

## B-1 Movimentos e Forças

### 1 Leis de Newton

Neste subtema iremos explorar o movimento dos corpos, tendo em conta as causas que os provocam. Começaremos por definir sistema mecânico e quais as condições em que um corpo pode ser representado por um único ponto - o seu centro de massa.



Figura 25 - Veículo motorizado em Timor-Leste.

#### 1.1 Validade da representação de um sistema pelo respetivo centro de massa (sistema mecânico)

Os corpos que observamos no nosso dia a dia podem ter movimentos muito complexos.

Serão estudados, apenas, corpos **sólidos** e **indeformáveis**, que são sistemas de muitas partículas que mantêm as suas posições relativas durante o movimento.

Um **sistema mecânico** é um sistema ao qual está associado energia cinética e/ou energia potencial (energia mecânica). Um veículo motorizado (figura 25) é um sistema complexo, simultaneamente mecânico e termodinâmico, mas quando se pretende analisar apenas o seu movimento, do ponto de vista macroscópico, não se consideram variações de energia interna, sendo assim descrito como um sistema mecânico.

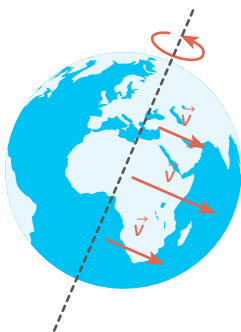


Figura 26 - Movimento de rotação da Terra.

Quais as condições para representar um sistema mecânico pelo seu centro de massa?

O movimento de um sistema mecânico pode ser de translação ou de rotação ou simultaneamente de **rotação** e de **translação**.

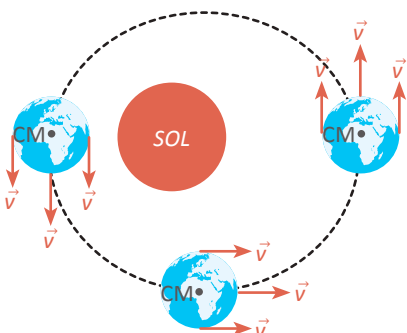


Figura 27 - Movimento de translação da Terra.

No movimento de translação, todas as partículas constituintes destes sistemas efetuam o mesmo tipo de movimento e, por isso, a velocidade de cada uma das partículas é igual.

Podemos, então, afirmar que o movimento de um sistema mecânico constituído por um sólido indeformável que se move com movimento de translação, pode ser estudado usando apenas um dos seus pontos - o seu **centro de massa (CM)**.



Figura 28 - Sistema mecânico representado pelo seu centro de massa.

O centro de massa é um ponto representativo do sistema, que se desloca como se possuísse massa igual à do sistema e como se todas as forças que atuam no sistema estivessem nele aplicadas.

A utilização do centro de massa para estudar o movimento de determinado sistema equivale a reduzi-lo a uma única partícula, desprezando, por isso, as interações das partículas constituintes do sistema.

**A saber:**

*O modelo de centro de massa usa uma idealização de um corpo, útil quando as dimensões, a forma e a estrutura interna não têm interesse para a descrição do movimento.*

**Questão resolvida**

1. Explique em quais das seguintes situações é válido o modelo de centro de massa:

- A. Movimento de rotação da Lua.
- B. Movimento de translação da Lua em torno da Terra.
- C. Movimento da bola durante um jogo de voleibol.

**Resolução:**

A. A Lua no seu movimento de rotação não pode ser reduzida a um só ponto. Não faz sentido falar da rotação de um só ponto, dado que, num dado instante, existem pontos da Lua com diferentes velocidades lineares de rotação. De notar que, pontos com a mesma velocidade angular, mas com raios de rotação diferentes, possuem velocidades lineares diferentes.

B. A Lua no seu movimento de translação em torno da Terra pode ser reduzida ao modelo do centro de massa, pois durante o movimento a posição relativa de todas as partículas da Lua, em relação à Terra, é mantida.

C. A bola, durante um jogo, tem movimento de rotação, de translação e deforma-se. No entanto, se apenas se quiser estudar o movimento da bola, tendo em conta se ela cai ou não no campo do adversário, pode ser aceite o modelo do centro de massa.



Isaac Newton (1643-1727)

## As Leis de Newton

Isaac Newton (1643-1727) publicou no dia 5 de Julho de 1687, em Londres, os “Princípios Matemáticos da Filosofia Natural”, onde estabelecia, além de outras teorias, as **Leis da Dinâmica**, que são a base de toda a Mecânica Clássica.

Estas leis, que são três, são fundamentais para a compreensão dos movimentos dos corpos no Universo.

### 1.2 Terceira Lei de Newton

#### As forças atuam aos pares?

São inúmeras as situações do quotidiano que nos permitem perceber que uma força é uma interação entre dois corpos, isto é, quando um corpo exerce uma força sobre outro, o segundo exerce também simultaneamente uma força sobre o primeiro.

Todos nós já batemos com a palma da mão numa mesa e sentimos que, embora tivéssemos exercido uma força sobre a mesa, houve uma ação recíproca da mesa sobre a nossa mão, visível pela dor que nos provocou.

Também, quando um veículo colide com um obstáculo, exerce uma força no obstáculo, cujos efeitos são visíveis pelos estragos que nele provoca, e o veículo sofre estragos provocados pelo obstáculo.

