

## A-2 Movimentos na Terra e no Espaço

### 1 Sistemas de localização

Atualmente, na era da globalização, assiste-se à livre circulação de pessoas e bens por terra, por mar ou pelo ar. Este fenómeno deve-se em grande parte aos avanços tecnológicos, proporcionados pela contribuição das Ciências, nomeadamente da Física. A evolução dos sistemas de localização tornou-se uma necessidade desde os tempos em que o Homem foi descobrindo e ocupando todo o Planeta Terra. Hoje em dia há vários métodos e modelos de localização que permitem determinar a posição de um habitante. O mais conhecido é o GPS (Global Positioning System), e por isso vai ser abordado neste subtema.

Podemos saber a nossa localização em qualquer ponto do globo terrestre?

#### 1.1 Posição – coordenadas geográficas

Para indicar com precisão a **posição** de um lugar à superfície da Terra recorreremos às **coordenadas geográficas**: **latitude**, **longitude** e **altitude**.

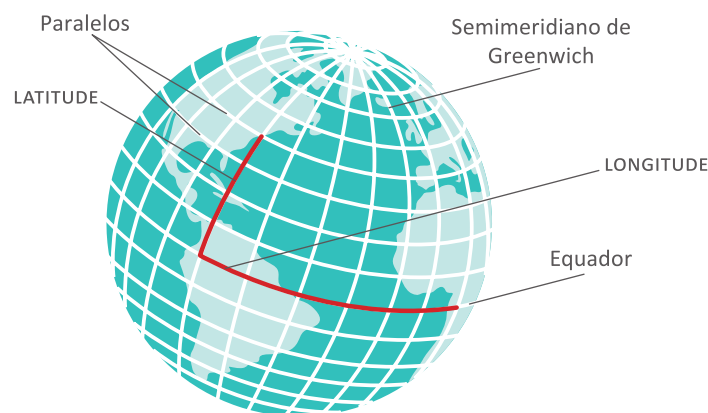


Figura 9 - Globo com rede de paralelos e meridianos.

A Terra é um geoide, não é uma esfera, uma vez que é achatada nos pólos (o raio polar é cerca de 30 km menor que o raio equatorial). No entanto podemos considerá-la uma esfera quando se pretendem determinar as coordenadas.

Admitindo essa esfericidade temos que:

- O **equador** é o círculo máximo que divide a Terra em dois hemisférios, o Norte e o Sul, e todos os pontos do equador estão equidistantes dos pólos geográficos da Terra, Pólo Norte e Polo Sul;
- Os **paralelos** são círculos menores que o equador, contidos em planos paralelos ao plano equatorial;
- Os **meridianos** são círculos máximos sobre a superfície terrestre que passam pelos pólos geográficos. O semimeridiano de Greenwich foi adotado desde 1884 como a origem para a contagem das longitudes, ou seja, o 1º semimeridiano.

A **latitude** é o valor do ângulo ao centro da Terra, expresso em graus, medido entre o paralelo que passa pelo local considerado e o equador. Está compreendida, entre 0° (Equador) e 90° N (Pólo Norte) e 90° S (Pólo Sul). Assim:

$\varphi_A$  é a latitude do lugar A (uma latitude sul) e  $\varphi_B$  a latitude de um lugar B (uma latitude norte). O equador tem latitude 0°.

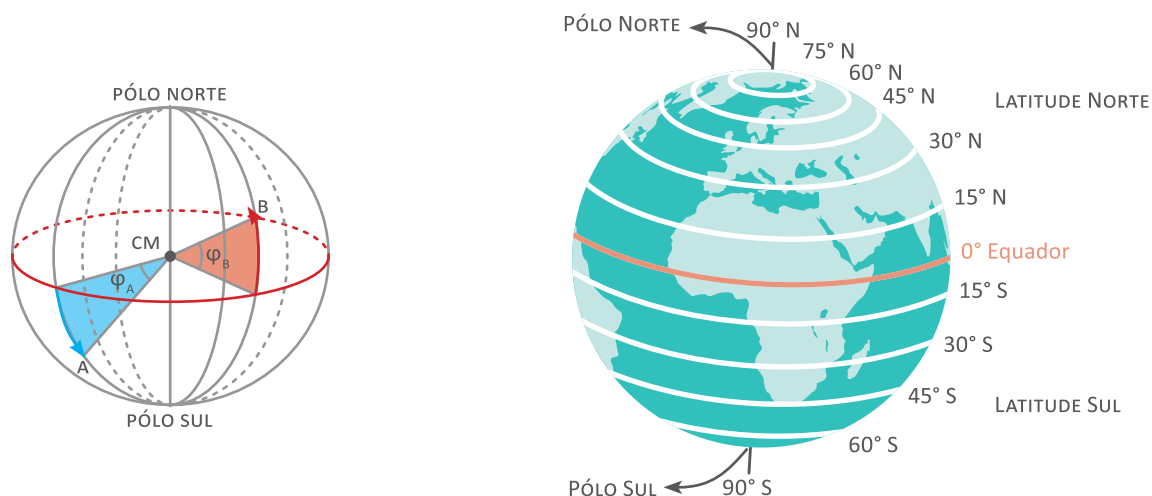


Figura 10 - Latitude de um lugar.

A **longitude** é o valor do ângulo ao centro da Terra, expresso em graus, medido entre o semimeridiano que passa pelo local considerado e o semimeridiano de Greenwich. Varia entre 0° e 180°, quer para Este (E), quer para Oeste (W). Assim:

$L_A$  é a longitude de um lugar A (longitude E) e  $L_B$  é a longitude de um lugar B (longitude W). O semimeridiano de Greenwich tem longitude 0°.

