

Unidade 8

Mudança global

| | | |
|----------|--|------------|
| 1 | Clima e estado do tempo..... | 157 |
| 2 | Atmosfera e pressão atmosférica. Barómetros | 160 |
| 3 | Vapor de água e humidade do ar. Higrómetros | 166 |
| 4 | Efeitos da radiação solar sobre a Terra | 170 |
| 5 | O movimento das massas de ar e a previsão meteorológica | 178 |
| | Síntese das ideias principais | 185 |
| | Teste | 186 |

1 Clima e estado do tempo

Na linguagem do dia a dia, quando se fala do tempo (meteorológico) significa sol ou chuva, calor ou frio, nuvens, nevoeiro, neve, geada, granizo, tempestade, furacão – quer local, quer globalmente. A previsão do tempo é indispensável à navegação aérea e marítima, à agricultura, a muitas indústrias e actividades de lazer.

São 20 h 43 min e o avião aproxima-se de Portugal continental, vindo dos EUA depois de ter passado pelos Açores. A visibilidade ao nível do solo é muito reduzida, devido à camada de nuvens baixas. O piloto é informado pelos sensores de bordo que o tempo “não está nada famoso”... pode provocar turbulência, “abanando mais ou menos violentamente” o avião. Em geral, os passageiros não acham grande “piada” a estes abanões e os pilotos evitam passar por zonas onde tal pode ocorrer. Do piloto para a torre de controlo de navegação, via rádio:

Pilot – Lisbon control. GRR 130. [O piloto identifica-se como GRR 130...]

Control tower – GRR 130. Lisbon control. Go ahead. [A torre responde e pede mais informação...]

Pilot – Lisbon control. GRR 130. Request thirty degrees to the left due to weather. [O piloto pede autorização para mudar de rota 30º...]

Control tower – GRR 130. Lisbon control. Heading change approved. Report when past weather. [A torre de controlo autoriza a mudança e pede para ser informada quando passar a zona de mau tempo...]

[...]

Pilot – Lisbon control. GRR 130. Weather cleared. [Algum tempo depois, o piloto informa que já passou a zona de mau tempo...]

Control tower – Resume own navigation. [A torre informa que pode retomar o plano de voo...]

Que seria dos transportes, da agricultura, dos desportos, da pesca, etc., etc., se não dispusessemos de informação sobre o estado do tempo? Esta informação é absolutamente indispensável às sociedades tecnologicamente evoluídas (foi graças a essa informação que se evitou um susto aos passageiros do avião...).

Projecto

Consultando jornais, revistas, Internet, etc., faz um levantamento de notícias que estejam relacionadas com o estado do tempo. Utiliza essa informação para fazer um poster sobre a influência do estado do tempo na economia e na sociedade. Faz, também, uma lista de palavras relacionadas com o estado do tempo.



O estado do tempo (ou tempo meteorológico) e o clima

O **estado do tempo** ou **tempo meteorológico** (de *metéoros* = que está em cima, que sobe + *lógos* = estudo) corresponde às condições atmosféricas, incluindo **temperatura**, **precipitação** (chuva, neve), **vento** e **humidade do ar**, que se registam num dado lugar e num dado momento. O estado do tempo está relacionado com a luz que a Terra recebe do Sol e com o movimento de grandes massas de ar na atmosfera.

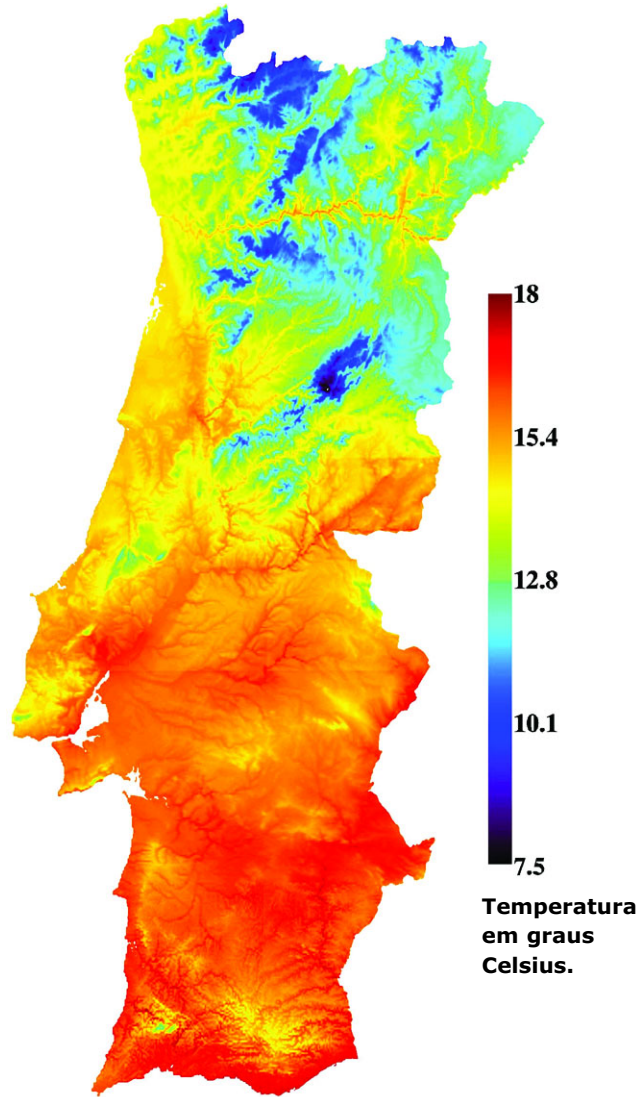
O **clima** corresponde às condições médias do tempo durante um período de várias décadas. Por exemplo, no início de Janeiro esperamos que possa nevar na Serra da Estrela, que chova e faça frio em Viana do Castelo e que esteja enevoado mas menos frio em Faro.

Os meteorologistas costumam dizer que **“clima é o que se espera e estado do tempo é o que se tem”...**

O **estado do tempo** de uma região **varia**, em geral, **ao longo do dia e ao longo do ano**. A variação ao longo do ano está relacionada com o movimento de translação da Terra em torno do Sol. O **clima é muito mais estável**: as variações do clima só se fazem sentir numa escala de dezenas ou centenas de anos (ou mesmo milhares de anos). Actualmente, os cientistas pensam que as indústrias e os transportes estão a acelerar a mudança de climas, no sentido de climas mais quentes (o chamado **aquecimento global**) e mais instáveis (com secas, furacões, tempestades, etc., mais frequentes e mais intensas).