Newton traduziu numa lei este tipo de fenómenos, na denominada **Terceira Lei**, também conhecida como **Lei da Ação-Reação**.

#### 1.2.1 Lei da Ação-Reação

Quando um corpo A exerce uma força sobre um corpo B,  $\vec{F}_{A/B}$ , simultaneamente o corpo B exerce uma força sobre o corpo A,  $\vec{F}_{B/A}$ , de igual intensidade e direção, mas de sentido oposto.

$$\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$$

As forças não atuam isoladamente, **mas sempre aos pares**, existindo simultaneamente uma **ação** e uma **reação**.

As forças que constituem um par ação-reação podem atuar **por contacto** ou à **distância** e caracterizam-se por terem:

- a mesma direção;
- a mesma intensidade;
- sentidos opostos;
- pontos de aplicação em corpos diferentes.



Figura 29 - Colisão de um veículo com um obstáculo.

#### A saber:

##### Lei da Ação – Reação

Se um corpo exerce uma força sobre outro, este reage, exercendo uma força sobre o primeiro, de direção e intensidade iguais, mas de sentido oposto.

Na figura 30 está representado o par ação-reação no caso da força gravitacional entre a Terra e a Lua. É um caso de interação à distância.

Na figura 31 pode ver-se o par ação-reação, no caso de um corpo sobre uma mesa. Trata-se de uma interação por contacto.

Também, quando um corpo cai para a Terra, esta exerce uma força,  $\vec{F}_{T/C}$ , sobre o corpo e o corpo exerce uma força,  $\vec{F}_{C/T}$ , sobre ela. No entanto, não vemos a Terra mover-se por ação desta força, apesar de terem a mesma intensidade. Este facto deve-se ao pequeno efeito que a força tem num corpo de massa muito grande, como é o caso da Terra.

Se aplicarmos a mesma força para deslocar uma pedra de pequena massa ou uma pedra de grande massa, sentimos que, provavelmente, esta última nem se moverá, ao contrário do que acontece com a primeira.

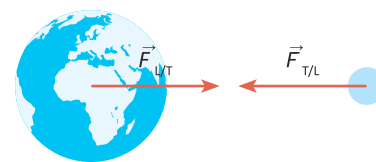


Figura 30 - Atração gravitacional entre a Terra e a Lua.

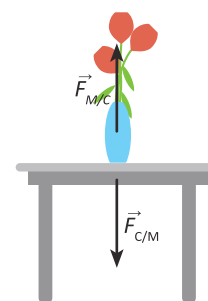
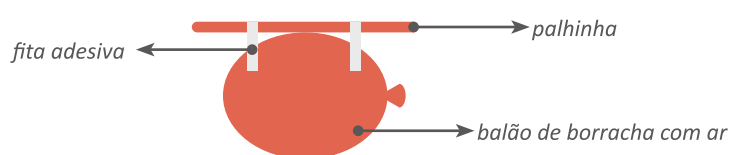


Figura 31 - Objeto sobre uma mesa.

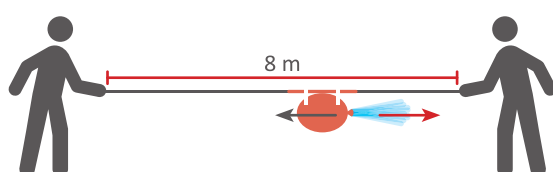
### 1.2.2 Demonstração da Lei da Ação-Reação

Enche-se um balão de borracha com ar e, com fita adesiva, prende-se a uma palhinha, lateralmente.



Passa-se um fio comprido pela palhinha, e dois estudantes seguram na sua extremidade.

Larga-se o balão e observa-se o seu movimento.



Analise o movimento, refletindo sobre os seguintes aspetos:

- Qual a razão para o balão se movimentar em sentido contrário ao da saída do ar?
- A força que lança o ar para fora do balão e a força do ar sobre o balão têm as mesmas características?
- Explique a propulsão de naves espaciais que se baseia no mesmo princípio. É necessária a existência de ar fora da nave? Porquê?

#### A saber:

Um **par ação-reação** é constituído por um par de forças com a mesma direção, a mesma intensidade e sentidos opostos, que estão aplicadas em corpos diferentes, mas em interação.

Uma vez que as **forças que formam um par ação-reação** têm os seus pontos de aplicação em corpos diferentes, não faz sentido usá-las para concluir que têm resultante nula.

### Questão resolvida

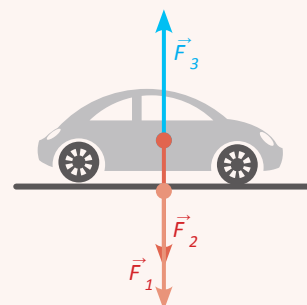
1. Observe a figura onde estão representados um automóvel e três vetores  $\vec{F}_1$ ,  $\vec{F}_2$  e  $\vec{F}_3$ .