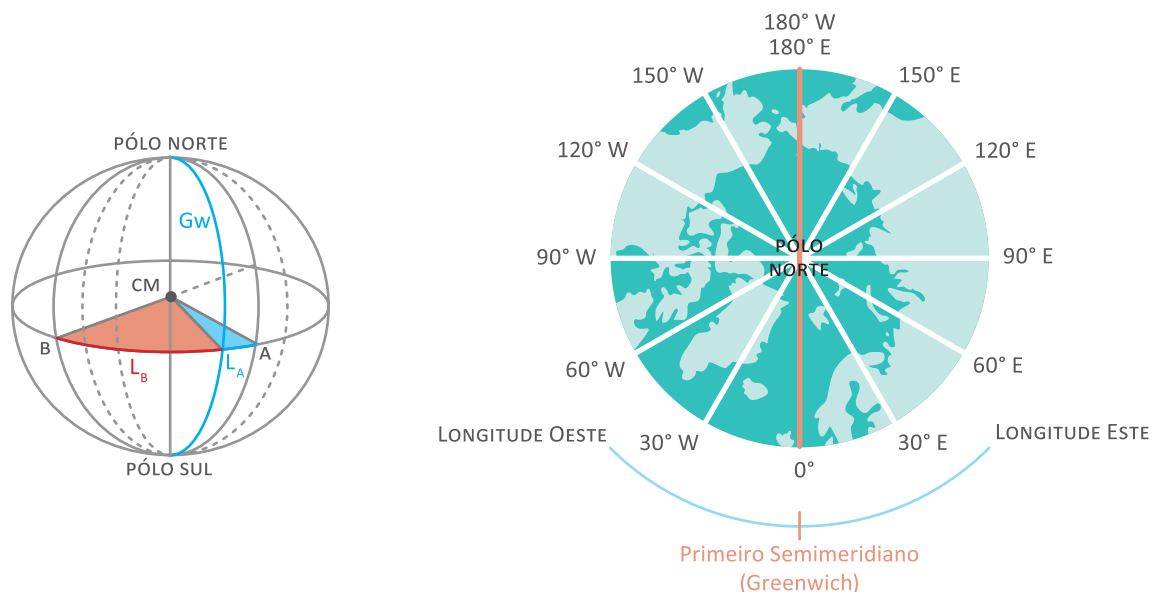


Figura 11 - Longitude de um lugar.

A **altitude** é o comprimento do segmento vertical compreendido entre o nível médio das águas do mar e o local considerado. O seu valor é normalmente medido por um **altímetro**.

A cidade de Díli encontra-se a 8° 34' S e 125° 36' 30'' E, tendo uma altitude média de 9 m.



Figura 12 - Recetor GPS.

**A saber:**

Os telemóveis também captam e enviam sinais na banda das microondas mas recorrem a uma rede de antenas terrestres, designando-se a área coberta por cada antena de célula e daí a designação de telefone celular.

## 1.2 Funcionamento e aplicações do GPS

O termo GPS aparece no nosso vocabulário associado a um dispositivo capaz de dar a nossa posição exata esteja ela onde estiver, ou indicar uma rota a seguir para chegar a um determinado destino.

O GPS foi desenvolvido nos EUA, sendo que a Europa está atualmente a desenvolver um sistema concorrente, o Galileo. É um sistema tecnológico que recorre a uma rede de satélites com computadores e relógios atômicos a bordo.

### Como é constituído o sistema GPS?

O sistema GPS permite determinar as coordenadas de posição de um ponto em qualquer zona do mundo, e com uma margem muito pequena de erro, sendo constituído por três segmentos: o segmento espacial, o segmento de controlo e o segmento do utilizador.

### Segmento espacial

- É constituído por uma rede de 24 satélites com órbitas circulares em torno da Terra, em seis planos diferentes;
- Os satélites situam-se a uma distância média de 20180 km da superfície terrestre, dando duas voltas à Terra em cada 24 horas;
- Transmitem e captam ondas eletromagnéticas na banda das microondas, que transportam dados referentes a posição e tempo;
- Obtêm energia de painéis solares que são constantemente orientados para o Sol.

### Segmento de controlo

- É constituído por uma rede de 5 estações terrestres de rastreio, dispersas pelo planeta;
- Estas estações têm como função controlar a posição dos satélites, efetuar correções às suas órbitas e manter os relógios atômicos dos satélites sincronizados com os relógios de quartzo dos recetores.

### Segmento do utilizador

- É constituído pelos recetores GPS;
- Recebe e descodifica os sinais de microondas emitidos pelos satélites, fazendo a conversão dos dados fornecidos em coordenadas geográficas, valores de velocidade e cronometragem do tempo.

### Como funciona um recetor GPS?

Um recetor GPS recebe sinais provenientes de satélites que cobrem a superfície terrestre e cuja posição em cada instante é conhecida com exatidão.

Os sinais são característicos de cada satélite e o recetor identifica o satélite que emitiu o sinal e faz uma comparação com registos de memória, estabelecendo a sua localização exata.

### Como se determina a distância ao satélite?

Os satélites da rede GPS enviam informação codificada que permite ao recetor identificar qual o satélite que está a emitir e a hora marcada no seu relógio atómico. A receção do sinal é registada no relógio de quartzo do recetor. Sabendo o intervalo de tempo entre a emissão e a receção do sinal, podemos calcular o tempo de viagem do sinal. Esse tempo ( $\Delta t$ ), registado no relógio de quartzo do recetor, permite determinar a distância entre o satélite e o recetor, sabendo que o sinal de rádio viaja à velocidade da luz ( $c = 3,0 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

$$d = c \cdot \Delta t$$

Para determinar a posição, o aparelho recetor necessita de conhecer a distância a que se encontra de, pelo menos, três satélites.

O conjunto de todos os pontos que se encontram a uma distância  $d_1$  do satélite 1 forma uma superfície esférica, o que significa que o recetor pode estar em qualquer um desses pontos.

Contudo, intersecando esta superfície com as definidas para os outros dois satélites, obtêm-se apenas dois pontos possíveis para a localização do recetor.

