

Conceitos fundamentais sobre o atrito

Setor A: Aula 14 / Pg. 440 / Alfa 2

- SL 02 – Teoria
- SL 06 – Exercícios

Apresentação e demais documentos: fisicasp.com.br

Professor Caio – Física / Setor A

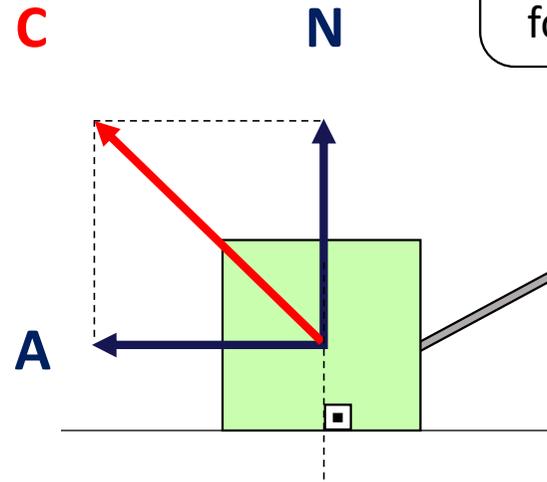
Força de contato (\vec{C})

Normal (\vec{N})

- **Conceito:** impede a penetração
- **Direção:** perpendicular à superfície de apoio
- **Sentido:** contrário à tendência de penetração
- **Condição:** tentativa de penetração

Atrito (\vec{A})

- **Conceito:** impede ou tenta impedir o escorregamento
- **Direção:** paralelo à superfície de apoio
- **Sentido:** contrário ao escorregamento ou tentativa de escorregamento
- **Condição:** escorregamento ou tentativa de escorregamento



Normal e atrito são componentes da força de contato

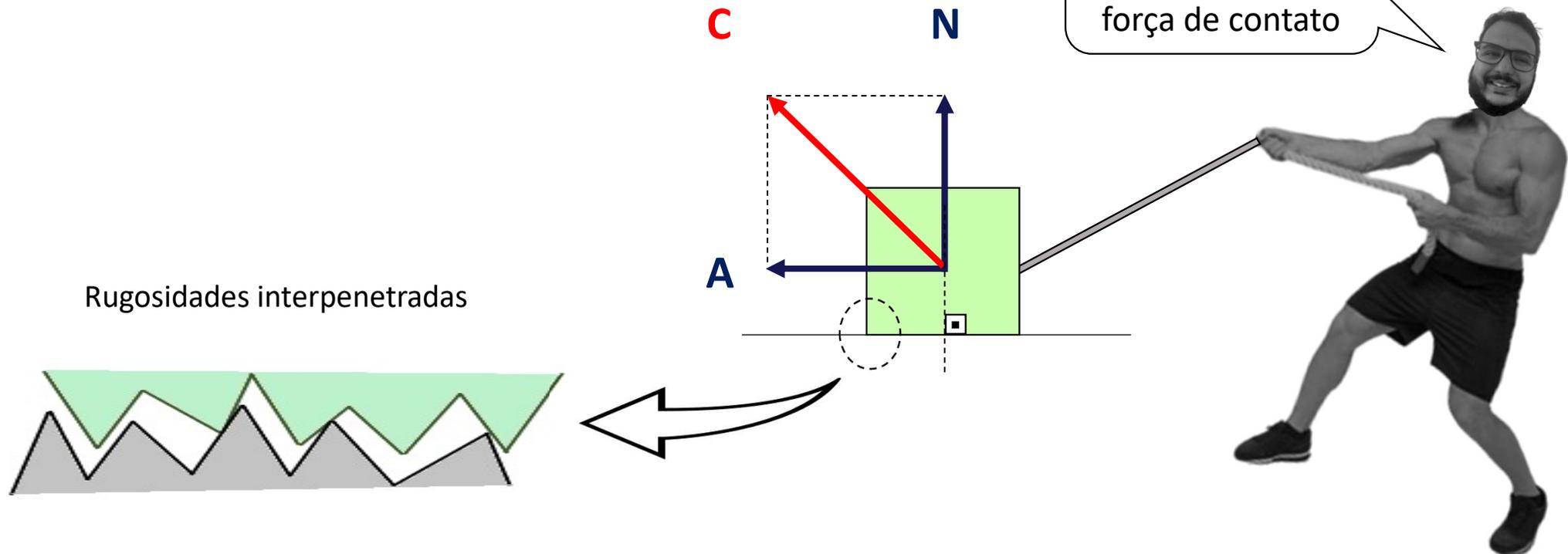


$$\vec{C} = \vec{N} + \vec{A}$$

$$C^2 = N^2 + A^2$$

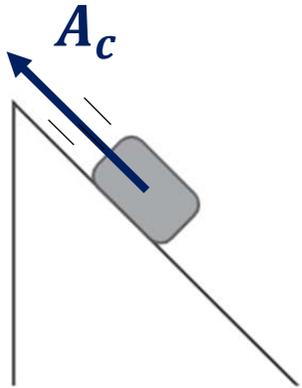
Atrito (\vec{A})

- **Conceito:** impede ou tenta impedir o escorregamento
- **Direção:** paralelo à superfície de apoio
- **Sentido:** contrário ao escorregamento ou tentativa de escorregamento
- **Condição:** escorregamento ou tentativa de escorregamento