1.1. Indique os vetores que representam:

A. As forças aplicadas no automóvel.

B. As forças que constituem um par ação-reação.

1.2. Identifique o ponto de aplicação da força que é par ação-reação da força  $\vec{F}_2$ .



### Resolução:

A.  $\vec{F}_2$  e  $\vec{F}_3$

B.  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_3$

1.2.  $\vec{F}_2$  é a força que a Terra exerce no automóvel e o seu par ação-reação é a força que o automóvel exerce na Terra, que tem ponto de aplicação no centro de massa da Terra.

### 1.3 Segunda Lei de Newton. Força Resultante

Como se relaciona a resultante das forças com a variação da velocidade de um corpo?

Só é possível modificar a velocidade de um corpo se lhe for aplicada uma força.

Quando Isaac Newton estudou a **variação da velocidade** de um corpo, considerado como uma partícula material, pela aplicação de forças exteriores verificou que aquele adquire aceleração **se a resultante das forças** for não nula.



Figura 32 - Para parar a bola, o guarda-redes aplica uma força.



Figura 33 - O valor da aceleração adquirida pelo automóvel é diretamente proporcional à intensidade da força aplicada.

A figura 33 mostra que quanto **maior** é a **intensidade da resultante das forças** aplicadas a um corpo, **maior** é a sua **aceleração**.

Verifica-se que a **intensidade da resultante das forças aplicadas** a um corpo e o **valor da aceleração** são **diretamente proporcionais**.

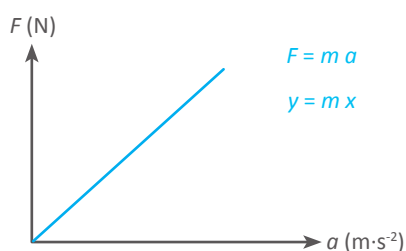
$$\frac{F_1}{a_1} = \frac{F_2}{a_2} = \frac{F_3}{a_3} = \text{constante}$$

Também se verifica que, quando se aplicam **forças com a mesma intensidade**, a corpos de massas diferentes, por exemplo, um carro e um camião, a **aceleração** adquirida por estes é diferente. Quanto maior for a massa do corpo, menor será o valor da aceleração adquirida.

Assim concluímos que a aceleração adquirida pelo corpo não depende só da resultante das forças aplicadas no corpo, mas depende também da massa do corpo.

A constante de proporcionalidade entre as grandezas força e aceleração é igual à massa do corpo.

Esta proporcionalidade traduz-se pelo gráfico seguinte.



Isaac Newton verificou experimentalmente estes factos e estabeleceu a sua Segunda Lei, também designada por Lei Fundamental da Dinâmica.

### 1.3.1 Lei Fundamental da Dinâmica

A aceleração de um corpo, de massa  $m$ , é diretamente proporcional à resultante das forças nele aplicadas. Como a massa é uma grandeza escalar sempre positiva, a aceleração será um vetor com a mesma direção e o mesmo sentido que a resultante das forças.

$$\vec{F}_R = m\vec{a}$$

O que mostra a expressão  $\vec{F}_R = m\vec{a}$  ?

- A força resultante que atua num corpo e a sua aceleração têm a mesma direção e o mesmo sentido. Assim, numa viagem de automóvel:

- quando se acelera, como se mostra na figura 34, a velocidade aumenta, a aceleração tem o sentido do movimento;

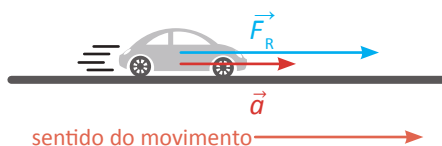


Figura 34 - O carro "acelera".

- quando se trava, como se mostra na figura 35, a velocidade diminui, a aceleração tem sentido oposto ao do movimento.

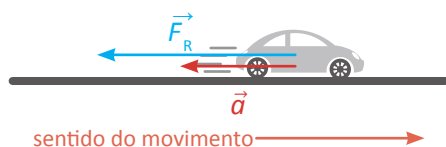


Figura 35 - O carro "trava".

#### A saber:

A aceleração e a massa do corpo são duas grandezas inversamente proporcionais.

#### A saber:

A força resultante e a aceleração são duas grandezas vectoriais que têm a mesma direção e o mesmo sentido.

#### Unidade SI de força

A unidade de força no Sistema Internacional é o newton (N). Um newton corresponde à força que, ao atuar num corpo isolado com a massa de um quilograma, lhe provoca a aceleração de um metro por segundo quadrado.

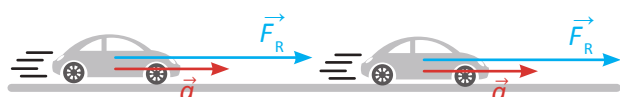
- A aceleração é tanto maior quanto maior for a intensidade da força resultante, como se mostra na figura 36.



$$\text{maior } \vec{F}_R \leftrightarrow \text{maior } \vec{a}$$

Figura 36 - Maior força resultante, maior aceleração.

- Enquanto a força resultante se mantém constante, a aceleração é também constante e o movimento é uniformemente acelerado, como na figura 37, ou uniformemente retardado, como na figura 38.



sentido do movimento →

Figura 37 - Movimento uniformemente acelerado.



sentido do movimento →

Figura 38 - Movimento uniformemente retardado.

### Questão resolvida:

1. Considere um corpo com massa 10 kg. Nele é aplicada uma força de 52 N para o arrastar. A força de atrito que resulta do contacto entre o corpo e a superfície é de 2 N.