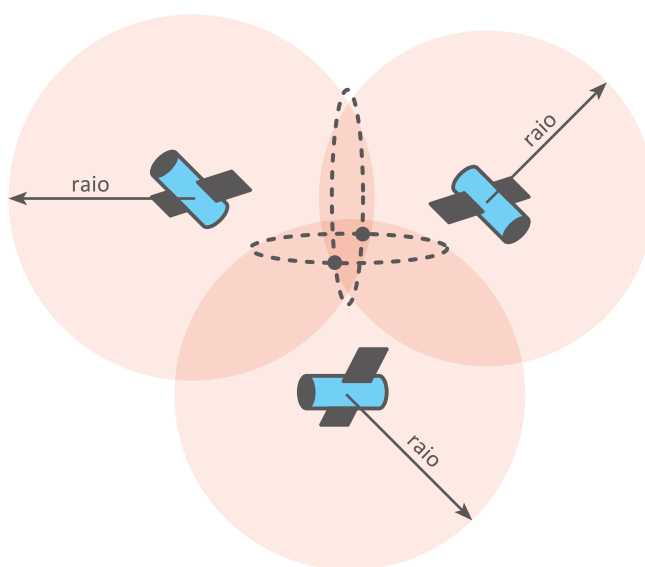


Figura 13 - Método de interseção de superfícies esféricas para localização de um ponto.

Em geral, um desses pontos ou não se encontra na superfície terrestre ou está demasiado afastado do recetor, o que torna possível, ao efetuar os cálculos, a sua eliminação.

A utilização de um quarto satélite tem como propósito sincronizar os relógios atómicos, situados a bordo dos satélites, altamente precisos, com os cronómetros de quartzo, menos precisos, presentes nos recetores.

### Quais as aplicações do sistema GPS?

O sistema GPS foi desenvolvido, nos anos setenta do século XX, para ser utilizado pelo Departamento de Defesa norte-americano para fins militares, sendo que, atualmente, é usado para diversos fins civis.

Os recetores GPS são utilizados pelo Homem nas mais diversas atividades, tais como:

- Localizar qualquer ponto do nosso planeta, através das coordenadas geográficas;
- Navegar por via terrestre, marítima ou aérea, fornecendo a rota a seguir;
- Mapear, isto é, criar mapas de países ou estradas;
- Vigiar situações de emergência.

### Questão resolvida

O GPS permite a qualquer utilizador de um recetor estabelecer a sua localização exata à superfície da Terra. Como sabe, o recetor GPS está equipado com um relógio de quartzo, cuja precisão fica aquém da precisão obtida com os relógios atômicos dos satélites. Para se saber quando o sinal foi transmitido, a precisão dos relógios tem que ser perfeita.

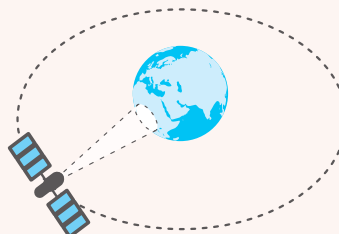
1. Um satélite envia um sinal de rádio que demora 0,0680 s a ser recebido por um recetor. Admitindo que este possui um relógio de quartzo perfeitamente sincronizado com o primeiro, calcule a distância ao satélite determinada pelo recetor. Use a velocidade da luz como sendo  $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Exprima o valor obtido em notação científica.

#### Resolução:

$$d = c \cdot \Delta t$$

$$d = 3,00 \times 10^8 \times 0,0680 \Leftrightarrow d = 2,04 \times 10^7 \text{ m}$$



2. Considerando que o relógio do recetor tem um atraso de 2,0 ms em relação ao relógio atômico, determine:

2.1. O intervalo de tempo, calculado pelo recetor, entre a emissão e a receção do sinal.

2.2. A distância a que se encontra o satélite do recetor, segundo os cálculos do recetor.

2.3. O erro percentual associado à distância calculada na alínea anterior.

#### Resolução:

2.1.  $\Delta t' = 0,0680 - 0,0020 \quad \Delta t' = 0,0660 \text{ s}$

2.2.  $d' = c \cdot \Delta t' \quad d' = 1,98 \times 10^7$

2.3. Erro percentual (%) =  $\frac{|\text{valor tabelado} - \text{valor medido}|}{\text{valor tabelado}} \times 100$

$$\text{Erro percentual} = \frac{2,04 \times 10^7 - 1,98 \times 10^7}{2,04 \times 10^7} \times 100 \Leftrightarrow \text{Erro percentual} = 2,94\%$$

## Atividade Prática de Sala de Aula

### APSA A-2.1: Utilização do GPS

**Questão-problema:** Pode o GPS ajudar uma pessoa perdida nas montanhas de Tatamailau?

**Objetivo:** Exploração das potencialidades de um recetor GPS. Pretende-se que os estudantes aprendam a orientar-se com o GPS, através das coordenadas indicadas e da definição de rotas.

#### Recursos:

- Recetor GPS
- Mapa da localidade

#### Procedimento:

1. Utilizando um recetor GPS, efetue um percurso no exterior da escola e registe as coordenadas geográficas de diferentes pontos (pelo menos três pontos).
2. Construa um pequeno mapa da zona percorrida.
3. Num mapa da localidade onde se encontra a sua escola, selecione um percurso. Utilize o GPS para seguir esse percurso.

## 2 Caracterização de movimentos

Os **movimentos**, como já vimos, podem ser classificados de acordo com a **trajetória** descrita pelo corpo, em **retilíneos** e **curvilíneos**.

Mas, o movimento de um corpo também pode ser classificado de acordo com a sua **velocidade**.

Que tipo de movimentos existem?

### 2.1 Movimento retilíneo uniforme

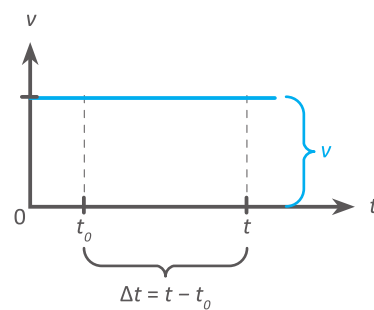
Diz-se que o **movimento** de um corpo é **retilíneo uniforme** (mru), quando:

- a sua **trajetória** é uma **linha reta**;
- a **velocidade** não varia com o tempo.



Figura 14 - Movimento retilíneo uniforme.

Se o automóvel, no instante inicial,  $t_0$ , se encontra na posição  $x_0$ , qual a sua posição no instante  $t$ ?



#### A saber:

No **movimento retilíneo uniforme**, o **vetor velocidade**, que é sempre tangente à trajetória, não varia em tamanho (módulo), nem em direção, nem em sentido.