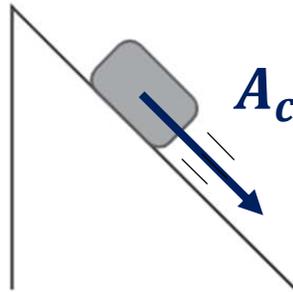


Exemplos

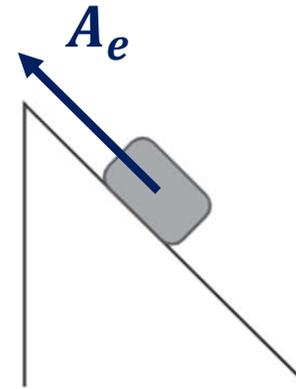
1. Bloco escorregando



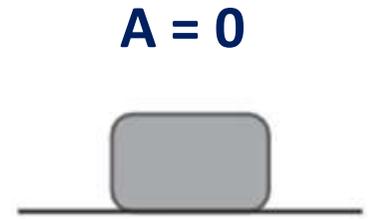
2. Bloco escorregando



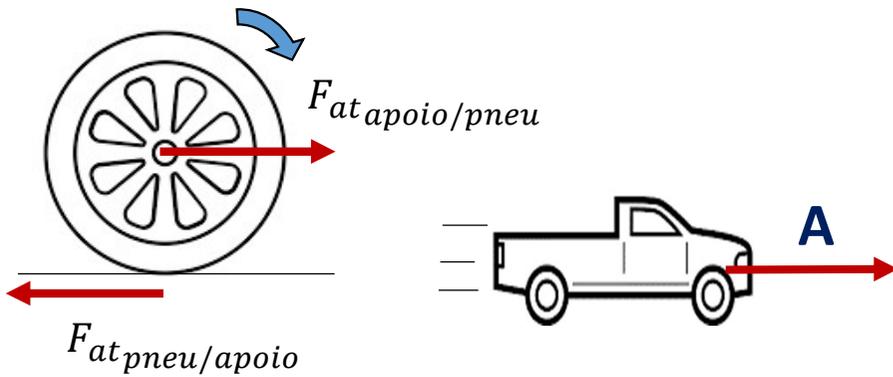
3. Bloco em repouso



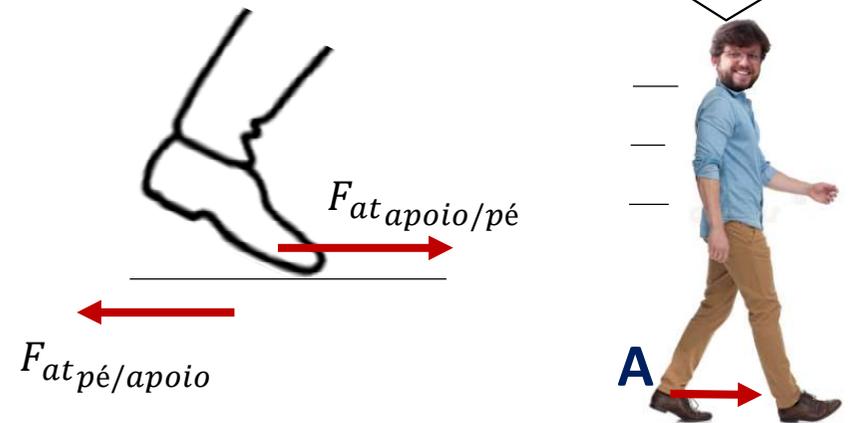
4. Bloco em repouso



5. Carro arrancando (roda motriz)



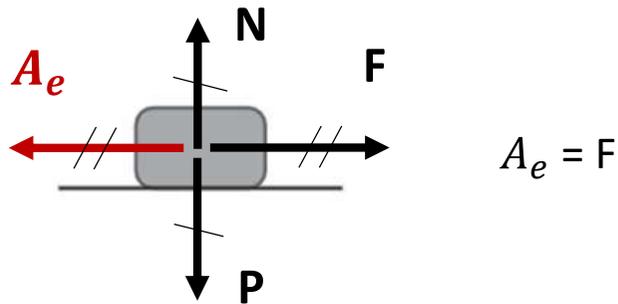
6. Pessoa caminhando



O atrito não é contrário ao movimento!

Intensidade do atrito

Atrito estático → tendência de escorregamento (sem escorregar)



$$A_e^{\text{máx}} = \mu_e \cdot N$$

μ_e : coeficiente de atrito estático

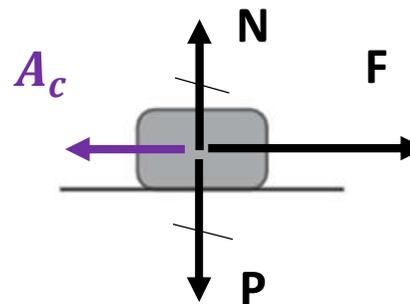
Exemplo:

$$\mu_e = 0,5 \quad N = P = 100 \text{ N}$$

$$A_e^{\text{máx}} = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ N}$$

Condição para não escorregar: $A_e \leq A_e^{\text{máx}}$

Atrito cinético → escorregamento



$$A_c = \mu_c \cdot N$$

μ_c : coeficiente de atrito cinético

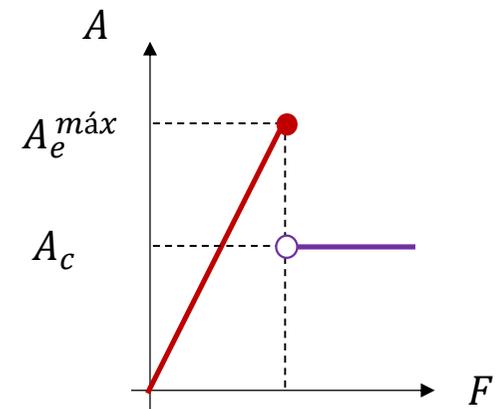
Exemplo:

