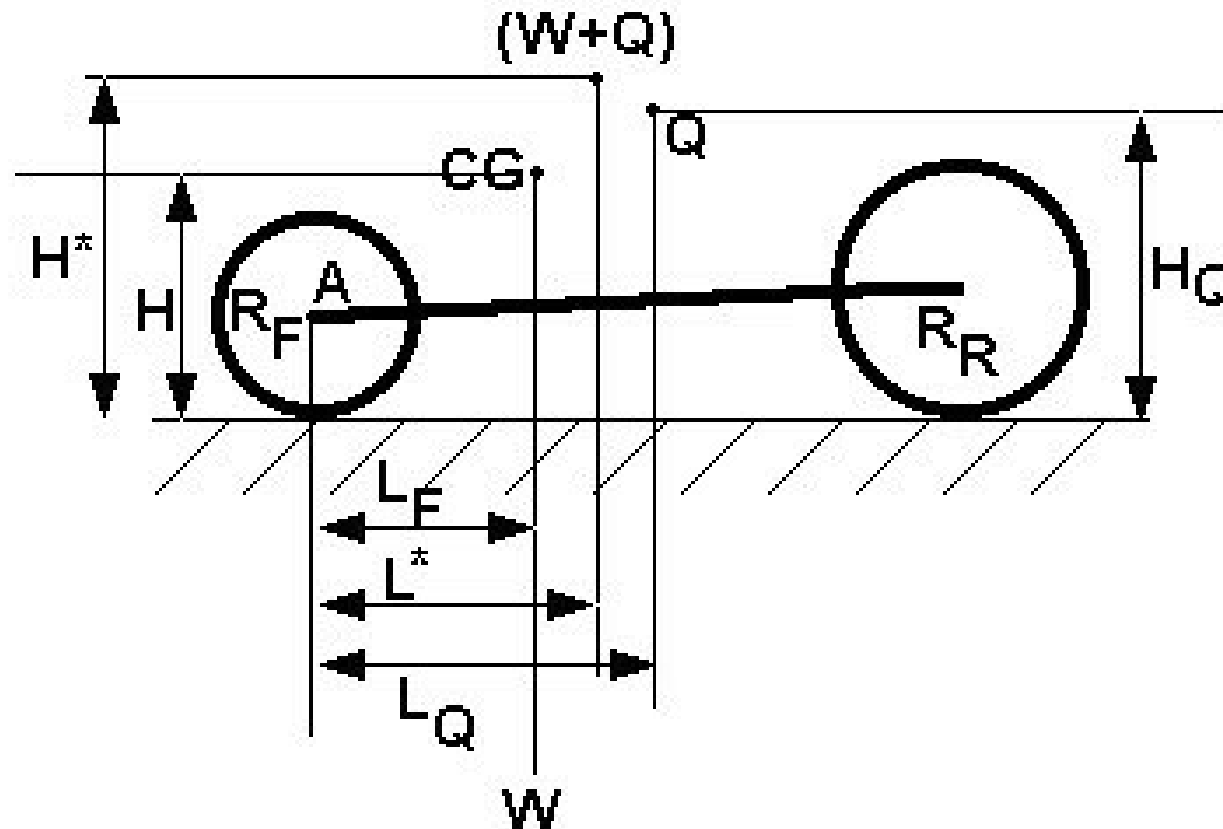
W é o peso total do veículo, em N .