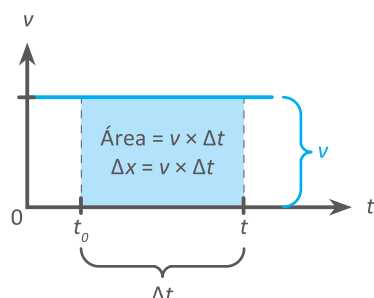
Começamos por deduzir a **expressão analítica da lei do movimento**, a partir do gráfico velocidade-tempo, do movimento uniforme.

No intervalo de tempo  $\Delta t = t - t_0$  o automóvel deslocou-se  $\Delta x = x - x_0$ .

Sendo a velocidade constante, estas grandezas relacionam-se, através da seguinte expressão:

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

ou seja :  $\Delta x = v \Delta t$ .



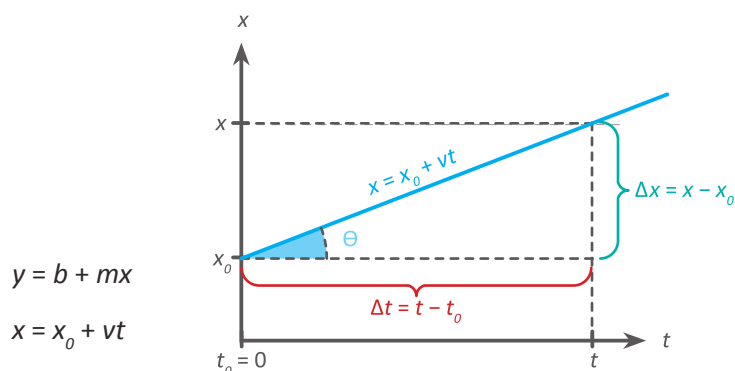
Este produto corresponde ao valor numérico da **área assinalada no gráfico**.

Sendo  $\Delta x = x - x_0$  e admitindo que no instante inicial  $t_0 = 0$ , substituindo na expressão da velocidade vem:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} \Leftrightarrow x - x_0 = vt \Leftrightarrow x = x_0 + vt$$

A esta expressão chama-se **Equação do movimento** ou **Lei do movimento (retilíneo uniforme)**.

Esta equação geral permite determinar, em qualquer instante, a posição da partícula e exprime uma relação linear entre a **posição** e o **tempo**, que pode ser representada pelo gráfico.



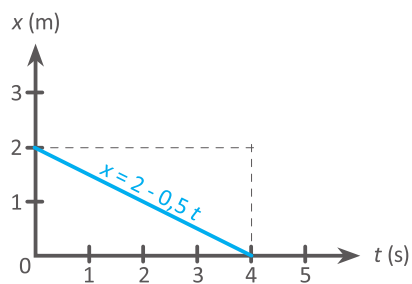
Também do gráfico se infere que a posição inicial,  $x_0$ , corresponde à ordenada na origem e que o **valor da velocidade  $v$** , corresponde ao declive do segmento de reta que a representa:

$$v = \text{declive} = \tan \theta = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$



Se o movimento se efetuar no sentido negativo da trajetória, o valor da velocidade vem precedido do sinal menos na lei do movimento e o gráfico corresponde a um segmento de reta com declive negativo.

No gráfico seguinte representa-se o movimento de um corpo descrito pela equação  $x = 2 - 0,5t$  (SI).



**A saber:**

O sinal negativo indica que o sentido do movimento é contrário ao sentido considerado positivo no referencial escolhido.

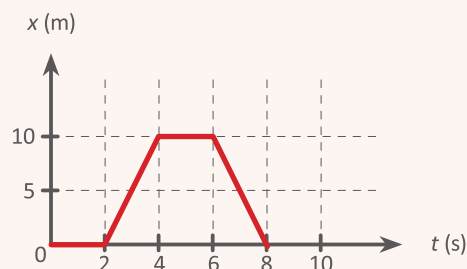
Daí se infere que o corpo inicia o seu movimento, em  $t = 0$ , na posição  $x_0 = 2$  m, e que se desloca no sentido negativo da trajetória com velocidade de módulo  $0,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

### Questão resolvida

1. Observe o gráfico da posição em função do tempo, de um movimento retilíneo de um corpo.

1.1. Indique em que intervalos de tempo:

- A. O corpo esteve parado.
- B. O movimento foi uniforme.
- C. A distância percorrida foi de 10 m.
- D. O deslocamento foi de -10 m.
- E. O valor da velocidade foi negativo.



#### Resolução:

1.1.

- A. [0;2] s e [4;6] s
- B. [2;4] s e [6;8] s
- C. [0;4] s ou [0;6] s ou [2;4] s ou [2;6] s ou [4;8] s ou [6;8] s
- D. [6;8] s
- E. [6;8] s

2. Um corpo desloca-se com velocidade constante, e o seu movimento pode ser descrito por  $x = -10 + 20t$  (m).

2.1. Descreva o movimento do corpo.

2.2. Calcule o instante em que o corpo passa na origem das posições.

2.3. Represente graficamente a lei do movimento, isto é,  $x = f(t)$ .

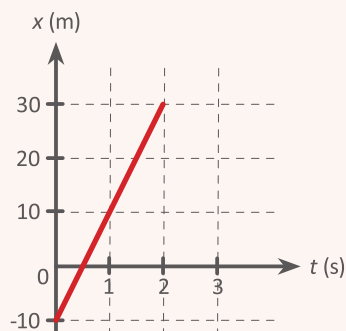
#### Resolução:

2.1. Ao comparar a expressão deste movimento com a lei geral,  $x = x_0 + vt$ , podemos verificar que  $x_0 = -10$  m, e  $v = 20$  m·s<sup>-1</sup>. Portanto, em  $t = 0$ , o corpo encontra-se em  $x_0 = -10$  m e desloca-se no sentido positivo da trajetória, com velocidade constante  $v = 20$  m·s<sup>-1</sup>.

2.2. Fazendo  $x = 0$ ,

$$0 = -10 + 20t, \text{ logo } t = 0,5 \text{ s.}$$

2.3.