O clima é **influenciado por outros movimentos da Terra**, muito lentos e, por isso, menos perceptíveis pelo ser humano. Por exemplo, o **eixo de rotação** da Terra varia, regressando à mesma posição de 22000 em 22000 anos. Além disso, a **órbita da Terra** também varia, tornando-se mais circular ou mais elíptica (esta variação repete-se de 100 000 em 100 000 anos, aproximadamente).

O clima pode também ser influenciado pelos fenómenos naturais não regulares, como **erupções vulcânicas** e **movimentos dos continentes**.



Temperatura média (em graus Celsius) em Portugal continental, segundo o Instituto Meteorológico. A temperatura média é um dado importante para caracterizar o clima.

Uma breve descrição do clima de Portugal continental

No Verão, Portugal continental está sob a influência de massas de ar vindas dos Açores, que originam tempo seco e estável.

No Inverno, fica sob a influência das massas de ar provenientes do norte, que originam tempo chuvoso e instável.

A temperatura média não ultrapassa 18 °C no sul, nem é inferior a 8 °C no norte e interior centro.

A precipitação (chuva e alguma neve no norte) é mais intensa em Novembro e Dezembro.

A previsão meteorológica

Desde muito cedo que a Humanidade desejou prever o tempo atmosférico. Actualmente, os **serviços de meteorologia** fazem **previsões** com rigor **aceitável** até uma **semana** e com **boa precisão até 3 dias**. Essas previsões têm por base centenas ou milhares de medidas de pressão atmosférica, temperatura do ar, precipitação de chuva, direcção do vento, etc., bem como fotografias tiradas por um conjunto de satélites.

As **previsões** meteorológicas e **imagens** de satélite da superfície terrestre estão diariamente **acessíveis ao público** através da Internet (em Portugal, podes vê-las, por exemplo, em <http://www.meteo.pt>).

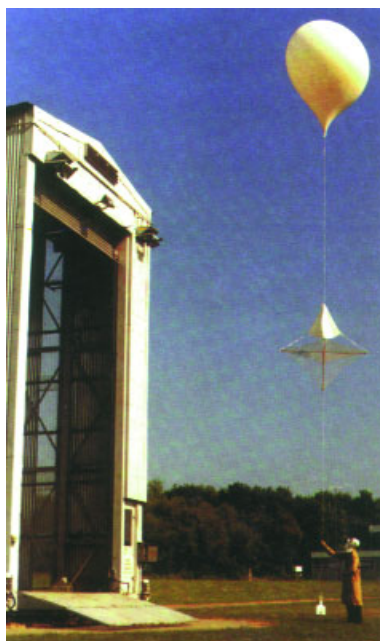
As medições, realizadas automaticamente, com o auxílio de sensores e computadores e transmitidas imediatamente (ou quase) para os serviços de meteorologia, são realizadas a horas combinadas e com instrumentos devidamente calibrados, colocados em locais adequados. As medições são utilizadas para elaborar as **cartas de tempo** (mapas com informação meteorológica, de que falaremos adiante).

A velocidade do vento aumenta com a altura nas primeiras dezenas de metros acima da superfície. Outras características do ar, como a pressão e a temperatura, também variam com a altitude. Por isso, convencionou-se que **as medições para as cartas de superfície devem ser realizadas à altura de 10 m do solo**. A Organização Meteorológica Mundial é o organismo internacional encarregado de regulamentar estes procedimentos.

Também se utilizam **bóias meteorológicas** para efectuar medições automáticas nos oceanos. Essas bóias acompanham as correntes oceânicas, fornecendo os dados, via rádio.

Para efectuar medições nas várias camadas da atmosfera, utilizam-se **balões meteorológicos**, cheios de gás menos denso do que o ar. Estes balões transportam instrumentos de medida e emissores de rádio.

As **previsões** resultam da utilização de **modelos matemáticos**, que utilizam todos estes dados. Computadores rápidos permitem resolver as equações que descrevem, por exemplo, o movimento de massas de ar. Essas previsões estão sujeitas a incertezas, porque, por um lado, os dados não são suficientes e são medidos com incerteza, e, por outro lado, as equações são muito complexas.



Uma sequência de imagens de satélite (de 6 em 6 h, referentes a 10 e 11 de Abril de 2003). Estas imagens são actualizadas diariamente na Internet (ver <http://www.meteo.pt>). Que se pode prever acerca da nebulosidade no continente às 18.00 h de 11 de Abril?

Lançamento de um balão meteorológico. Sobe até 30 km. A esta altura, a pressão atmosférica é menor: o balão rebenta e os aparelhos registadores caem em pára-quedas.

2 Atmosfera e pressão atmosférica. Barómetros

À medida que se sobe, o ar vai-se tornando mais rarefeito, a pressão atmosférica vai diminuindo e a temperatura vai variando.

A atmosfera terrestre

A Terra possui uma **atmosfera** que é constituída por uma **mistura de gases** (o ar), principalmente por **azoto** ou **nitrogénio** (78%) e **oxigénio** (21%). Os restantes 1% são constituídos por árgon, **dióxido de carbono** (0,03%) e quantidades variáveis de **vapor de água**, além de pequenas quantidades de outros gases (ver gráfico em baixo).

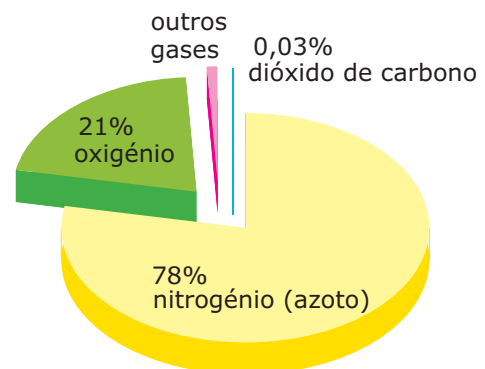
A composição actual da atmosfera é o resultado da **evolução** dos seres vivos e da Terra ao longo dos últimos 4500 milhões de anos. Por exemplo, o oxigénio do ar provém da fotossíntese realizada nas plantas. Há cerca de 500 milhões de anos, a percentagem de oxigénio na atmosfera já era suficiente para a respiração dos primeiros animais.

Ao nível do mar, a densidade do ar é cerca de 1 grama por litro e a temperatura média é de 15 °C. Mas a **densidade e a temperatura do ar diminuem com a altitude**. Por exemplo, à altitude de 11 000 m, o ar é quatro vezes menos denso e a temperatura é -55 °C. O ar é, pois, mais rarefeito e mais frio nas montanhas altas. É por esse motivo que a subida a montanhas muito elevadas exige uma enorme capacidade física e um treino muito duro. Em média, a temperatura do ar diminui 5 °C por cada quilómetro de altitude, até aproximadamente 11 km de altitude.