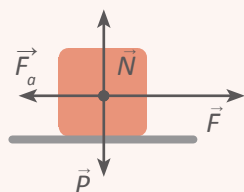
1.1. Represente todas as forças que atuam no sistema.

1.2. Calcule o valor da aceleração adquirida pelo corpo.

1.3. Calcule o valor da velocidade do corpo ao fim de 10 s, sabendo que ele parte do repouso.

### Resolução:

1.1.  $\vec{F}$ : força exercida no corpo;  $\vec{F}_a$ : força de atrito;  $\vec{P}$ : peso do corpo;  $\vec{N}$ : reação normal do plano.



1.2. A força resultante é:

$$F_R = F - F_a, \text{ ou seja, } F_R = 52 - 2, F_R = 50 \text{ N.}$$

$$F_R = m \cdot a, \text{ pela Segunda Lei de Newton, portanto } a = 5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}.$$

1.3.  $v = v_0 + at$ , por se tratar dum movimento uniformemente acelerado.

$$v = 0 + 5,0 \times 10 = 50 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

## 1.4 Relação entre Massa e Peso

Qual a relação entre a massa e o peso de um corpo?

Qualquer corpo abandonado nas proximidades da superfície da Terra cai livremente, percorrendo uma trajetória vertical. Se for possível desprezar a resistência do ar, a única força significativa que atua no corpo é a força gravítica exercida pela Terra e, a aceleração do movimento é a aceleração da gravidade,  $\vec{g}$ .

Ou seja, a resultante das forças que atuam sobre o corpo é o peso,  $\vec{P}$  e de acordo com a Lei Fundamental da Dinâmica, pode escrever-se

$$\vec{P} = m\vec{g}$$

Qualquer corpo em queda livre à superfície da Terra tem a mesma aceleração,  $\vec{g}$ , cujo valor é de cerca de  $9,82 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , independentemente da sua massa, e consequentemente do seu peso, variando ligeiramente com a latitude e com a altitude do lugar.

Quanto maior for a distância ao centro da Terra, menor será a aceleração de um corpo e consequentemente menor será o seu peso.

Por exemplo:

valor da aceleração de um corpo ( $\vec{g}$ )		
em DÍLI: $9,781 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$	no EQUADOR: $9,781 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$	no PÓLO NORTE: $9,832 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$

Tabela 4

O valor da aceleração da gravidade também varia de planeta para planeta, pois depende da massa do planeta que está a atrair o corpo. Consequentemente, o peso do corpo também varia, uma vez que a massa se mantém constante.

Na tabela seguinte registam-se alguns valores da aceleração da gravidade em diferentes planetas.

Planeta	Aceleração da gravidade na sua superfície ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-2}$ )	Razão entre as acelerações da gravidade no planeta e na Terra	Peso (de um corpo de massa 10 kg) (N)
TERRA	9,82	1,00	98,2
LUA	1,67	0,17	16,7
MARTE	3,72	0,38	37,2
JUPITER	24,8	2,53	248

Tabela 5

### A saber:

A aceleração gravítica é a aceleração dos corpos na superfície da Terra, e tem o valor médio de  $9,82 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

O peso e a aceleração da gravidade são duas grandezas vetoriais que têm a mesma direção e o mesmo sentido.

### A saber:

Se dois corpos, de massas diferentes, sujeitos apenas à força gravítica, forem largados simultaneamente da mesma altura, caem lado a lado e chegam ao solo no mesmo instante.

### A saber:

Embora a massa de um corpo seja constante, o peso desse corpo em diferentes planetas é diferente, uma vez que a aceleração da gravidade é diferente.



Portanto, apesar de estarem relacionados, massa e peso são conceitos distintos.

A **massa** é uma **grandeza escalar**, propriedade de cada corpo e que não varia com o lugar.

O **peso** é uma **grandeza vetorial**, uma força que tem a direção da vertical do lugar e sentido para baixo e depende da aceleração da gravidade do local onde o corpo se encontra.

### Questão resolvida

Um automóvel, considerado uma partícula material, teve uma avaria numa rua de Díli, e foi arrastado por um reboque, cujo cabo exerce uma força  $\vec{F}$ , de intensidade 5000 N, que faz um ângulo de  $60^\circ$  com a horizontal. A força de atrito entre as rodas e o asfalto,  $\vec{F}_a$ , tem a intensidade de 1000 N e a força que o solo exerce no automóvel tem a intensidade de 7000 N.

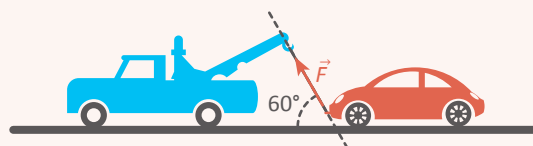
1. Esquematize a situação e represente as forças que atuam no automóvel, tendo em atenção o tamanho relativo dos vetores.

Faça a legenda.

2. Determine a intensidade do peso do automóvel.

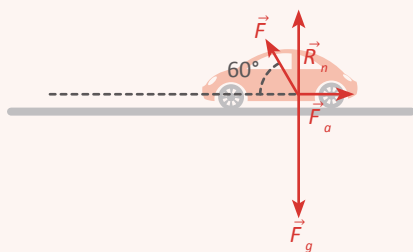
3. Calcule a massa do automóvel.