## 2.2 Movimento retilíneo uniformemente variado (mruv)

Diz-se que o movimento de um corpo é **retilíneo uniformemente variado** (mruv), quando:

- a sua **trajetória** é **retilínea**;
- o **módulo** da sua **velocidade** **varia uniformemente** no decorrer do **tempo**, isto é, a **aceleração média** do corpo mantém-se **constante**.

Este movimento (mruv), pode ser **acelerado** ou **retardado**:

- **movimento retilíneo uniformemente acelerado** (mrua), se o **módulo da velocidade** **aumentar** uniformemente no decorrer do **tempo**. A **aceleração** que é constante, tem a **mesma direção e sentido** do movimento (da **velocidade**);

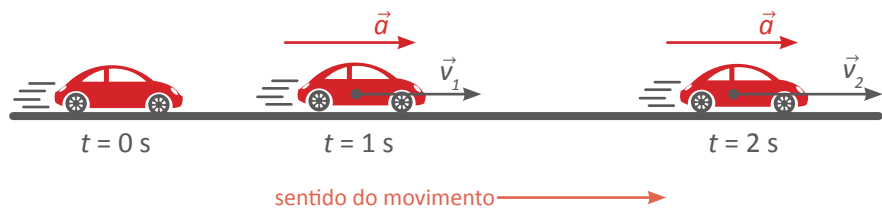


Figura 15 - Movimento retilíneo uniformemente acelerado.

- **movimento retilíneo uniformemente retardado** (mrur), se o **módulo da velocidade** **diminuir** uniformemente no decorrer do **tempo**. A **aceleração** que é constante, tem a **mesma direção mas sentido contrário** ao do movimento (da **velocidade**).

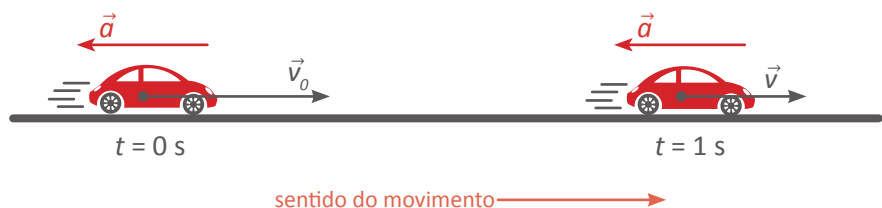


Figura 16 - Movimento retilíneo uniformemente retardado.

Se o automóvel, no instante inicial,  $t_0$ , segue com velocidade  $v_0$ , e atendendo a que a aceleração é constante, qual a sua velocidade no instante  $t$ ?

Consideremos o instante inicial,  $t_0 = 0$ . Sendo  $\Delta v = v - v_0$ , substituindo na expressão da aceleração, vem:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \Leftrightarrow v - v_0 = at \Leftrightarrow v = v_0 + at$$

A esta expressão chama-se **Equação da velocidade** ou **Lei da velocidade** (do movimento retilíneo uniformemente variado).

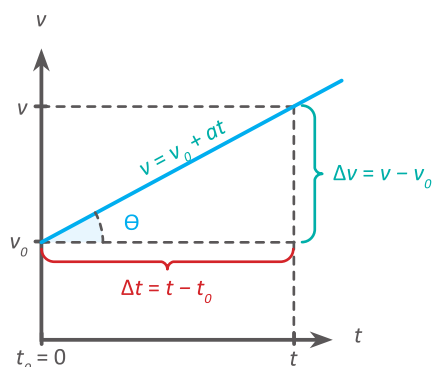
Se durante um determinado intervalo de tempo, o **módulo da velocidade,  $v$ , aumenta**, isto significa que os vetores **velocidade e aceleração têm o mesmo sentido** e que o movimento é retilíneo uniformemente acelerado (**mrua**):

- $a > 0$  e  $v > 0$  o movimento dá-se no sentido positivo da trajetória;
- $a < 0$  e  $v < 0$  o movimento dá-se no sentido negativo da trajetória.

Se durante um determinado intervalo de tempo, o **módulo da velocidade,  $v$ , diminuir**, isto significa que os vetores **velocidade e aceleração têm sentidos opostos** e que o movimento é retilíneo uniformemente retardado (**mrur**):

- $a < 0$  e  $v > 0$  o movimento dá-se no sentido positivo da trajetória;
- $a > 0$  e  $v < 0$  o movimento dá-se no sentido negativo da trajetória.

Se representarmos graficamente a velocidade em função do tempo, obtemos um segmento de reta cujo declive corresponde à aceleração,  $a$ , e cuja interseção com o eixo das ordenadas corresponde a  $v_0$ .



$$y = b + mx$$

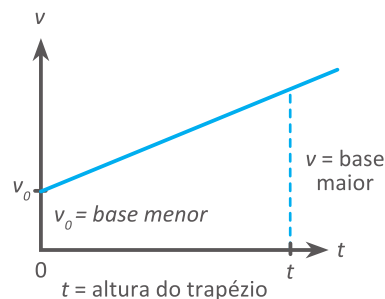
$$y = v_0 + at$$

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

O gráfico apresenta uma reta com declive positivo, o que significa que a aceleração é também positiva, uma vez que, pela expressão  $v = v_0 + at$ , esta é igual ao declive da reta.

Será possível, pela análise do gráfico, determinar também o deslocamento efetuado pelo corpo?

O valor do deslocamento é dado pela área delimitada pelo gráfico  $v = f(t)$ .



Neste caso, é a área de um trapézio, que se determina do seguinte modo:

$$\text{área}_{\text{trapézio}} = \frac{\text{base maior} + \text{base menor}}{2} \times \text{altura}$$
$$\Delta x = \frac{v + v_0}{2} \times t$$

Substituindo-se, nesta expressão,  $v$  pela equação da velocidade, obtém-se:

$$\Delta x = \frac{v_0 + at + v_0}{2} \times t \Leftrightarrow \Delta x = \frac{2v_0 + at}{2} \times t \Leftrightarrow \Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

Como  $\Delta x = x - x_0$ , a posição do corpo é dada pela equação do 2º grau:

$$x = x_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

**A saber:**

No movimento retilíneo uniformemente acelerado os vetores velocidade e aceleração têm o mesmo sentido.

No movimento retilíneo uniformemente retardado os vetores velocidade e aceleração têm sentidos opostos.