A composição da atmosfera varia muito com a altitude. O tempo meteorológico apenas se refere ao que se passa na camada mais baixa da atmosfera (a chamada **troposfera**), que tem uma altura média de 11 km nas zonas polares e de 16 km nas zonas equatoriais. Cerca de 80% do peso dos gases da atmosfera estão na troposfera, bem como cerca de 99% do vapor de água.



Porção de atmosfera vista do espaço.



Componentes da atmosfera terrestre, em percentagem de volume.



Discute...

1 Na figura estão representadas as diversas camadas da atmosfera. **Indica**, por **ordem**, o **nome** dessas camadas, começando pela mais próxima da superfície terrestre até à mais afastada.

2 Em qual das camadas representadas se regista o **maior** valor médio de **temperatura**? E o **menor** valor?

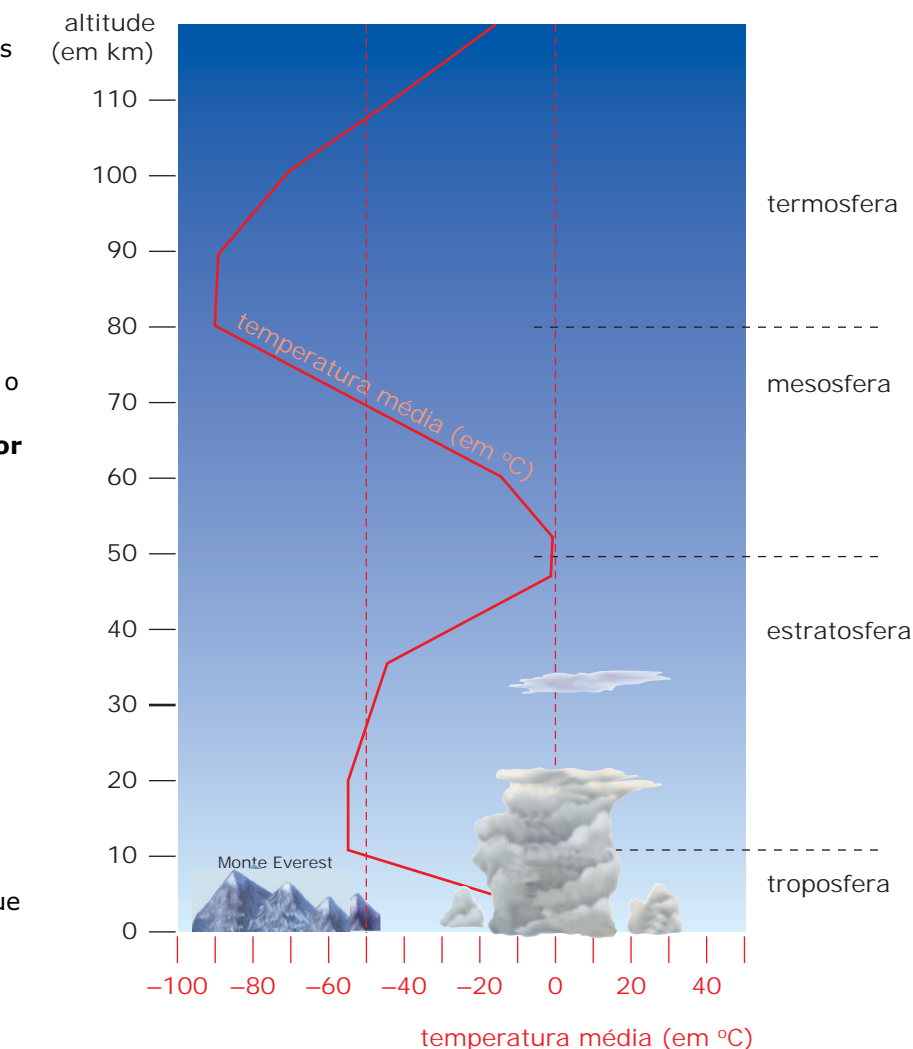
3 Em que camada se registam os **fenómenos atmosféricos** que afectam a vida na terra?

4 Em que camadas se deslocam os **aviões**?

5 Como varia a **temperatura** na **troposfera**, à medida que a altitude aumenta? Em que **outra** camada atmosférica se verifica o mesmo tipo de variação?

6 Como varia a **temperatura** na **estratosfera**, à medida que a altitude aumenta? Em que **outra** camada atmosférica se verifica o mesmo tipo de variação?

7 **Relaciona** as frases da coluna da esquerda com os termos à direita.



A Camada de ar que se situa entre 15 km e 50 km da superfície terrestre

B Camada inferior da atmosfera que está em contacto com a superfície terrestre

C Camada da atmosfera que fica imediatamente por cima da estratosfera

D Camada de ar que se situa acima da mesosfera

E Mistura gasosa que envolve a Terra

a Mesosfera

b Troposfera

c Estratosfera

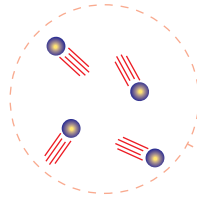
d Atmosfera

e Termosfera

A pressão atmosférica

Os gases exercem pressão em todas as direcções. A pressão de um gás pode ser facilmente verificada empurrando o êmbolo de uma seringa e tapando a respectiva saída. É "difícil" empurrar o êmbolo...

O ar da atmosfera, "preso" à Terra pela atracção gravítica, exerce pressão sobre todos os objectos nela situados. Como já sabes, esta pressão chama-se **pressão atmosférica**.



A pressão do gás no interior da seringa é devida às colisões das partículas do gás com as paredes da seringa e com a base do êmbolo móvel.

Unidade SI de pressão

Viste também que a unidade SI de pressão é o **pascal** (símbolo Pa). Um pascal é a pressão exercida pela força de 1 newton quando actua perpendicularmente e uniformemente numa superfície plana de área 1 m^2 . A pressão de 1 pascal é uma pressão muito pequena! Por exemplo, a pressão atmosférica normal é cerca de 100 000 Pa! Para comprimir uma seringa exercem-se pressões de várias centenas de milhares de pascais!

Outra unidade de pressão que é correntemente utilizada é o **milímetro de mercúrio** (que se representa por mm Hg). Esta unidade de pressão está relacionada com a célebre **experiência de Torricelli** (1608-1647), um italiano contemporâneo de Galileu. Torricelli encheu um tubo de mercúrio e inverteu-o numa tina igualmente com mercúrio. **A pressão atmosférica exercida na superfície livre do mercúrio da tina equilibra a pressão exercida pela coluna de mercúrio** na mesma superfície, qualquer que seja a inclinação do tubo. Quanto maior for a pressão atmosférica, maior será a altura da coluna de mercúrio: esta altura mede-se desde a parte superior da coluna até ao nível do mercúrio na tina.