$$\mu_c = 0,3 \quad N = P = 100 \text{ N}$$

$$A_c = 0,3 \cdot 100 = 30 \text{ N}$$

F	A
0	0
10	10
20	20
⋮	⋮
50	50
60	30
70	30

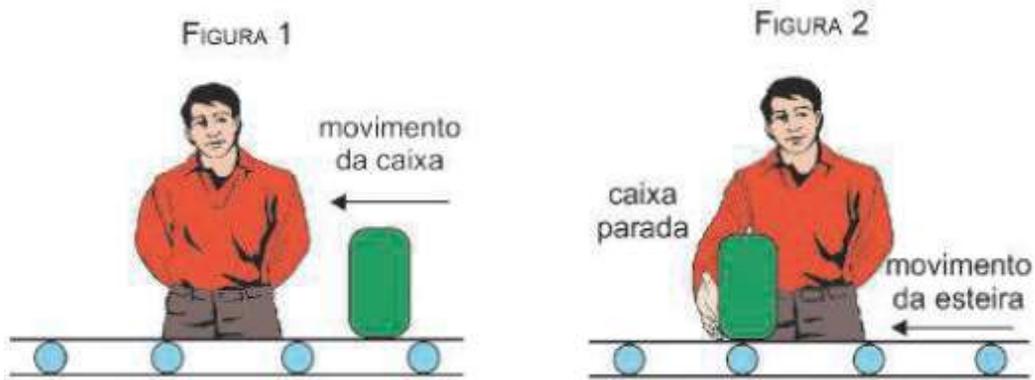
} A_e
} A_c



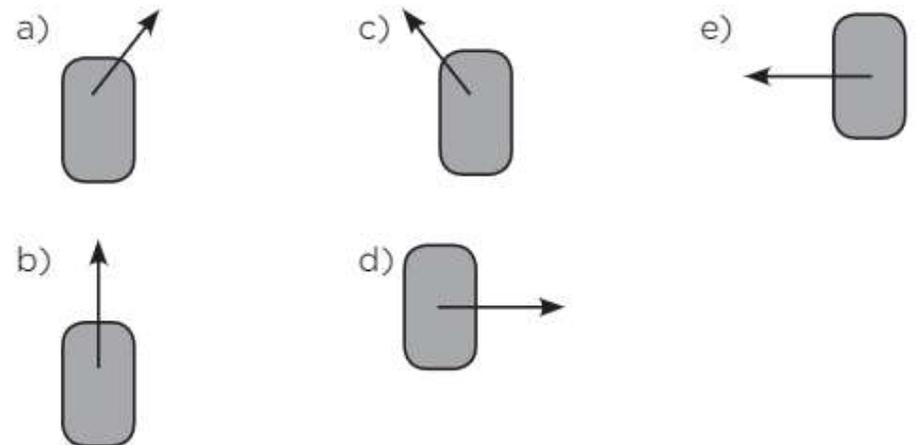
Exercícios



1. (Unesp-SP) Na linha de produção de uma fábrica, uma esteira rolante movimentada-se no sentido indicado na figura 1, e com velocidade constante, transportando caixas de um setor a outro. Para fazer uma inspeção, um funcionário detém uma das caixas, mantendo-a parada diante de si por alguns segundos, mas ainda apoiada na esteira que continua rolando, conforme a figura 2.



No intervalo de tempo em que a esteira continua rolando com velocidade constante e a caixa é mantida parada em relação ao funcionário (figura 2), a resultante das forças aplicadas pela esteira sobre a caixa está corretamente representada na alternativa



No intervalo de tempo em que a esteira continua rolando com velocidade constante e a **caixa é mantida parada** em relação ao funcionário (figura 2), a resultante das forças aplicadas pela esteira sobre a caixa está corretamente representada na alternativa

FIGURA 1

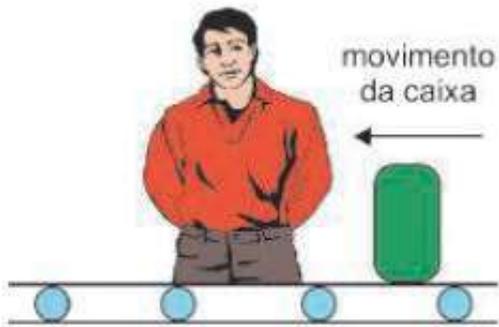
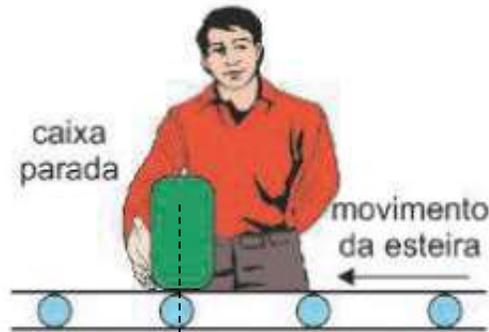
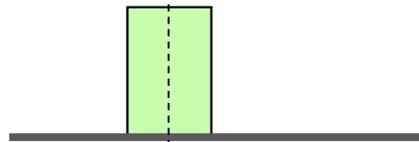


FIGURA 2



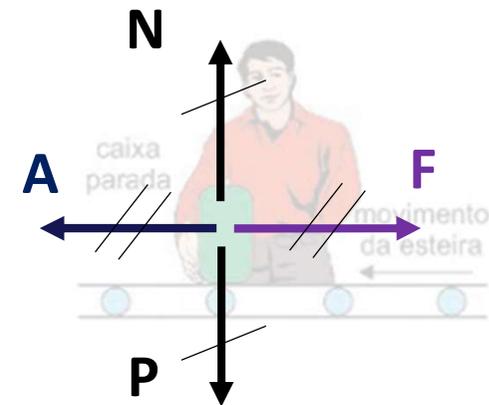
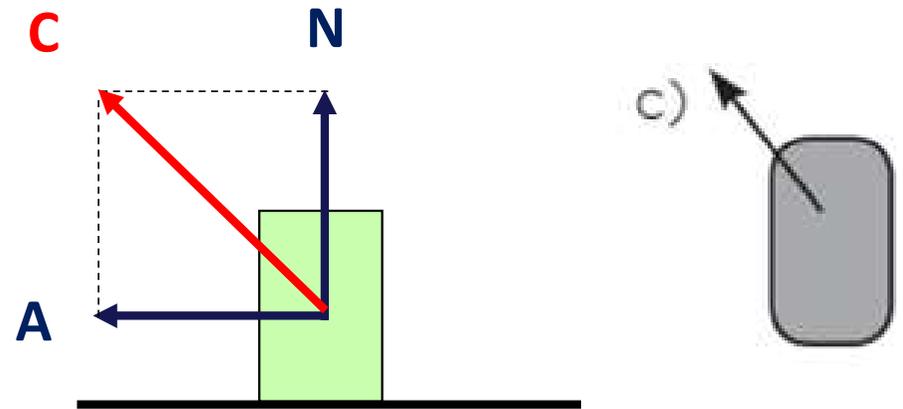
Atrito aplicado pela caixa sobre a esteira