4. Caracterize a força resultante que atua no automóvel.



#### Resolução:

1.



$\vec{F}$  - Força que o reboque exerce no automóvel

$\vec{F}_a$  - Força que o asfalto exerce nas rodas do automóvel

$\vec{R}_n$  - Força que o solo exerce no automóvel

$\vec{F}_g$  - Força que a Terra exerce no automóvel

2. No eixo vertical, a resultante das forças é nula,

$$\vec{R}_n + \vec{F}_y + \vec{F}_g = 0 \Leftrightarrow R_n + F \sin 60^\circ - F_g = 0 \Leftrightarrow F_g = 11330 \text{ N}$$

3.  $F_g = mg \Leftrightarrow m = 11330 \div 9,80 \Leftrightarrow m = 1156 \text{ kg}$

4. No eixo horizontal:  $\vec{F}_R = \vec{F}_x + \vec{F}_a \Leftrightarrow F_R = F \cos 60^\circ - F_a \Leftrightarrow F_R = 1500 \text{ N}$

Ponto de aplicação: CM do automóvel

Direção: eixo horizontal (eixo do xx)

Sentido: da direita para a esquerda (negativo no eixo do xx)

Intensidade: 1500 N

## 1.5 Primeira Lei de Newton

O que acontece a um corpo quando a resultante das forças que nele atuam é nula?

Segundo **Aristóteles**, na Grécia Antiga, qualquer movimento de um objeto terrestre que não fosse de queda retilínea para a Terra não seria natural e necessitaria de uma força externa. Da mesma maneira que uma carroça pára quando o cavalo deixa de a puxar, também o movimento cessaria se a força externa deixasse de atuar.

Só no século XVII, **Galileu** veio pôr em causa esta interpretação do movimento. Estudou o movimento ao longo de dois planos inclinados e verificou que, qualquer que fosse o ângulo entre os planos, uma esfera abandonada de uma certa altura subia quase até à altura inicial. Este sábio compreendeu que se não houvesse atrito, a esfera subiria até à mesma altura vertical de que partira.

Depois foi baixando o segundo plano, aproximando-o da horizontal, e verificou que a esfera cada vez percorria maior distância já que subia sempre até à mesma altura. Seguidamente verificou que quando o plano estivesse na horizontal, a esfera continuava indefinidamente o seu movimento retilíneo, não modificando o valor da velocidade.

Foi desta forma que Galileu pôs em evidência o princípio da inércia que mais tarde foi enunciado por Newton, como a sua **Primeira Lei**, também designada por **Lei da Inércia**.

### 1.5.1 Lei da Inércia

Um corpo permanece em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (velocidade constante), se a resultante das forças que atuam sobre ele for nula.

O que é a inércia?

Todos os corpos tendem a manter o seu estado de repouso ou de movimento.

Quando o microlete arranca, partindo de repouso, o corpo dos passageiros é projetado para trás. A sua massa tem características inerciais, isto é, opõe-se ao movimento e tende a ficar em repouso como se encontrava.



Figura 40 - Microlete no momento de arranque.



Aristóteles (384 a.C. - 322 a. C.)



Galileu Galilei (1564 - 1642)

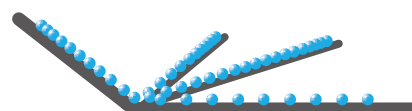


Figura 39 - Uma bola descendo um plano inclinado sem atrito atinge sempre a altura de que partiu, qualquer que seja a inclinação do plano. Galileu deduziu que, num plano horizontal, a bola nunca pararia.

#### A saber:

Se a resultante das forças aplicadas a um corpo for nula ele permanecerá com a velocidade que tinha.

Também, quando o microlete trava bruscamente, o corpo dos passageiros é projetado para a frente. A massa inercial opõe-se à alteração do estado de movimento em que se encontrava e tende a continuar o seu movimento retilíneo.



Figura 41 - Microlete no momento de travagem.

Da mesma maneira, um corpo em repouso permanecerá em repouso, se a resultante das forças que atuam nesse corpo for nula.

**A saber:**  
A força normal ou reação normal é a força que a superfície de apoio exerce sobre um corpo e é sempre perpendicular à superfície.

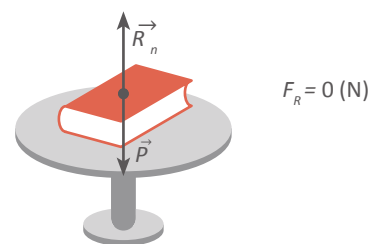


Figura 42 - Um livro em cima da mesa e em equilíbrio estático. A resultante das forças que atuam no livro é nula.

A **resultante das forças** que atuam num corpo também é **nula** quando este se desloca com **movimento retilíneo uniforme**.

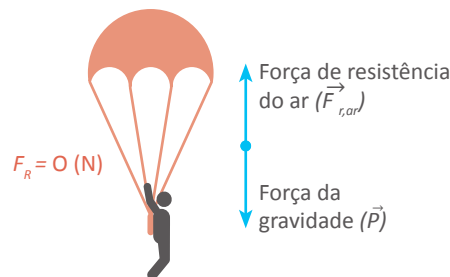


Figura 43 - Descida do paraquedista com movimento retilíneo uniforme.