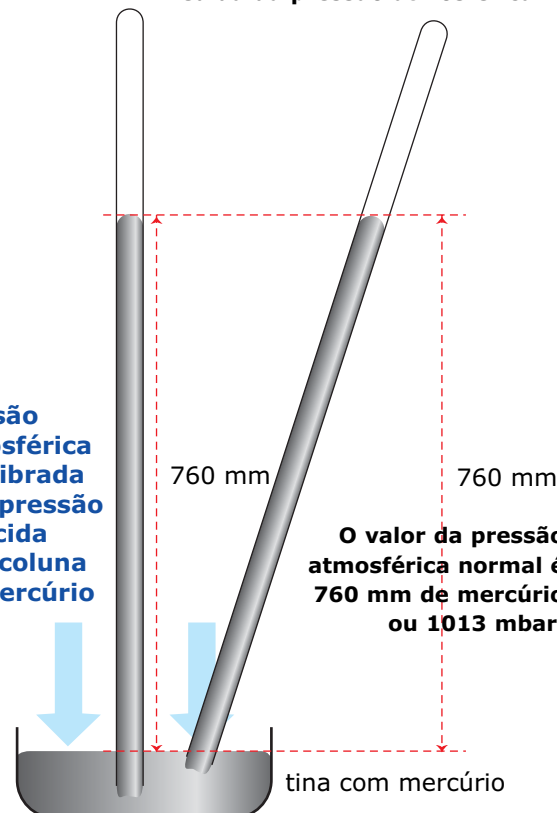
Os meteorologistas utilizam também o **milibar** ou **hectopascal** como unidade de pressão. Um milibar representa-se por mbar e é igual a $100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$ (hectopascal). A pressão atmosférica pode ter valores desde 970 mbar até 1050 mbar. Em geral, **valores baixos de pressão atmosférica correspondem a mau tempo (chuva, tempestade) e valores altos a tempo quente e seco.**



mercúrio

pressão atmosférica equilibrada pela pressão exercida pela coluna de mercúrio

Experiência de Torricelli: a altura do mercúrio do tubo é uma medida da pressão atmosférica.



O valor da pressão atmosférica normal é 760 mm de mercúrio ou 1013 mbar.

tina com mercúrio

Unidades de pressão atmosférica:

pascal (Pa = newton por metro quadrado)

mm Hg

milibar ou hectopascal = 100 Pa

Barômetros

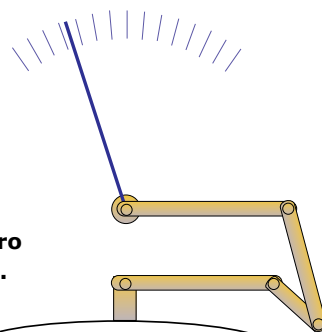
A pressão atmosférica é medida com aparelhos chamados **barômetros** (de *baro* = peso + *metro* = medida).

A experiência de Torricelli sugere um modo de construir um **barômetro de mercúrio**: basta inverter um tubo de mercúrio, com a altura adequada, sobre uma tina também com mercúrio e ler a altura da coluna de mercúrio numa escala vertical, graduada em milímetros.

Os barômetros mais vulgares são os chamados **barômetros aneróides**, semelhantes a relógios. O seu funcionamento é simples: uma caixa metálica, praticamente esvaziada de ar, é comprimida quando aumenta a pressão e descomprimada quando diminui a pressão. À caixa está ligado um ponteiro que se move numa escala que foi graduada por comparação com um barômetro de mercúrio.

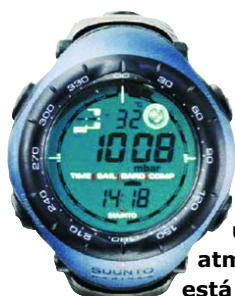


Barômetro aneróide.



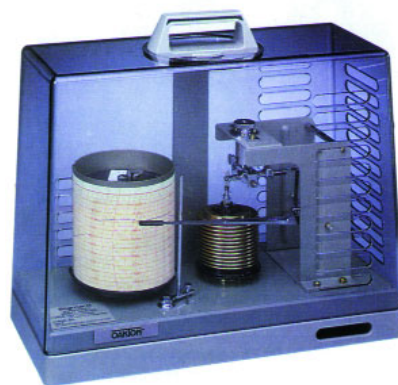
caixa metálica de onde se extraiu o ar

Esquema de um barômetro aneróide. Se a pressão aumentar, a caixa é comprimida, e o ponteiro desloca-se.



Um moderno relógio digital com um sensor de pressão atmosférica. Que valor de pressão está indicado?

Um barômetro antigo, que utiliza a altura de uma coluna de mercúrio para medir a pressão atmosférica.



Barômetro que permite registrar a evolução da pressão ao longo do dia – designa-se por barógrafo.

Leitura...



A experiência de Guericke ou dos "hemisférios de Magdurgo"

Uma experiência célebre na história da Ciência foi realizada, em 1654, pelo alemão Otto von Guericke, burgomestre ("Presidente da Câmara Municipal") da cidade de Magdurgo. Guericke **extraiu quase todo o ar a duas semiesferas ocas** (hemisférios), que se ajustavam perfeitamente. Ligou cada uma dessas semiesferas a **oito cavalos... que não foram capazes de as afastar** e os espectadores ficaram pasmados! Esta experiência mostrou que o ar exerce uma enorme força de pressão!



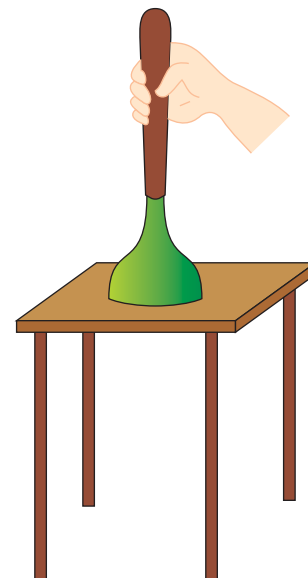


Experimenta

Experiências sobre a pressão atmosférica

Material necessário

- Dois desentupidores de canos, iguais.
- Um banco.
- 4 copos de plástico iguais.
- Cartolina e saco de plástico.
- Botão e linha de cozer.
- Tubo de ensaio.
- Tubo de borracha.

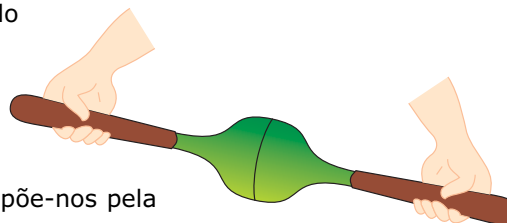


1 — Levantar corpos com o desentupidor!