A esta expressão chama-se **Equação do movimento (retilíneo uniformemente variado)**.

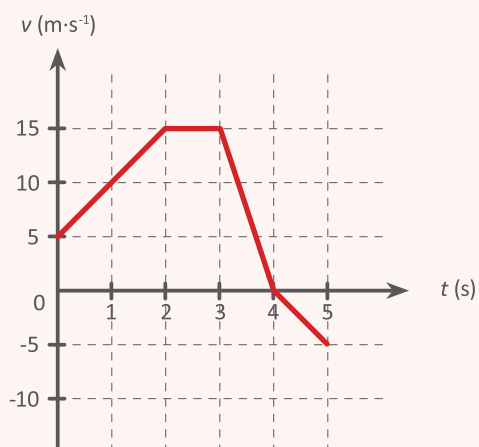
Esta equação geral permite determinar, em qualquer instante, a posição de um corpo, desde que se conheça a sua posição inicial ( $x_0$ ), a velocidade inicial ( $v_0$ ) e a aceleração ( $a$ ).

### Questão resolvida:

1. Um corpo move-se segundo uma trajetória retilínea. O gráfico mostra o valor da velocidade do corpo ao longo de 5 segundos.

1.1. Identifique o tipo de movimentos presentes.

1.2. Trace o gráfico de  $a = f(t)$ .



### Resolução:

1.1. No intervalo de tempo  $[0;2]$  s, o módulo da velocidade aumenta, sendo portanto a aceleração positiva. É um movimento retilíneo uniformemente acelerado. Obtemos:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{15 - 5}{2 - 0} = 5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

No intervalo de tempo  $[2;3]$  s, o módulo da velocidade mantém-se constante, pelo que se trata de um movimento uniforme e  $a = 0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .

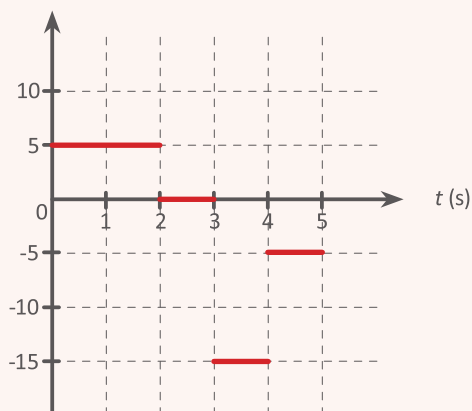
No intervalo de tempo  $[3;4]$  s, o módulo da velocidade diminui, pelo que se trata de um movimento uniformemente retardado. Obtemos:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0 - 15}{4 - 3} = -15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

No intervalo de tempo  $[4;5]$  s, o módulo da velocidade aumenta, pelo que se trata de um movimento uniformemente acelerado. De notar que a velocidade é negativa, tal como a aceleração. As duas grandezas estão no mesmo sentido. Obtemos então:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-5 - 0}{5 - 4} = -5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

1.2.  $a \text{ (m}\cdot\text{s}^{-2}\text{)}$



### 2.3 Movimento circular uniforme (mcu)

Diz-se que o movimento de um corpo é **circular uniforme** (mcu), quando:

- a sua **trajetória** é **circular**;
- o **módulo** da sua **velocidade** não varia no decorrer do tempo.

Este é um movimento periódico que se repete a intervalos de tempo iguais.



Figura 17 - Num relógio mecânico, os ponteiros movem-se com rapidez constante.

Considere-se os ponteiros de um relógio, que se movem com rapidez constante.

Qualquer dos ponteiros, ao fim de uma volta completa, encontra-se na mesma posição e com um movimento cujas características são as mesmas que tinha no início dessa volta.

Por exemplo, o ponteiro dos segundos demora 60 segundos a efetuar uma volta completa.

Dá-se o nome de **período**,  $T$ , ao intervalo de tempo necessário para que um movimento volte a ter as mesmas características.

Ao número de voltas efetuadas por unidade de tempo, dá-se o nome de **frequência**,  $f$ , e tem como unidade SI o hertz, cujo símbolo é Hz, ou  $s^{-1}$ .

Considerando um intervalo de uma hora, verifica-se que o ponteiro dos minutos efetuou uma volta, enquanto o dos segundos realizou 60 voltas, tendo este último maior frequência.

Período e frequência são duas grandezas inversamente proporcionais. Quanto maior é o tempo que demora a efetuar uma volta completa, menor é a frequência desse movimento, isto é,

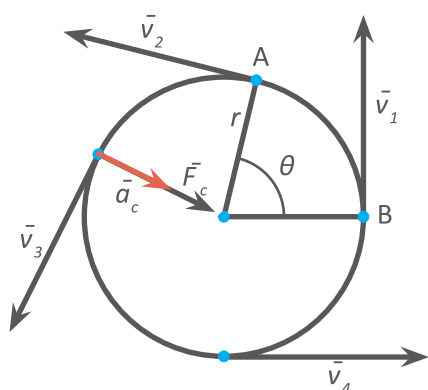
$$f = \frac{1}{T}$$

Neste movimento (mcu), o **vetor velocidade**, que é sempre tangente à trajetória, não varia em tamanho (módulo), mas varia em direção. Assim, a **aceleração tangencial** em cada ponto da trajetória é **nula**, mas a **aceleração normal** ou **centrípeta** existe e é uma grandeza vetorial que tem, em cada instante, a **direção do raio** e está **orientada para o centro** da trajetória. A aceleração centrípeta,  $\vec{a}_c$ , é perpendicular à velocidade em cada instante, e o seu módulo é dado pela expressão:

$$a_c = \frac{v^2}{r}$$

#### **A saber:**

No movimento circular uniforme os vetores velocidade linear e aceleração centrípeta são perpendiculares.



O corpo ao movimentar-se de B para A, com MCU, descreve um ângulo  $\theta$  num certo intervalo de tempo, correspondente à **velocidade angular**,  $\omega$ , cuja unidade SI é  $\text{rad}\cdot\text{s}^{-1}$ , pois o ângulo vem expresso em radianos e o tempo em segundos.