A **inércia** traduz a oposição que qualquer corpo oferece à alteração ao seu estado de repouso ou de movimento.

A massa de um corpo mede a sua inércia; quanto maior for a massa de um corpo, maior será a resistência que este oferece à alteração do seu estado de repouso ou movimento, maior será a sua **inércia**.

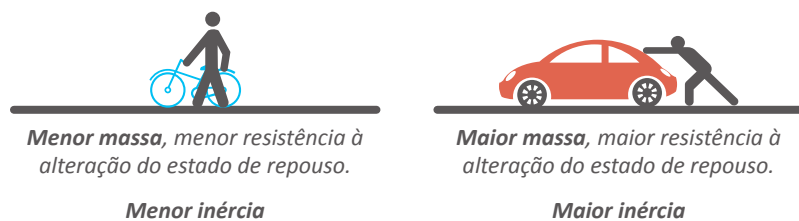
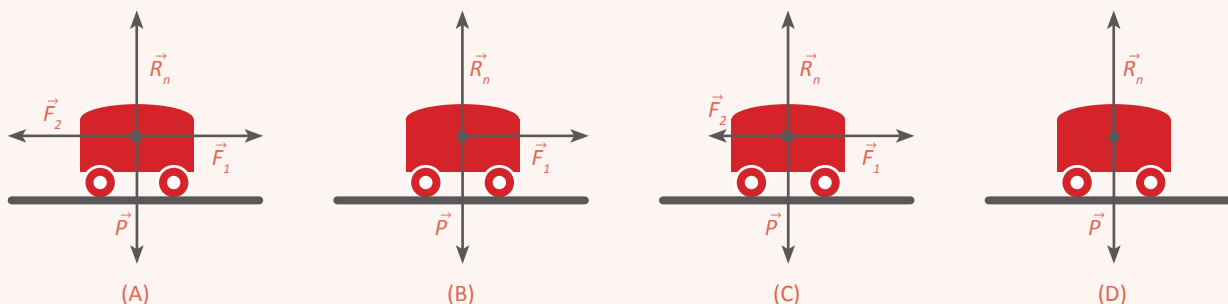


Figura 44 - É mais difícil alterar a velocidade do automóvel do que da bicicleta. A inércia do carro é maior que a da bicicleta.

**A saber:**  
A inércia mede a tendência do corpo para manter a velocidade.

### Questão resolvida

1. Considere as seguintes situações em que o mesmo carrinho está a ser atuado por forças com diferentes características:



- 1.1. Identifique as forças representadas na situação A.
- 1.2. Indique, justificando, se existem pares ação-reação representados na situação A.
- 1.3. Identifique, justificando, a(s) situação(ões) em que o carrinho poderá estar em repouso.
- 1.4. Identifique, justificando, a(s) situação(ões) em que o carrinho poderá mover-se com mru.
- 1.5. Identifique, justificando, a(s) situação(ões) em que o carrinho poderá mover-se com mrua.
- 1.6. Identifique, justificando, a(s) situação(ões) em que o carrinho poderá mover-se com mrur.

### Resolução:

1.1.  $\vec{F}_1$  e  $\vec{F}_2$  - forças aplicadas no carrinho por agentes exteriores

$\vec{R}_n$  - força que o solo exerce sobre o carrinho

$\vec{P}$  - força com que a Terra atrai o carrinho

- 1.2. Não existem pares ação-reação representados na situação A, pois todas as forças estão aplicadas no mesmo corpo (Terceira Lei de Newton).
- 1.3. Nas situações A e D, pois a resultante das forças é nula (Primeira Lei de Newton).
- 1.4. Nas situações A e D, pois a resultante das forças é nula (Primeira Lei de Newton).
- 1.5. Nas situações B e C, se o movimento se efetuar no sentido de  $\vec{F}_1$ , pois a resultante das forças tem o sentido de  $\vec{F}_1$  (Segunda Lei de Newton).
- 1.6. Nas situações B e C, se o movimento se efetuar no sentido contrário a  $\vec{F}_1$ , pois a resultante das forças tem sentido contrário ao do movimento (Segunda Lei de Newton).

## Atividade Prática de Sala de Aula

### APSA B-1.1: Movimento de um paraquedista

**Questão-problema:** Como caracterizar o movimento de queda de um corpo sujeito a resistência do ar?

**Objetivos:** Análise do gráfico velocidade-tempo do movimento de um paraquedista.

Caracterização do movimento de queda de um corpo com resistência do ar apreciável.

#### Procedimento:

1. Analise o gráfico velocidade em função do tempo referente ao movimento de um paraquedista.
2. Identifique as forças que atuam em cada trecho do movimento.
3. Analise a intensidade das forças em cada trecho.
4. Com base na análise da resultante das forças que atuam no paraquedista ao longo do movimento, justifique o tipo de movimento em cada trecho.