Movimento da esteira



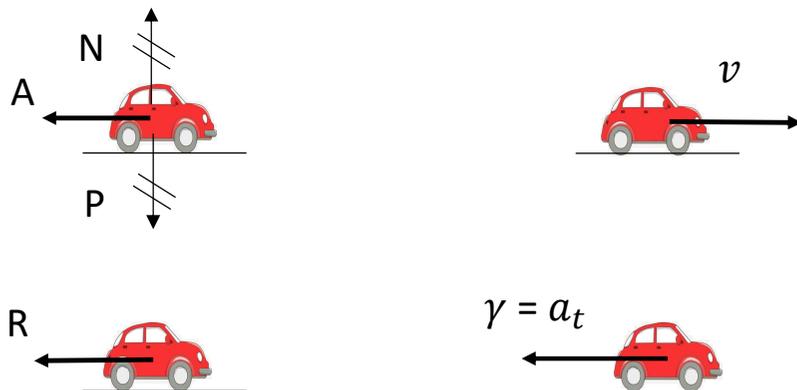
Forças que a esteira aplica sobre a caixa



2. Um carro, de massa 1 t, sem ABS, está se movimentando em uma estrada horizontal asfaltada, desenvolvendo velocidade 30 m/s quando é obrigado a frear bruscamente. Devido à ação dos freios, sua velocidade reduz até o carro parar, em um intervalo de tempo de 6 s. Como estava um dia sem chuva, o coeficiente de atrito estático entre os pneus e o asfalto é 1,0. Admitindo que a intensidade do campo gravitacional é 10 N/kg, pede-se:

- Em um esquema, assinale as forças no carro.
- Indique a velocidade vetorial instantânea e classifique o movimento do carro.
- Indique a direção e o sentido da aceleração vetorial.
- Indique a direção e o sentido da resultante.
- Avalie se nessa situação os pneus vão ou não escorregar contra o asfalto. Justifique.
- Calcule a intensidade do atrito entre os pneus e o chão.

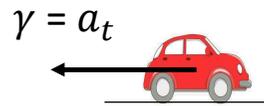
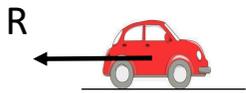
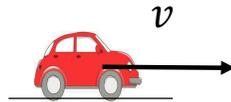
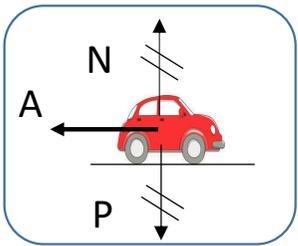
MRR (brecada)



2. Um carro, de massa 1 t, sem ABS, está se movimentando em uma estrada horizontal asfaltada, desenvolvendo velocidade 30 m/s quando é obrigado a frear bruscamente. Devido à ação dos freios, sua velocidade reduz até o carro parar, em um intervalo de tempo de 6 s. Como estava um dia sem chuva, o coeficiente de atrito estático entre os pneus e o asfalto é 1,0. Admitindo que a intensidade do campo gravitacional é 10 N/kg, pede-se:

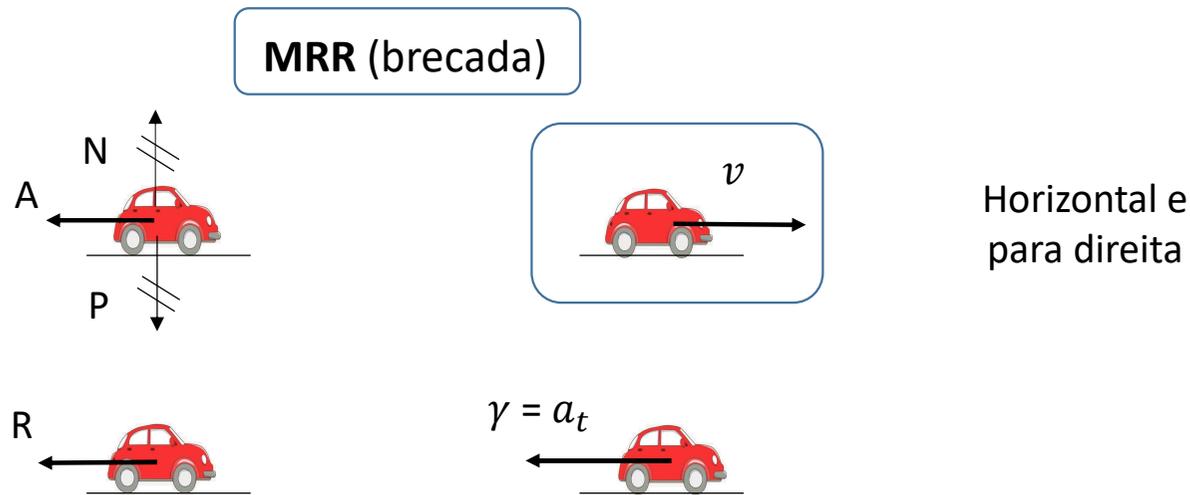
a) Em um esquema, assinale as forças no carro.