- 1 **Molha** o fundo de um desentupidor de borracha (dos que se usam para desentupir canos).
- 2 **Comprime** o desentupidor contra a superfície plana de um banco ou de uma mesa pequena e levanta-os, segurando o cabo do desentupidor. Interpreta o que se passa...

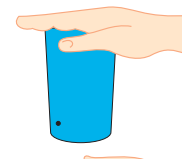
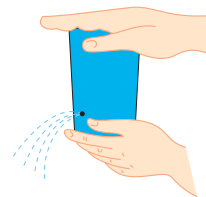
2 — Uma versão caseira dos hemisférios de Magdburgo!

- 1 **Molha** bem o fundo de dois desentupidores iguais, justapõe-os pela base e comprime-os fortemente.
- 2 Tenta **separá-los**: é fácil? Porquê?



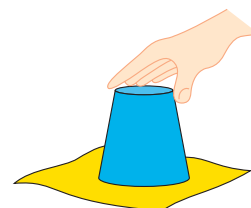
3 — Fechar a água sem torneira e sem molhar a mão!

- 1 Abre com um prego um **pequeno orifício na parede lateral** de um copo de plástico, perto do fundo.
- 2 **Tapa** o orifício com um dedo e **enche** o copo de água.
- 3 **Destapa** o orifício: sai um jacto de água. O alcance deste jacto é cada vez menor. Porquê?
- 4 **Repete** a experiência apoiando a palma da mão na boca do copo, de modo a **impedir a entrada de ar** neste: o jacto de água cessa. Porquê?



4 — Água sem peso?

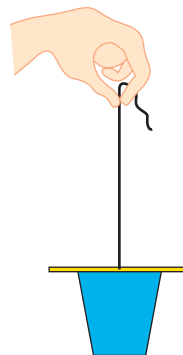
- 1 **Enche** um copo de água até transbordar.
- 2 **Tapa** o copo com um plástico (ou placa de vidro), bem aderente, de modo a não haver ar entre a cartolina (ou a placa) e a água.



- 3 Inverte** o copo de **boca para baixo, segurando o plástico** (ou a placa) com a mão.
- 4 Tira** a mão que segura o plástico (ou a placa), com cuidado. A água não cai! Explica porquê...

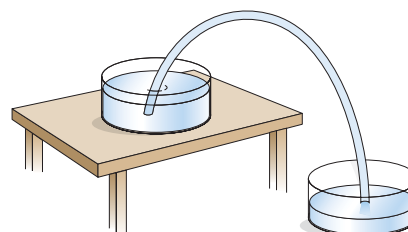
5 — Nem a água nem o copo pesam?

- 1 Prepara uma cartolina com um **pequeno furo a meio**, atravessado por uma linha forte ligada a um botão.
- 2 **Enche** um copo de água, até transbordar.
- 3 **Tapa** o copo com um plástico bem aderente e evita que haja ar entre este e a água.
- 4 **Segura** o fio: o copo com água não cai! Não pesa?



6 — Improvisar um sifão

- 1 **Enche** uma tina com água. **Introduz** uma das extremidades de um tubo de borracha na água da tina.
- 2 **Aspira** com a boca, na outra extremidade livre, o ar contido no tubo.
- 3 Coloca essa extremidade noutra tina, mantendo a extremidade fechada com o dedo.
- 4 Abre a extremidade. A água começará a escoar-se através do tubo ou da borracha — é um sifão. Porque se esco a água de uma tina para outra?

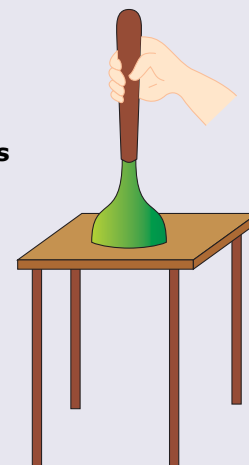


A atmosfera pode exercer forças muito intensas... Qual é a intensidade da força que faz a pressão atmosférica no desentupidor?

A pressão atmosférica é variável com a temperatura e a altitude. Ao nível do mar e a temperaturas "normais", o valor da pressão atmosférica é aproximadamente 100 000 pascais, isto é, cerca de 100 000 newtons por metro quadrado. Ou seja, numa superfície com um 1 metro quadrado de área, o ar exerce uma força de 100 000 newtons. Se a área for de 2 metros quadrados, a força duplica. Se área for metade (0,5 metros quadrados), a força é também metade (50 000 N). Etc.

Considera a experiência em que içaste um banco com o desentupidor...

- 1 Se o **diâmetro** da boca do desentupidor for 10 cm, qual é a respectiva **área** (recorda que a área de um círculo é dada por $3,14 \times \text{raio}^2$)?
- 2 **Verifica** que a área da boca do desentupidor é aproximadamente **32 vezes mais pequena** que 1 m^2 .
- 3 Se a área do desentupidor é 32 vezes mais pequena que 1 m^2 e sabendo que num m^2 a pressão atmosférica de 100 000 pascais exerce uma força de 100 000 newtons, **quantas vezes é que a força na boca do desentupidor tem que ser menor** que 100 000 N? Então qual é a intensidade da força que o ar exerce no desentupidor?
- 4 Quanto teria de pesar o banco ou a mesa para **não poder ser levantado** pelo desentupidor (recorda que 1 kg pesa 10 N)?



3 Vapor de água e humidade do ar. Higrómetros

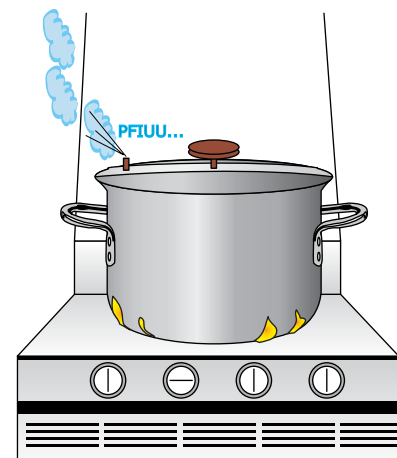
O ar contém vapor de água, isto é, humidade. A humidade relativa, a uma dada temperatura, é a percentagem da humidade absoluta máxima a essa temperatura. A humidade absoluta máxima lê-se em tabelas e a humidade relativa mede-se com os higrómetros.

Humidade

Quando se aquece água na cozinha forma-se sempre uma certa quantidade de **vapor de água (água no estado gasoso)**, que se mistura com o ar. Quando a mistura do ar húmido entra em contacto com uma janela fria, observam-se gotículas de água, que embaciam a janela. Essas gotículas devem-se ao arrefecimento do vapor de água que, por isso, se **condensa** (quer dizer, passa de vapor a líquido).