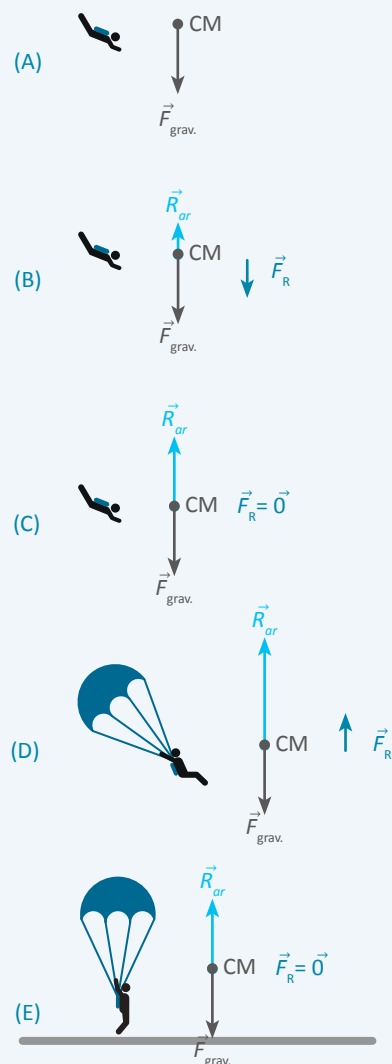
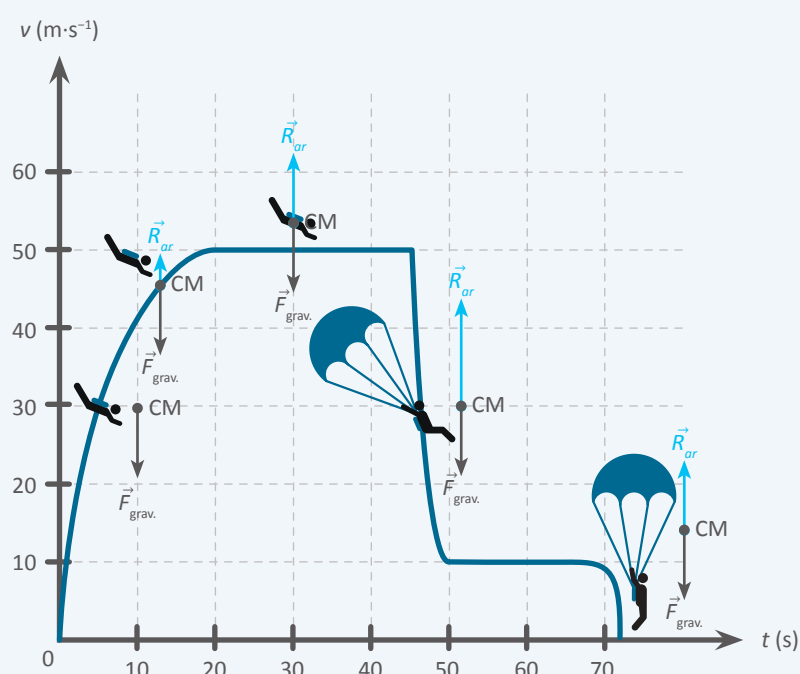
Troço A – movimento retilíneo acelerado;

Troço B – movimento retilíneo acelerado;

Troço C - movimento retilíneo uniforme;

Troço D - movimento retilíneo retardado;

Troço E - movimento retilíneo uniforme.



## Atividade Prático-Laboratorial

### APL B-1.1: Leis de Newton

**Questão-problema:** Um corpo para se mover necessita de uma força?

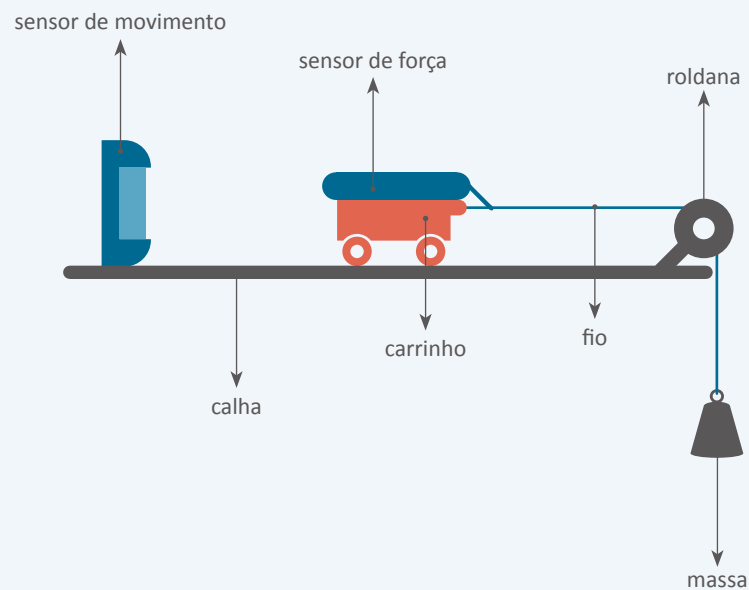
**Objetivo:** Verificação da Primeira e da Segunda Leis de Newton.

#### Questões pré-laboratoriais:

1. Preveja a resposta à questão-problema.
2. Represente as forças que atuam no carrinho e na massa antes e depois desta tocar no solo.
3. Esboce a forma do gráfico velocidade em função do tempo antes e depois da massa tocar no solo.