MRR (brecada)



2. Um carro, de massa 1 t, sem ABS, está se movimentando em uma estrada horizontal asfaltada, desenvolvendo velocidade 30 m/s quando é obrigado a frear bruscamente. Devido à ação dos freios, sua velocidade reduz até o carro parar, em um intervalo de tempo de 6 s. Como estava um dia sem chuva, o coeficiente de atrito estático entre os pneus e o asfalto é 1,0. Admitindo que a intensidade do campo gravitacional é 10 N/kg, pede-se:

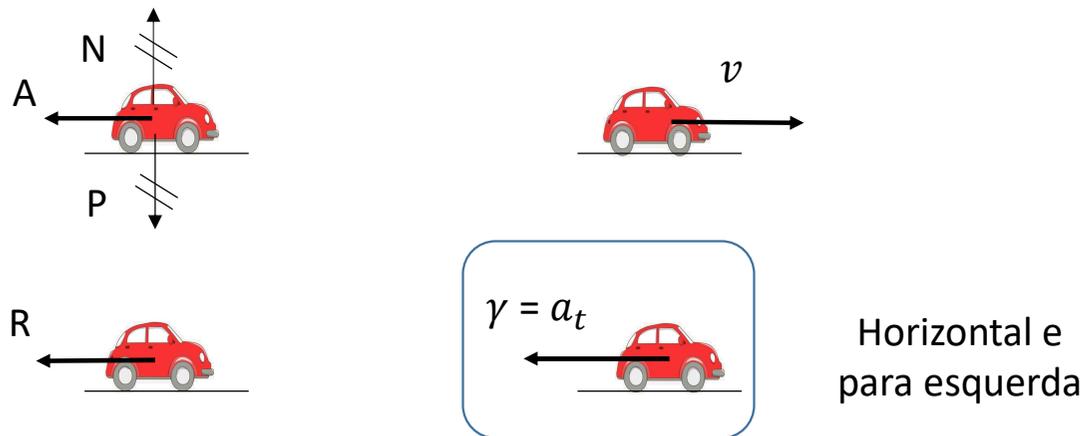
b) Indique a velocidade vetorial instantânea e classifique o movimento do carro.



2. Um carro, de massa 1 t, sem ABS, está se movimentando em uma estrada horizontal asfaltada, desenvolvendo velocidade 30 m/s quando é obrigado a frear bruscamente. Devido à ação dos freios, sua velocidade reduz até o carro parar, em um intervalo de tempo de 6 s. Como estava um dia sem chuva, o coeficiente de atrito estático entre os pneus e o asfalto é 1,0. Admitindo que a intensidade do campo gravitacional é 10 N/kg, pede-se:

c) Indique a direção e o sentido da aceleração vetorial.

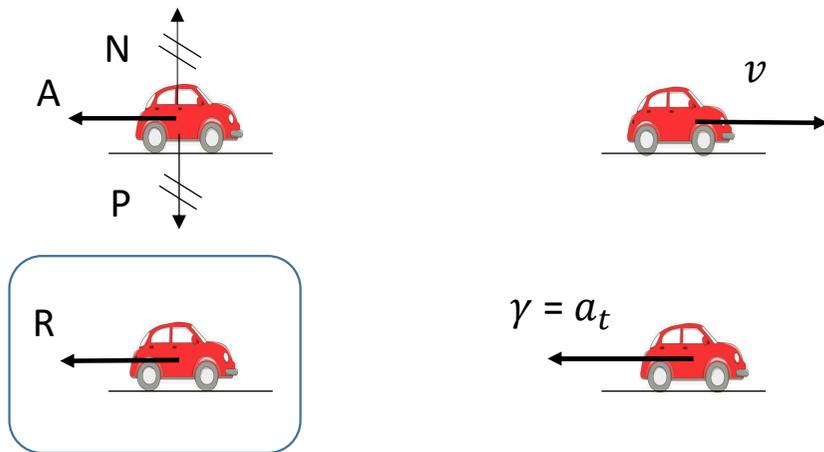
MRR (brecada)



2. Um carro, de massa 1 t, sem ABS, está se movimentando em uma estrada horizontal asfaltada, desenvolvendo velocidade 30 m/s quando é obrigado a frear bruscamente. Devido à ação dos freios, sua velocidade reduz até o carro parar, em um intervalo de tempo de 6 s. Como estava um dia sem chuva, o coeficiente de atrito estático entre os pneus e o asfalto é 1,0. Admitindo que a intensidade do campo gravitacional é 10 N/kg, pede-se:

d) Indique a direção e o sentido da resultante.

MRR (brecada)