A **humidade** é o **vapor de água presente no ar**. O ar contém sempre uma certa humidade. No ar **seco**, a humidade é pequena. No ar **húmido**, a humidade é elevada. Utilizam-se duas grandezas físicas para medir a humidade do ar:

- a humidade absoluta;
- e a humidade relativa.



O vapor de água que sai de uma panela de pressão, onde se aquece água, aumenta a humidade na cozinha.



O ar é uma mistura gasosa que contém sempre uma certa quantidade de vapor de água. O vapor de água pode arrefecer e condensar, formando nuvens, que são constituídas por pequenas gotas de água ou pedacitos de gelo. Se a nuvem está próxima do solo, é designada por nevoeiro.

Nevoeiro.

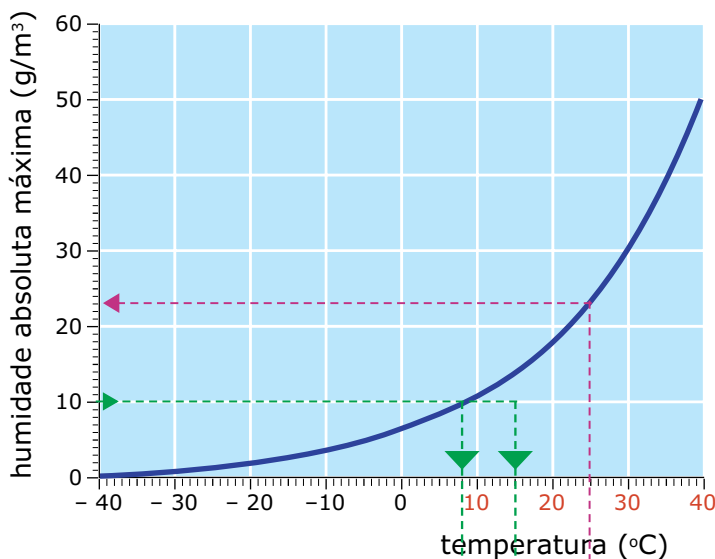


Humidade absoluta do ar e ponto de saturação

A **humidade absoluta** mede a **massa de vapor de água presente num certo volume de ar**. Pode exprimir-se em gramas por metro cúbico (g/m^3). Por exemplo, dizer que a humidade absoluta do ar é de $14 \text{ g}/\text{m}^3$ é afirmar que, em cada metro cúbico de ar, existem 14 g de vapor de água.

A uma certa temperatura, o ar não pode ter mais do que uma determinada quantidade de vapor de água. Quando é atingido este **valor máximo de humidade**, diz-se que o **ar está saturado**. O valor máximo de humidade do ar, ou **ponto de saturação**, aumenta com a temperatura do ar—ver gráfico. Por exemplo, a $25 \text{ }^\circ\text{C}$ o ar pode ter, no máximo, $23 \text{ g}/\text{m}^3$ de humidade absoluta (**linha vermelha no gráfico**). Se, a esta temperatura, o ar receber mais vapor de água do que o valor máximo que pode ter, dá-se a condensação do vapor de água em excesso (isto é, o vapor de água que ultrapasse os 23 g em cada m^3 passa ao estado líquido).

Humidade absoluta máxima (massa de vapor de água por metro cúbico de ar) em função da temperatura do ar



À temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$, a humidade absoluta máxima é 23 g por metro cúbico de ar (**ponto de saturação** do ar).

Humidade relativa do ar

A **humidade relativa do ar relaciona a humidade do ar com o valor máximo de humidade**. Por exemplo, se, num certo dia, em que a temperatura é $25 \text{ }^\circ\text{C}$, a humidade absoluta for $10 \text{ g}/\text{m}^3$ (**linha verde no gráfico**), a humidade relativa é

$$\frac{10 \text{ g}/\text{m}^3}{23 \text{ g}/\text{m}^3} = 0,43 = 43\%$$

porque a essa temperatura o valor máximo de humidade é $23 \text{ g}/\text{m}^3$. Quer dizer, tendo em conta a temperatura nesse dia, a humidade do ar é apenas **43% do valor máximo possível**.

A humidade relativa, a qualquer temperatura, pode medir-se, portanto, numa escala de 0% a 100%. A humidade relativa de **0%** corresponde ao ar **muito seco**; e a humidade relativa de **100%** corresponde ao **máximo** de vapor de água que pode existir. Quando a humidade relativa é **100%**, o ar está **saturado** de humidade (não pode ter mais vapor de água).



Quando a temperatura do ar desce até se atingir o **ponto de orvalho**, inicia-se a condensação de vapor de água (é o que se observa muitas vezes pela manhã, em regiões frias). Porquê? Porque a essa temperatura o ar fica saturado de vapor!

Supõe que, num certo dia e a uma certa hora, a humidade absoluta do ar é $10 \text{ g}/\text{m}^3$ e a temperatura é $15 \text{ }^\circ\text{C}$. Para que valor é que a temperatura do ar tem que descer para que o ar fique saturado?

Consultando o gráfico (**linha verde**), vemos que para a humidade absoluta de $10 \text{ g}/\text{m}^3$ a saturação do ar dá-se a $8 \text{ }^\circ\text{C}$. Esta temperatura de $8 \text{ }^\circ\text{C}$ é o chamado **ponto de orvalho**, nas condições referidas. Se a temperatura descer de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ para $8 \text{ }^\circ\text{C}$, inicia-se a condensação do vapor de água do ar.

Medição da humidade relativa: os higrómetros

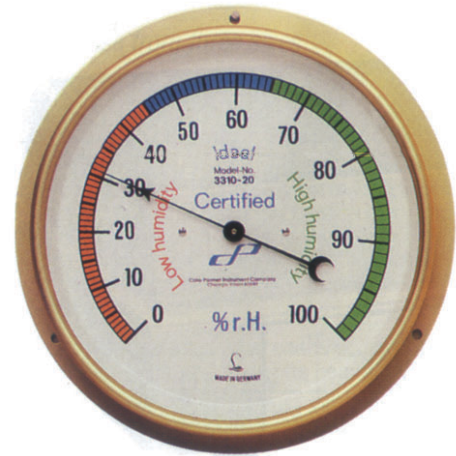
Os **higrómetros** (*higro* = humidade + *metro* = medida) são aparelhos que medem a humidade relativa do ar.

Alguns higrómetros têm como componente principal um **cabelo** (ou outra fibra orgânica), que **umenta** ou **diminui** de comprimento consoante aumenta ou diminui a humidade do ar. Os higrómetros eléctricos utilizam a **variação da resistência eléctrica** de um certo condutor com a humidade.