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

Quando o corpo efetua uma volta completa descreve um ângulo de  $2\pi$  radianos, e demora o tempo correspondente a um período, podendo expressar-se a velocidade angular da seguinte forma:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \Leftrightarrow \omega = 2\pi f$$

Tratando-se de um movimento uniforme, o valor da velocidade linear é igual à rapidez, ou seja, corresponde ao espaço percorrido sobre a trajetória no intervalo de tempo necessário para o percorrer. No movimento circular, a distância percorrida, em cada volta é dada pelo perímetro da circunferência,  $2\pi r$ , e o tempo corresponde ao período,  $T$ .

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} \Leftrightarrow v = \frac{2\pi r}{T} \Leftrightarrow v = 2\pi r f$$

Comparando as duas últimas expressões, obtemos:

$$v = \omega r$$

Esta expressão relaciona a velocidade linear com a velocidade angular.



### Questão resolvida

1. Um motociclo cujas rodas têm um diâmetro de 50,0 cm desloca-se numa estrada, com velocidade  $20,0 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . Determine, para a roda:

- 1.1. O valor da velocidade angular.
- 1.2. O período de rotação.
- 1.3. A frequência.
- 1.4. O valor da aceleração centrípeta.

#### Resolução:

1.1. Reduzindo a velocidade ao Sistema Internacional,

$$v = \frac{20,0 \times 10^3}{3,6 \times 10^3} = 5,56 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}, \text{ sabendo que 1 hora corresponde a 3600 segundos.}$$

$$\omega = \frac{v}{r} = 11,1 \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$$

$$1.2. T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{11,1} = 0,566 \text{ s}$$

$$1.3. f = \frac{1}{T} = 1,77 \text{ Hz}$$

$$1.4. a_c = \frac{v^2}{r} = 61,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$$

## Atividade Prático-Laboratorial

### APL A-2.1: Queda livre

**Questão-problema:** Dois corpos, com massas diferentes, em queda livre, experimentam ou não a mesma aceleração?

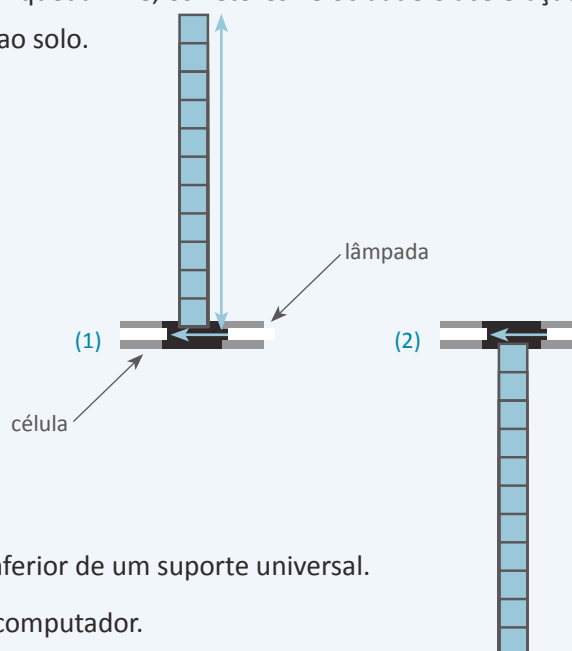
**Objetivo:** Determinação da aceleração gravítica, concluindo que não depende da massa do corpo nem da altura da queda.

#### Questões pré-laboratoriais:

1. Classifique o movimento de queda livre de um corpo.
2. Represente, na trajetória de um corpo em queda livre, os vetores velocidade e aceleração, a meio do percurso e imediatamente antes de chegar ao solo.

#### Recursos:

- Computador
- Interface
- Célula fotoelétrica (com suporte)
- Régua de barras
- Plasticina



#### Procedimento:

1. Suspenda a célula fotoelétrica na parte inferior de um suporte universal.
2. Ligue a célula fotoelétrica à interface do computador.
3. Largue a régua verticalmente sobre a célula fotoelétrica, colocando no local um balde com areia para amortecer a queda. (Quando o feixe de luz da célula fotoelétrica for bloqueado, os dados começam a ser gravados).
4. Proceda à paragem da aquisição de dados no computador.
5. Trace o gráfico velocidade-tempo e interprete o valor do declive encontrado.
6. Coloque na régua de barras um pedaço de plasticina de modo a aumentar a sua massa. Repita o procedimento de 3 a 5.

#### Questões pós-laboratoriais:

1. Compare os valores determinados, experimentalmente, para a aceleração da gravidade com o valor tabelado. Para cada valor encontrado calcule o desvio percentual.
2. Justifique o facto dos valores experimentais serem diferentes do valor tabelado.
3. Dê resposta à questão-problema.

## Resumo

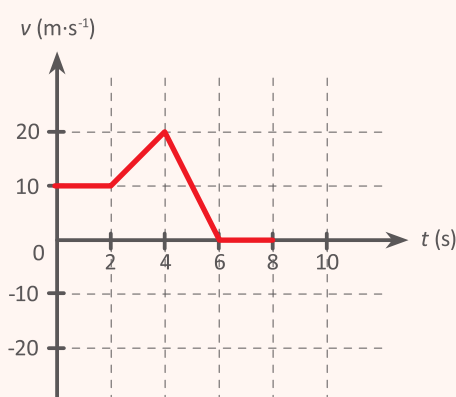
- O sistema de localização GPS é constituído por 3 segmentos: o espacial, o de controlo e o do utilizador.
- No movimento retilíneo uniforme, a trajetória é uma linha reta e a velocidade constante.
- No movimento retilíneo uniforme, a equação do movimento é  $x = x_0 + vt$ .
- No movimento retilíneo uniformemente variado, a trajetória é uma linha reta e a velocidade varia uniformemente, sendo então a aceleração constante.
- No movimento retilíneo uniformemente variado, a equação da velocidade é  $v = v_0 + at$ .
- No movimento retilíneo uniformemente variado, a equação do movimento é  $x = x_0 + v_0t + \frac{1}{2}at^2$ .
- No movimento circular uniforme, a trajetória é circular e o módulo da velocidade é constante.
- No movimento circular uniforme, o vetor velocidade linear é tangente à trajetória.