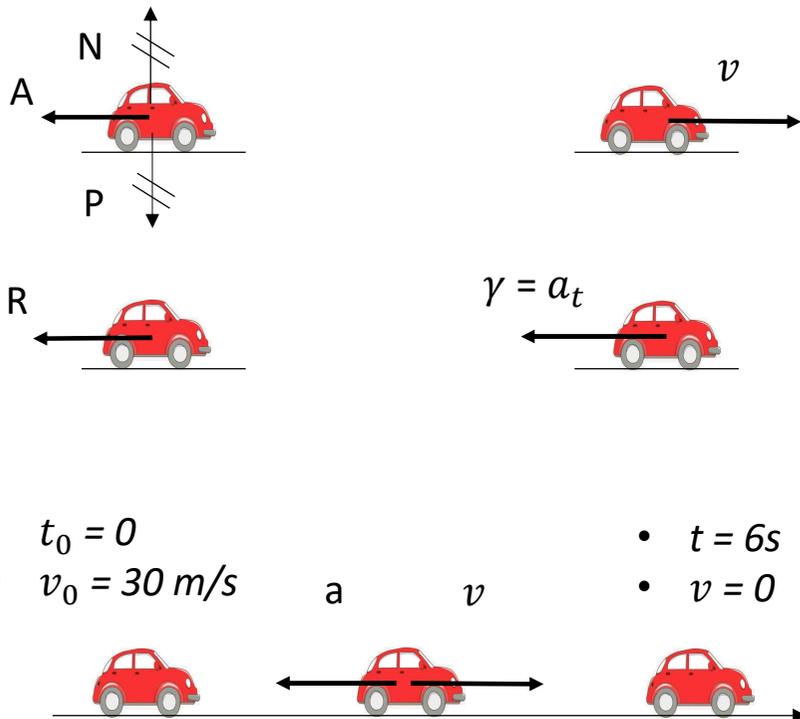


Horizontal e
para esquerda

2. Um carro, de massa **1 t**, sem ABS, está se movimentando em uma estrada horizontal asfaltada, desenvolvendo velocidade **30 m/s** quando é obrigado a **frear** bruscamente. Devido à ação dos freios, sua velocidade reduz até o **carro parar**, em um intervalo de tempo de **6 s**. Como estava um dia sem chuva, o **coeficiente de atrito estático entre os pneus e o asfalto é 1,0**. Admitindo que a intensidade do campo gravitacional é **10 N/kg**, pede-se:

e) Avalie se nessa situação os pneus vão ou não escorregar contra o asfalto. Justifique.

MRR (brecada)



- $t_0 = 0$
- $v_0 = 30 \text{ m/s}$
- $t = 6 \text{ s}$
- $v = 0$

Condição para não escorregar

$$A_e \leq A_e^{\text{máx}}$$

$$A_e^{\text{máx}} = ?$$

$$N = P = m \cdot g$$

$$N = P = 1000 \cdot 10$$

$$N = P = 10\,000 \text{ N}$$

$$A_e^{\text{máx}} = \mu_e \cdot N$$

$$A_e^{\text{máx}} = 1 \cdot 10\,000 \text{ N}$$

$$A_e^{\text{máx}} = 10\,000 \text{ N}$$

$$A = ?$$

$$\vec{R} = m \cdot \vec{\gamma} \rightarrow R = m \cdot |a|$$

$$\gamma = a_t = |a|$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

$$a = \frac{0 - 30}{6}$$

$$a = -5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$A_e \leq A_e^{\text{máx}}$$

$$5\,000 < 10\,000$$

Não escorrega!

$$R = A$$

$$A = m \cdot |a|$$

$$A = 1000 \cdot 5$$

$$A = 5000 \text{ N}$$

2. Um carro, de massa 1 t, sem ABS, está se movimentando em uma estrada horizontal asfaltada, desenvolvendo velocidade 30 m/s quando é obrigado a frear bruscamente. Devido à ação dos freios, sua velocidade reduz até o carro parar, em um intervalo de tempo de 6 s. Como estava um dia sem chuva, o coeficiente de atrito estático entre os pneus e o asfalto é 1,0. Admitindo que a intensidade do campo gravitacional é 10 N/kg, pede-se:

f) Calcule a intensidade do atrito entre os pneus e o chão.

Conforme calculado no item e:

$$A_e = 5000 \text{ N}$$

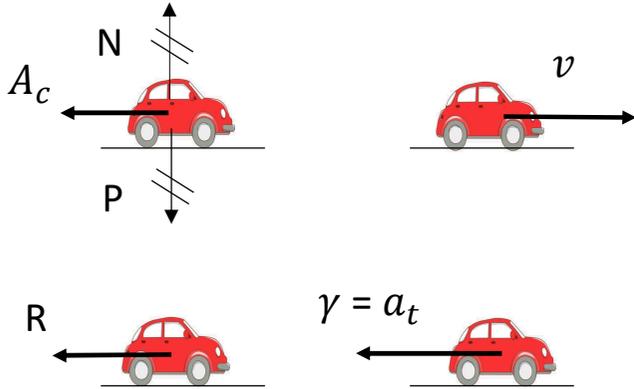
3. Um carro, no município de Ribeirão Pires, desenvolve velocidade de 20 m/s quando o seu motorista vê, subitamente, à sua frente, um semáforo mudando do verde para o amarelo. A luz amarela fica acesa por um intervalo de tempo de cerca de $3,0 \text{ s}$, quando muda para o vermelho. Quando o motorista vê a mudança do semáforo (de verde para amarelo), ele se encontra a 45 m da faixa de pedestres.



O motorista decide frear e parar antes da faixa. Ele pisa no freio, o que faz com que as rodas travem e, conseqüentemente, o carro escorregue. A frenagem não começa no momento em que o motorista vê a mudança do semáforo, pois há um tempo de reação, que foi de $1,0 \text{ s}$.

Quanto é o menor coeficiente de atrito para que ele consiga parar antes da faixa?