Nos **higrómetros de evaporação** ou **psicrómetros** (*psicro* = frio + *metro* = medida), há um termómetro seco e outro termómetro húmido (tem o reservatório envolvido por gaze ou algodão molhado). A **diferença de temperatura entre os dois termómetros é consequência da humidade**, que pode ser lida numa tabela, como se explica abaixo.



Um higrómetro eléctrico digital.



Um higrómetro com ponteiro (higrómetro analógico). Qual é o valor de humidade relativa registada por este aparelho?

Como se utiliza um psicrómetro ou higrómetro de evaporação

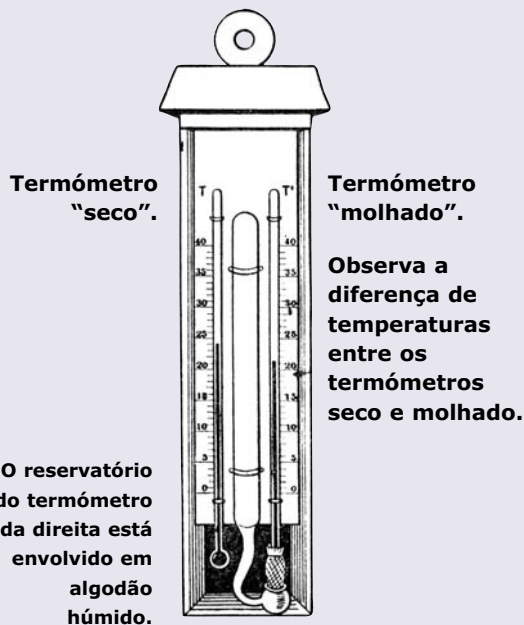


Tabela para determinar a humidade relativa da sala em função da diferença de temperatura dos dois termómetros e da temperatura do termómetro seco

| temperatura em °C do termómetro seco entre | diferença de temperaturas entre o termómetro seco e o termómetro molhado (em °C) | | | | | | | | | |
|--|--|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 10 e 14 | 85 | 75 | 60 | 50 | 40 | 30 | 15 | 5 | 0 | 0 |
| 15 e 19 | 90 | 80 | 65 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 | 5 |
| 20 e 25 | 90 | 80 | 70 | 65 | 55 | 45 | 40 | 30 | 25 | 20 |

Por exemplo, se o termómetro seco marcar **18 °C** e a diferença de temperatura entre os dois termómetros for **7 °C**, a humidade relativa do ar é **30%**.



Experimenta

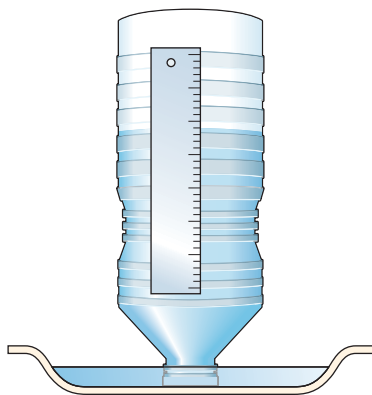
Improvisar um barómetro

Material

- 1 garrafa de plástico de 1,5 L
- 1 prato fundo
- fita adesiva
- 1 tira de papel milimétrico com cerca de 10 cm de altura por 1 cm de largura

O que fazer

- 1 Cola a tira de papel milimétrico na garrafa, segundo a direcção da altura da garrafa (a pouco mais de metade da respectiva altura).
- 2 Coloca **água na garrafa** até cerca de **2/3** do seu volume.
- 3 Coloca **água no prato**, até cerca de **metade** da altura.
- 4 Mantendo a garrafa tapada com os dedos, **inverte** a garrafa e coloca a boca da garrafa no prato, devidamente equilibrada. Porque não sai água da garrafa?
- 5 **Observa** (e **registá**) diariamente, o **nível** da água dentro da garrafa.



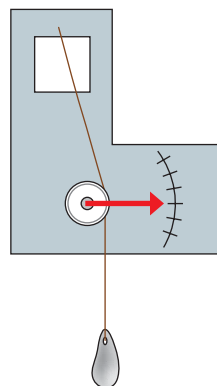
Improvisar um higrómetro

Material

- 1 cabelo comprido não oleoso
- Pedaco de cartão forte em forma de L
- Carrinho de linhas e prego
- Chumbada de 50 g
- Cartolina e cola

O que fazer

- 1 Abre uma **janela** no pedaco de cartão, como se ilustra na figura.
- 2 **Fixa**, com um prego, por baixo da janela um pequeno **carrinho de linhas**, de forma que este possa rodar.
- 3 **Cola** no carrinho uma **seta** de cartolina.
- 4 Marca no cartão uma **escala** na zona onde a extremidade da seta vai rodar.
- 5 **Ata um fio de cabelo não oleoso** num ponto por cima da janela, enrola-o duas ou três vezes no carrinho e pendura na ponta do cabelo a chumbada para o manter esticado.
- 6 Coloca um **recipiente com água a ferver** por baixo do aparelho. O fio de cabelo estica. Considera que a seta indica nessa posição **100%** de humidade relativa, o valor máximo possível.
- 7 Observa a **diminuição de humidade do ar** quando, depois de retirares a água a ferver, o cabelo encolhe...



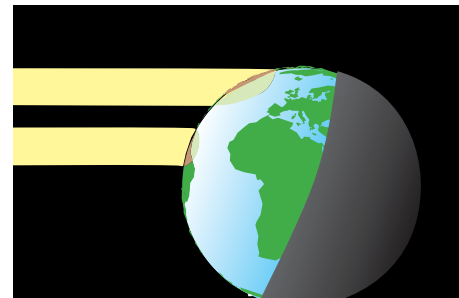
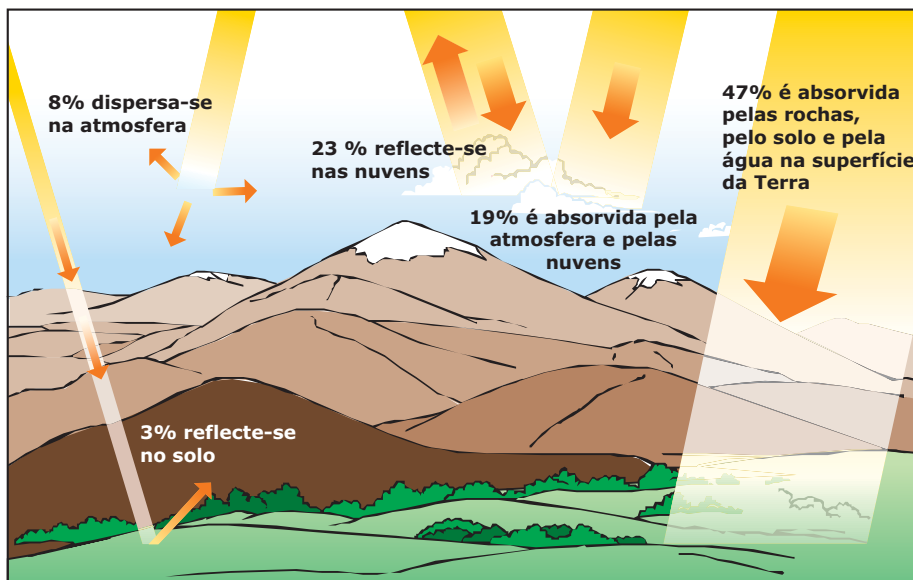
4 Efeitos da radiação solar sobre a Terra