L' é a projeção no plano da distância entre eixos, em m

N é a diferença de altura entre a roda dianteira e traseira, em m

DETERMINAÇÃO DO CG

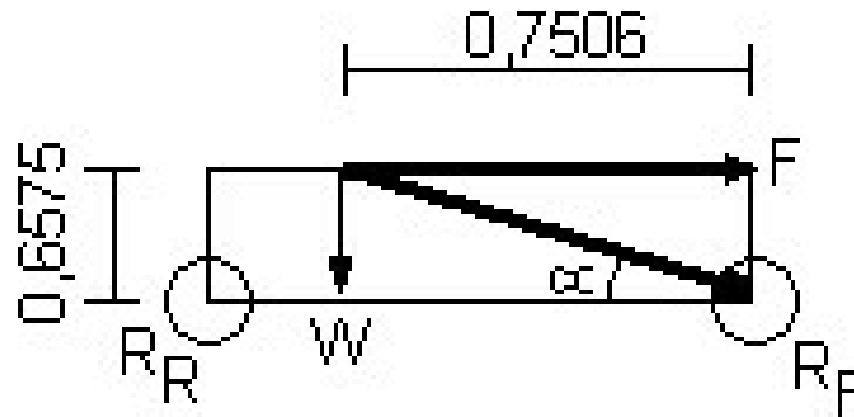
“Com Piloto”



- Somatório de Momentos para determinar o CG Horizontal e Vertical

DIMENSIONAMENTO DO FREIO

Força Máxima Aplicada na Bicicleta Desconsiderando o Atrito



$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{cat.op.}}{\text{cat.adj.}} = \frac{W}{F}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{W}{F} \therefore \operatorname{tg}(41,21^\circ) = \frac{139}{F}$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\text{cat.op.}}{\text{cat.adj.}} = \frac{0,6575}{0,7506}$$

$$F = 121,73 \text{ kgf}$$

$$\alpha = 41,21^\circ$$

Força Máxima Aplicada na Bicicleta Considerando o Atrito

$$F_{MÁX} = \frac{F}{\mu}$$

Se a força de frenagem ultrapassar $143,21\text{kgf}$ a bicicleta tenderá a “capotar”.

$$F_{MÁX} = \frac{121,73}{0,85}$$

Coeficiente de Atrito conforme tabela de Antônio Carlos Canele.

$$F_{MÁX} = 143,21\text{kgf}$$

Força Necessária Para Parar a Bicicleta em um tempo “t”

$$F = m \cdot a = m \cdot \frac{dV}{dt} = m \cdot \frac{V_F - V}{t - t_0}$$

$$F = m \cdot \frac{(-V)}{t}$$

$$F = 139 \cdot \frac{(-V)}{t}$$

Desaceleração Máxima

Como $F_{MÁX}=143,21\text{ kgf} =1404,4\text{ N}$ pode-se calcular a desaceleração máxima.

$$F = 139 \cdot \frac{(-V)}{t} \therefore 1404,4 = 139 \cdot (-a)$$

$$a = -10,1\text{ m} / \text{s}^2$$

Força de Frenagem na Roda

Considerando que a bicicleta não conseguirá velocidades superiores a 15km/h a tabela abaixo deverá ser respeitada.:

Velocidade	Deslocamento Até Parar
05 km/h (1,38 m/s)	1,0 m
10 km/h (2,78 m/s)	3,5 m
15 km/h (4,17 m/s)	6,0 m

$$V_F^2 = V^2 + 2 \cdot a \cdot d$$

$$V^2 = -2 \cdot a \cdot d$$

Força de Frenagem na Roda

Velocidade	Deslocamento Até Parar	Desaceleração
05 <i>km/h</i> (1,38 <i>m/s</i>)	1,0 <i>m</i>	- 0,96 <i>m/s²</i>
10 <i>km/h</i> (2,78 <i>m/s</i>)	3,5 <i>m</i>	- 1,10 <i>m/s²</i>
15 <i>km/h</i> (4,17 <i>m/s</i>)	6,0 <i>m</i>	- 1,45 <i>m/s²</i>

A desaceleração máxima necessária é de $-1,45\text{m/s}^2$, o que está dentro do máximo admitido de $-10,1\text{m/s}^2$.