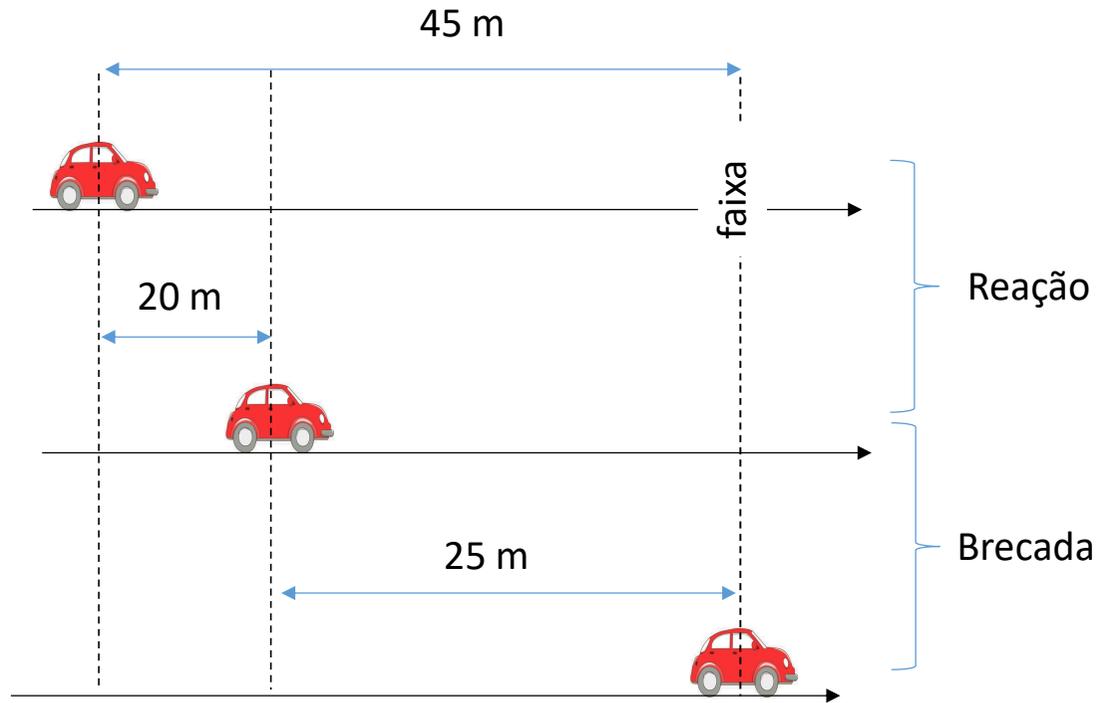
MRR (brecada)



- $t_0 = 0$
- $v_0 = 20 \text{ m/s}$

- $t = 1 \text{ s}$
- $v_0 = 20 \text{ m/s}$

- t
- $v = 0$



$$\mu_{\text{mín}} = ?$$

Brecada

O ΔS restante é o limitador $\rightarrow |a_{\text{mín}}|$

$$\gamma = a_t = |a|$$

$$v^2 = v_0^2 + 2a\Delta S$$

$$0^2 = 20^2 + 2a \cdot 25$$

$$0 = 400 + 50a$$

$$-400 = 50a$$

$$a = \frac{-400}{50} = -8 \text{ m/s}^2$$

$$\vec{R} = m \cdot \vec{\gamma}$$

$$R = m \cdot |a_{\text{mín}}|$$

$$A = m \cdot |a_{\text{mín}}|$$

$$\mu_{\text{mín}} \cdot N = m \cdot |a_{\text{mín}}|$$

~~$$\mu_{\text{mín}} \cdot m \cdot g = m \cdot |a_{\text{mín}}|$$~~

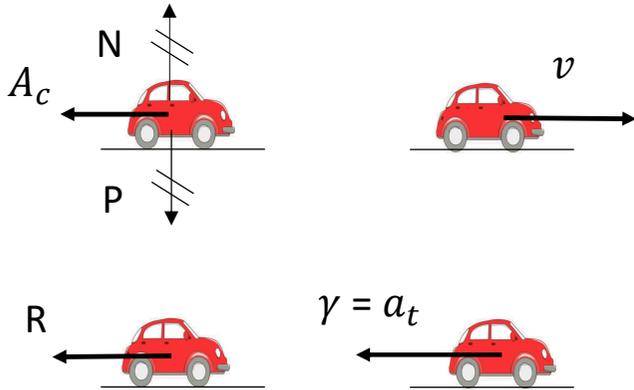
$$\mu_{\text{mín}} \cdot g = |a_{\text{mín}}|$$

$$\mu_{\text{mín}} = \frac{|a_{\text{mín}}|}{g}$$

$$\mu_{\text{mín}} = \frac{8}{10}$$

$$\mu_{\text{mín}} = 0,8$$

MRR (brecada)



Brecada

O ΔS restante é o limitador



$$|a_{\min}| = 8 \text{ m/s}^2$$



Qual o intervalo de tempo de duração da brecada?



$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} \rightarrow \Delta t = \frac{\Delta V}{a} = \frac{0 - 20}{-8} = 2,5 \text{ s}$$



