

1.3. Movimento de corpos sujeitos a ligações

- **Forças de ligação** – forças responsáveis pelas restrições que impõem ao movimento do corpo onde estão aplicadas.

- O **atrito** resulta das múltiplas interações, a nível microscópico, entre as superfícies de contacto. Quando falamos de **força de atrito**, referimo-nos ao resultado de todas as interações.

- As **forças de atrito, forças não conservativas**:

- são **forças de ligação**;

- **existem sempre que um corpo se move ou tende a mover-se** sobre outro;

- **são forças que tendem a opor-se ao deslizamento** entre as superfícies de contacto.

- Um **corpo** assente num plano horizontal pode manter-se **em repouso** sob a acção de uma força \vec{F} , devido à existência de uma **força de atrito estático**, \vec{F}_{ae} .

- Se a intensidade da força aplicada, \vec{F} , aumentar, há um momento em que o corpo inicia o seu movimento. A força de atrito estático atinge nesse instante a sua intensidade máxima; designa-se por **força de atrito estático máximo**, $\vec{F}_{aemáx}$.

- Uma vez **iniciado movimento**, a força de atrito passa a designar-se por **força de atrito cinético**, \vec{F}_{ac} , sendo a sua intensidade inferior à do atrito estático máximo, $\vec{F}_{aemáx}$, para as mesmas superfícies.

$$F_{ac} < F_{aemáx}$$

- **Leis do atrito**:

Primeira lei – as forças de atrito estático máximo, $\vec{F}_{aemáx}$, e de atrito cinético, \vec{F}_{ac} , não dependem das superfícies de contacto.

Segunda lei – quando as superfícies em contacto estão em **repouso relativo**, a **intensidade da força de atrito estático máximo**, $\vec{F}_{ae\max}$, é directamente proporcional à intensidade da reacção normal, \vec{R}_n ;

$$F_{ae\max} = \mu_e R_n$$

μ_e - coeficiente de atrito estático

- quando as superfícies em contacto estão em **movimento relativo**, a **intensidade da força de atrito cinético**, \vec{F}_{ac} , é directamente proporcional à intensidade da reacção normal, \vec{R}_n , e independentemente da velocidade relativa das superfícies de contacto, se esta não for muito elevada.

$$F_{ac} = \mu_c R_n$$

μ_c - coeficiente de atrito cinético

- **Os coeficientes de atrito estático e de atrito cinético**, μ_e e μ_c , respectivamente, dependem da natureza dos materiais em contacto. Verifica-se que $\mu_e > \mu_c$.
- **O coeficiente de atrito estático**, μ_e , é igual à tangente do ângulo θ_{\max} , ângulo que um plano faz com a horizontal quando um objecto colocado sobre ele começa a deslizar.
- A expressão $v^2 = R \cdot g \cdot \text{tg} \Theta$ mostra a relação que há entre o **relevé** de uma curva de estrada (ângulo de inclinação), a velocidade e o raio de curvatura. O relevé não depende da massa do veículo.