## Questões para resolver

1. No sistema Galileo, os satélites orbitarão a uma altitude de 23222 km. Verifique que, se o sinal demorar 80,0 ms a chegar ao recetor, o satélite não se encontra no Zénite para o recetor.

2. Partindo das coordenadas geográficas de Díli, calcule a posição de um ponto que está a 100 km a norte desta cidade. Use como perímetro da Terra o valor de 40075 km.

3. Uma partícula move-se com velocidade segundo uma linha reta. O gráfico representa o valor da sua velocidade em função do tempo.



3.1. Identifique o tipo de movimentos da partícula.

3.2. Calcule o valor da aceleração nos diversos intervalos de tempo.

4. O Sr. Tito, um ciclista amador, gosta de realizar um passeio de bicicleta todos os dias ao final da tarde. Num desses passeios, um cão atravessou-se no seu caminho. Para não atropelar o cão, o Sr. Tito desviou a sua trajetória em direção a uns arbustos que se localizavam 20 m à sua frente tendo, de seguida, que travar para evitar colidir com os mesmos. Observe atentamente o gráfico, o qual representa o valor da velocidade com que o Sr. Tito se deslocou desde que se apercebeu do perigo.

4.1. Indique o tempo de reação do Sr. Tito.

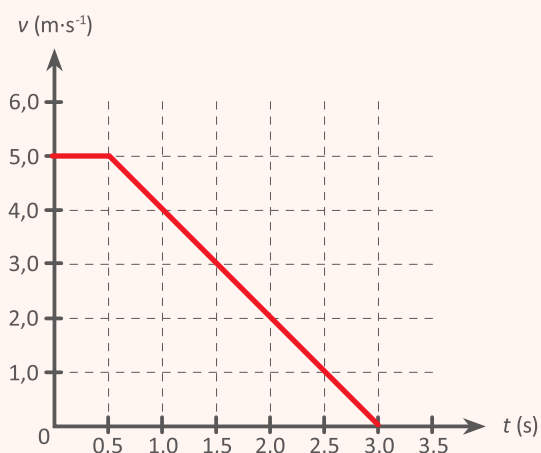
4.2. Calcule o tempo de travagem.

4.3. Caracterize o tipo de movimento do ciclista durante a reação e durante a travagem.

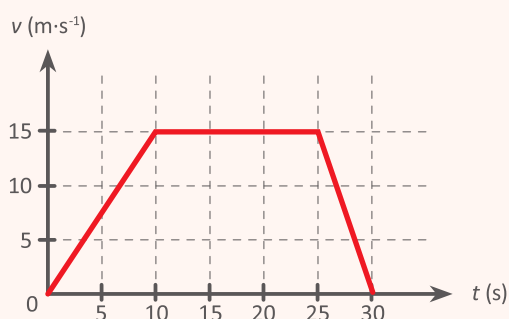
4.4. Determine a distância de travagem.

4.5. O ciclista chocou com os arbustos? Justifique a resposta.

4.6. Identifique dois fatores que possam influenciar o tempo de reação de um indivíduo.



5. Estudou-se o movimento de um automóvel, representado pelo gráfico velocidade-tempo da figura. O automóvel descreve uma trajetória retilínea, sem inversão do sentido de marcha.



5.1. Classifique o movimento do automóvel em cada trecho do percurso.

5.2. Calcule a distância percorrida pelo automóvel nos primeiros 25 s de movimento.

5.3. Determine o valor da aceleração durante a travagem.

6. O Sr. Simão conduzia o seu automóvel, ao longo de um trecho em linha reta, a uma velocidade de  $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ . De repente um cão atravessa-se na estrada e o Sr. Simão travou até parar o automóvel. Supondo que a aceleração durante a travagem foi de  $-5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ , calcule:

6.1. O valor da velocidade do automóvel, 2 s após o Sr. Simão ter começado a travar.

6.2. O tempo que decorreu desde que o Sr. Simão começou a travar até que o automóvel parou completamente.

7. Lançou-se, verticalmente, para cima, uma bola com velocidade inicial de  $4,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , em condições nas quais a resistência do ar pode ser considerada desprezável.

Determine a altura máxima atingida pela bola, em relação ao nível de lançamento. (Considere um referencial,  $Oy$ , de eixo vertical, com origem no ponto de lançamento e sentido de baixo para cima e recorra exclusivamente às equações que traduzem o movimento,  $y(t)$  e  $v(t)$ ).

Apresente todas as etapas de resolução.

8. Um carro move-se horizontalmente ao longo de uma estrada descrevendo uma trajetória retilínea.

A lei do movimento, durante o intervalo de tempo  $[0,0; 5,0]$  s é:

$$x = 2,0 t^2 - 12,0 t + 15,0 \text{ (SI)}$$

8.1. Selecione a única opção que representa respetivamente os valores da aceleração do carro, da sua velocidade e da posição em que se encontra, no início da contagem do tempo.

A.  $(2,0; -12,0; 15,0)$     B.  $(2,0; 15,0; -12,0)$     C.  $(2,0; -6,0; 15,0)$     D.  $(4,0; -12,0; 15,0)$

8.2. Indique o instante em que o carro passa pela origem do referencial. Utilize 3 algarismos significativos para indicar esse instante.

8.3. Calcule o valor da velocidade do carro no instante 2,0 s e classifique o seu movimento nesse instante, justificando.

8.4. Determine a distância total percorrida nos 5,0 segundos.

9. Um corpo descreve uma trajetória circular, de raio 80 cm, com velocidade de módulo constante. O gráfico seguinte representa a variação ao longo do tempo do ângulo que o corpo faz em relação à origem.

9.1. Selecione a opção que completa corretamente a afirmação seguinte. O declive do gráfico representa a grandeza:

A. Velocidade linear   B. Distância percorrida   C. Velocidade angular  
D. Rapidez média

9.2. Determine o módulo da velocidade linear do corpo. Apresente todas as etapas de resolução.

9.3. Indique a distância percorrida pelo corpo ao fim de duas voltas. Utilize 2 algarismos significativos para indicar esse valor.

9.4. Calcule o valor da aceleração centrípeta.

9.5. Calcule a frequência em rotações por minuto.