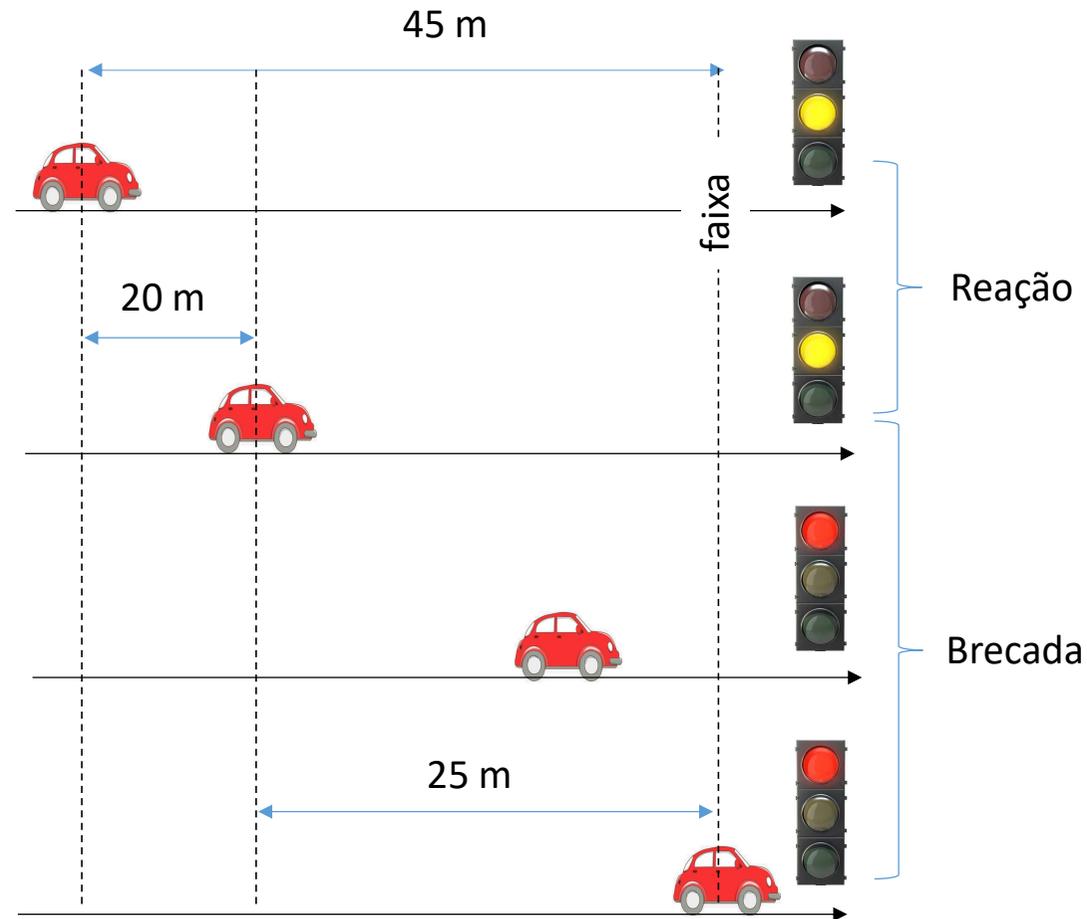
Conclusão: o carro para antes da faixa (praticamente sobre ela) e 0,5 s depois do semáforo ter ficado vermelho

- $t_0 = 0$
- $v_0 = 20 \text{ m/s}$

- $t = 1 \text{ s}$
- $v_0 = 20 \text{ m/s}$

- $t = 3 \text{ s}$

- $t = 3,5 \text{ s}$
- $v = 0$



Brecada

E se utilizarmos o intervalo de tempo restante como limitador?



$$v = v_0 + a \cdot \Delta t$$

$$0 = 20 + a \cdot 2$$

$$-20 = 2 \cdot a$$

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



A intensidade da aceleração é maior do que a mínima!



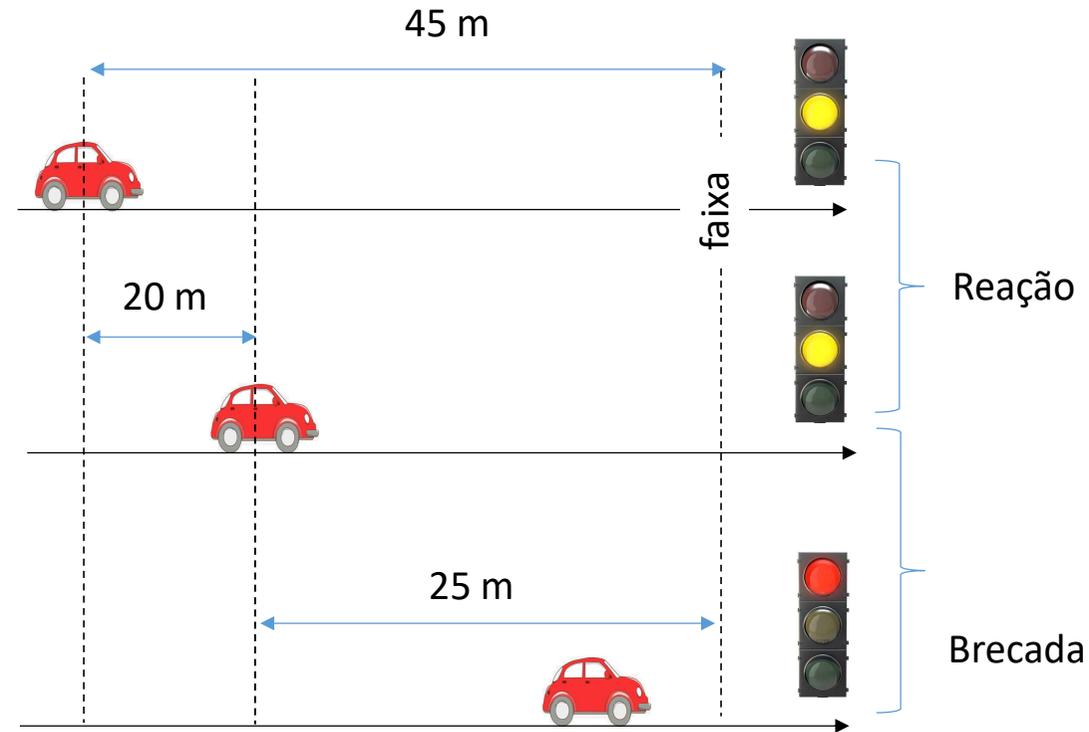
Onde o carro para?



- $t_0 = 0$
- $v_0 = 20 \text{ m/s}$

- $t = 1 \text{ s}$
- $v_0 = 20 \text{ m/s}$

- $t = 3 \text{ s}$
- $v = 0$



$$S = S_0 + v_0 \cdot \Delta t + \frac{1}{2} a \cdot \Delta t^2$$

$$\Delta S = S - S_0 = v_0 \cdot \Delta t + \frac{1}{2} a \cdot \Delta t^2$$

$$\Delta S = S - S_0 = 20 \cdot 2 + \frac{1}{2} \cdot (-10) \cdot 2^2$$

$$\Delta S = 40 - 20$$

$$\Delta S = 20 \text{ m}$$

Conclusão: o carro para 5m antes da faixa