Força Máxima Necessária na Roda

$$F = m \cdot a \therefore \frac{B}{\mu} = m \cdot a$$

$$\frac{B}{\mu} = m \cdot a \therefore \frac{B}{0,85} = 139 \cdot (-1,45)$$

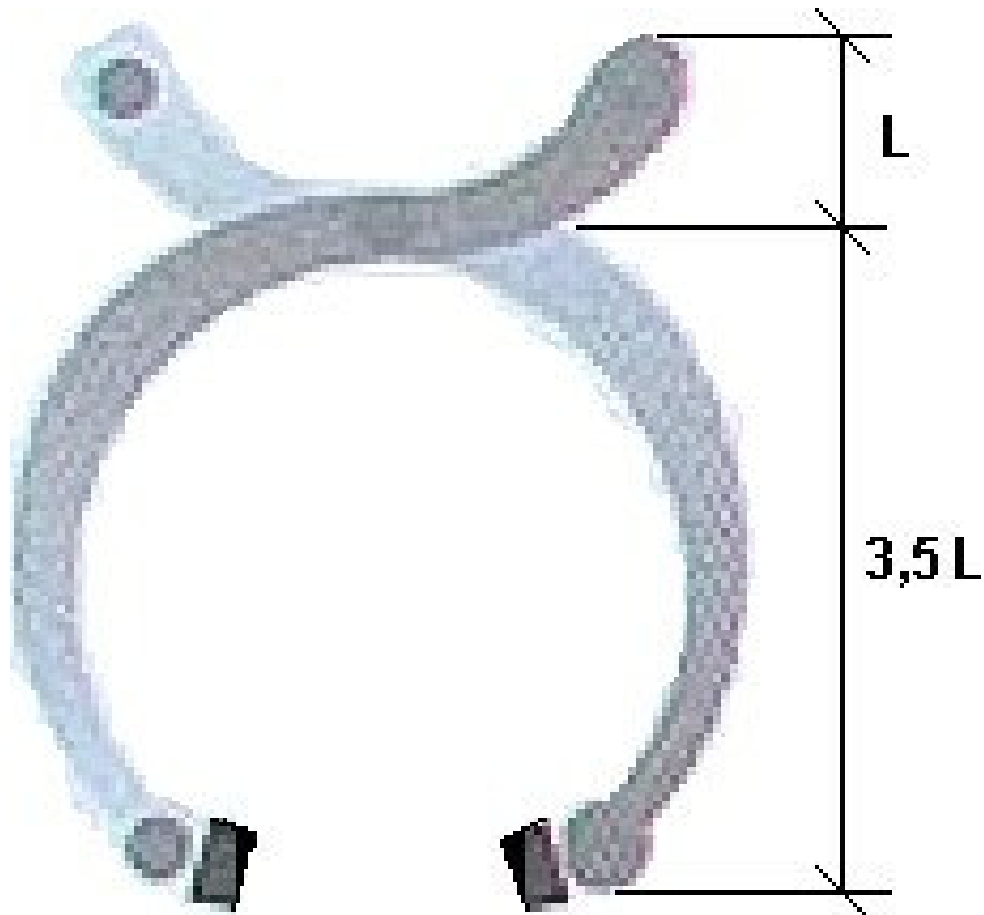
$$B = -171,3N$$

Força Aplicada Na Sapata

$$B = \frac{F_B \cdot \mu_B \cdot r_B}{r} \therefore -171,3 = \frac{F_B \cdot 0,35 \cdot 0,3}{0,34}$$

$$F_B = -554,7 N = -56,6 kgf$$

Força na Maneta



$$F_{MANETA} = \frac{-56,6}{3,5}$$

$$F_{MANETA} = -16,2 \text{ kgf}$$

BIBLIOGRAFIA

- Antunes, Izildo. **Elementos de Maquina**. São Paulo : Érica, 1998. 296 páginas.
- Canale, Antonio Carlos. **Automobilística : Dinâmica e Desempenho**. São Paulo : Érica, 1989. 125 páginas.
- Fras-le. <http://www.fras-le.com.br>.
- Instituto Ciência Hoje. <http://cienciahoje.uol.com.br>.
- Melconian, Sarkis. **Elementos de Máquinas**. São Paulo : Érica, 2000. 342 páginas.
- Oliveira, Nelson Campos Gil de. **Freios**. São Paulo : Grêmio Politécnico, 1983. 115 páginas.