#### Recursos:

- Calha
- Carrinho
- Massas marcadas
- Roldana
- Fio
- Interface
- Sensor de força
- Sensor de movimento



#### Procedimento:

1. Proceda à montagem, esquematizada na figura com um carrinho que se move sobre um plano horizontal ligado por um fio a um corpo que cai na vertical. O fio, que passa na gola de uma roldana, deve ter um comprimento tal que permita a análise do movimento do carrinho na horizontal quando o fio deixa de estar em tensão.
2. Ajuste a posição do sensor de movimento para este medir a posição do carrinho durante o movimento.
3. Ajuste o sensor de força que vai medir a força resultante que atua no carrinho durante o seu movimento, responsável pela sua aceleração.
4. Ligue os sensores à interface e deixe o carrinho movimentar-se até que a massa chegue ao solo.
5. Mandar traçar o gráfico velocidade em função do tempo durante todo o movimento do carrinho.

#### Questões pós-laboratoriais:

1. A partir do gráfico obtido classifique o movimento do carrinho antes e depois da massa tocar no solo.
2. Responda à questão-problema, de acordo com as Leis de Newton.

## Resumo

- A **Terceira Lei de Newton** ou **Lei da Ação-Reação** estabelece que quando um corpo interatua com outro, exercem-se sempre forças simétricas que constituem um par ação-reação. Estas duas forças têm o ponto de aplicação em corpos diferentes e possuem a mesma direção e a mesma intensidade, mas sentidos opostos.
- A **Segunda Lei de Newton** ou **Lei Fundamental da Dinâmica** estabelece que a resultante das forças que atuam num corpo é diretamente proporcional à aceleração adquirida pelo corpo e a constante de proporcionalidade é a massa inercial.
- O **Peso** de um corpo resulta da força gravitacional que um planeta exerce sobre ele, quando à sua superfície.
- A aceleração da gravidade,  $\vec{g}$ , é a que os corpos adquirem próximos da Terra. O seu valor depende do lugar.
- A **aceleração da gravidade** depende da massa do planeta que o está a atrair.
- A **inércia** é uma propriedade física dos corpos que traduz a oposição que estes oferecem à alteração do seu estado de repouso ou de movimento. É característica de todos os corpos e é medida pela massa do corpo. É tanto maior quanto maior for a massa do corpo.
- A **Primeira Lei de Newton** ou **Lei da Inércia** estabelece que todo o corpo permanecerá em repouso ou em movimento retilíneo uniforme (velocidade constante), se a resultante das forças que atuam no corpo for nula.

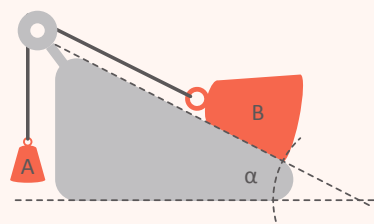
## Questões para resolver

1. Classifique em Verdadeira (V) ou Falsa (F) cada uma das afirmações seguintes:

- A. Se dois corpos interatuam, as forças que exercem, um sobre o outro, têm direções opostas.
- B. As forças ocorrem sempre aos pares.
- C. A uma ação corresponde sempre uma reação.
- D. As forças que constituem um par ação-reação podem actuar por contacto ou à distância.
- E. As forças que formam um par ação-reação actuam no mesmo corpo.
- F. O peso e a força normal que actuam sobre um corpo formam um par ação-reação.
- G. Numa pista retilínea, um automóvel desloca-se com valor de velocidade constante se o valor da aceleração for nulo.
- H. Um corpo que se desloque numa trajetória retilínea, cujo vetor aceleração tem sentido oposto ao vetor velocidade, tem movimento acelerado.
- I. Num movimento retilíneo os vetores aceleração e velocidade têm a mesma direção.
- J. Num movimento retilíneo uniformemente acelerado a intensidade do vetor velocidade inicial é inferior à intensidade do vetor velocidade final.

2. Um homem, na superfície do planeta Terra pesa 735 N e na superfície de um planeta pesa 1800 N. Determine o valor da aceleração gravítica nesse planeta.

3. Observe o esquema da figura. O corpo A tem massa  $m$  e o corpo B tem massa 6 vezes superior ao do corpo A. Desprezando todos os atritos determine o valor que deve ter o ângulo  $\alpha$  para que o sistema se encontre em equilíbrio.



4. Uma força constante, aplicada a um corpo A, provocou-lhe uma aceleração de  $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . A mesma força, aplicada a um corpo B, provocou-lhe a aceleração de  $3,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . Determine o valor da razão entre as massas dos corpos.

5. Demonstre que a aceleração adquirida por um corpo ao descer um plano inclinado sem atrito e com uma inclinação de 87%, é igual a 0,87 vezes a aceleração gravítica.

6. Um bloco A de massa  $m$  sobe ao longo de um plano inclinado puxado por um cabo, onde se exerce uma força de intensidade 100 N que faz um ângulo de  $30^\circ$  com a superfície desse plano. O sistema desloca-se com uma aceleração constante cujo valor é  $4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , e no bloco A atua uma força de atrito igual a 10 N.

6.1. Esquematize a situação e represente as forças que atuam no corpo A. Tenha em atenção a intensidade relativa de cada vetor.

6.2. Mostre que a massa do bloco A é superior a 10 kg.