A intensidade da radiação solar varia com a inclinação dos raios solares. O efeito de estufa produz aquecimento – útil se estabilizar a temperatura média da Terra em 13 °C, pernicioso se provocar a fusão dos glaciares. A circulação global do ar na atmosfera deve-se à diferença de intensidades da radiação solar e à rotação da Terra.

Para onde vai a energia que a Terra recebe do Sol?

A Terra está permanentemente a receber energia do Sol. Alguma dessa energia é **reflectida** (nas nuvens, no solo) e uma parte **dispersa-se** na atmosfera. Mas a maior percentagem é **absorvida** pela atmosfera e pelo solo, como se mostra no esquema abaixo. Nas zonas mais próximas do equador, é maior a intensidade de radiação solar. Essas zonas são, pois, mais quentes que as zonas polares.

A energia que a Terra recebe do Sol está na origem dos fenómenos meteorológicos, nomeadamente do movimento de enormes massas de ar.



A figura esquematiza dois feixes de luz solar iguais, quando atingem a Terra. O feixe que atinge a zona polar ilumina uma área maior do que o feixe que atinge qualquer outra zona da Terra, nomeadamente as zonas junto ao equador. Quanto maior for a área iluminada, para a mesma quantidade de luz recebida, menor é a intensidade de radiação. Portanto, nas zonas mais próximas dos pólos, a intensidade de radiação solar é menor do que nas zonas mais próximas do equador.

Destino da radiação solar recebida pela Terra.

Circulação global do ar na atmosfera

Como o aquecimento da superfície terrestre é maior no equador do que nos pólos, o ar no equador fica, pois, mais quente do que nos pólos.

O ar quente é menos denso do que o ar frio. Por isso, o **ar quente junto ao equador tem tendência a subir** para as camadas mais elevadas da atmosfera. Este movimento de subida do ar quente obriga o ar frio a deslocar-se, descendo e preenchendo o lugar onde estava o ar quente: surgem deste modo os chamados **ventos globais**.

Junto ao equador formam-se zonas de baixa pressão atmosférica. O ar mais frio, situado a norte e a sul do equador, desloca-se então no sentido do equador.

Nas zonas polares formam-se, também, zonas de baixa pressão, por outras razões mais complexas, que têm a ver com a rotação da Terra.

A circulação global do ar na atmosfera é, portanto, provocada pelas diferenças da intensidade de radiação na Terra (e consequentes diferenças de pressão) e pela rotação da Terra.

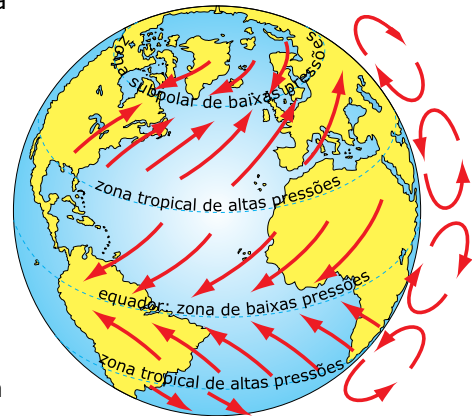
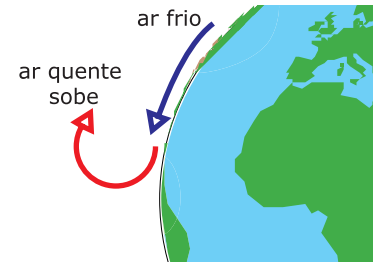
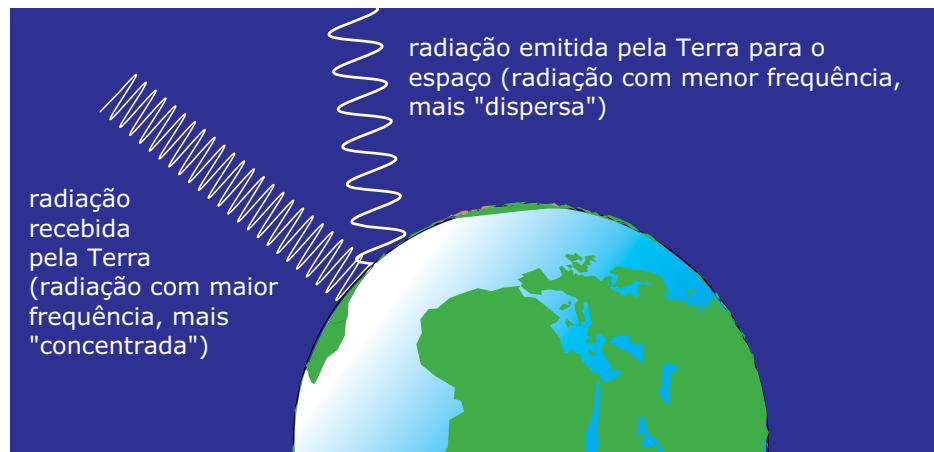
Desde o tempo das descobertas, nos séculos XIV e XV, que os navegadores aproveitam estes ventos globais, nomeadamente os chamados **ventos alísios**, para percorrerem enormes distâncias.

Porque é que a Terra não fica cada vez mais quente?

Se a Terra está continuamente a receber energia do Sol, **porque não aquece cada vez mais** à medida que o tempo passa? Porque mantém uma temperatura média aproximadamente constante (desde há milhões de anos)?

A resposta está relacionada com o facto de **a Terra também emitir energia para o espaço**. E emite exactamente a mesma quantidade de energia que recebe do exterior!

Mas há uma diferença importante entre a energia que recebe e a que reemite para o espaço. A Terra recebe radiação do Sol com maior frequência (principalmente luz visível) do que a frequência da radiação que reemite. A energia que a Terra recebe é "mais concentrada" que a que reemite para o espaço.



Esquema da circulação global na atmosfera: é devida às diferenças de pressão nas várias latitudes e à rotação da Terra.

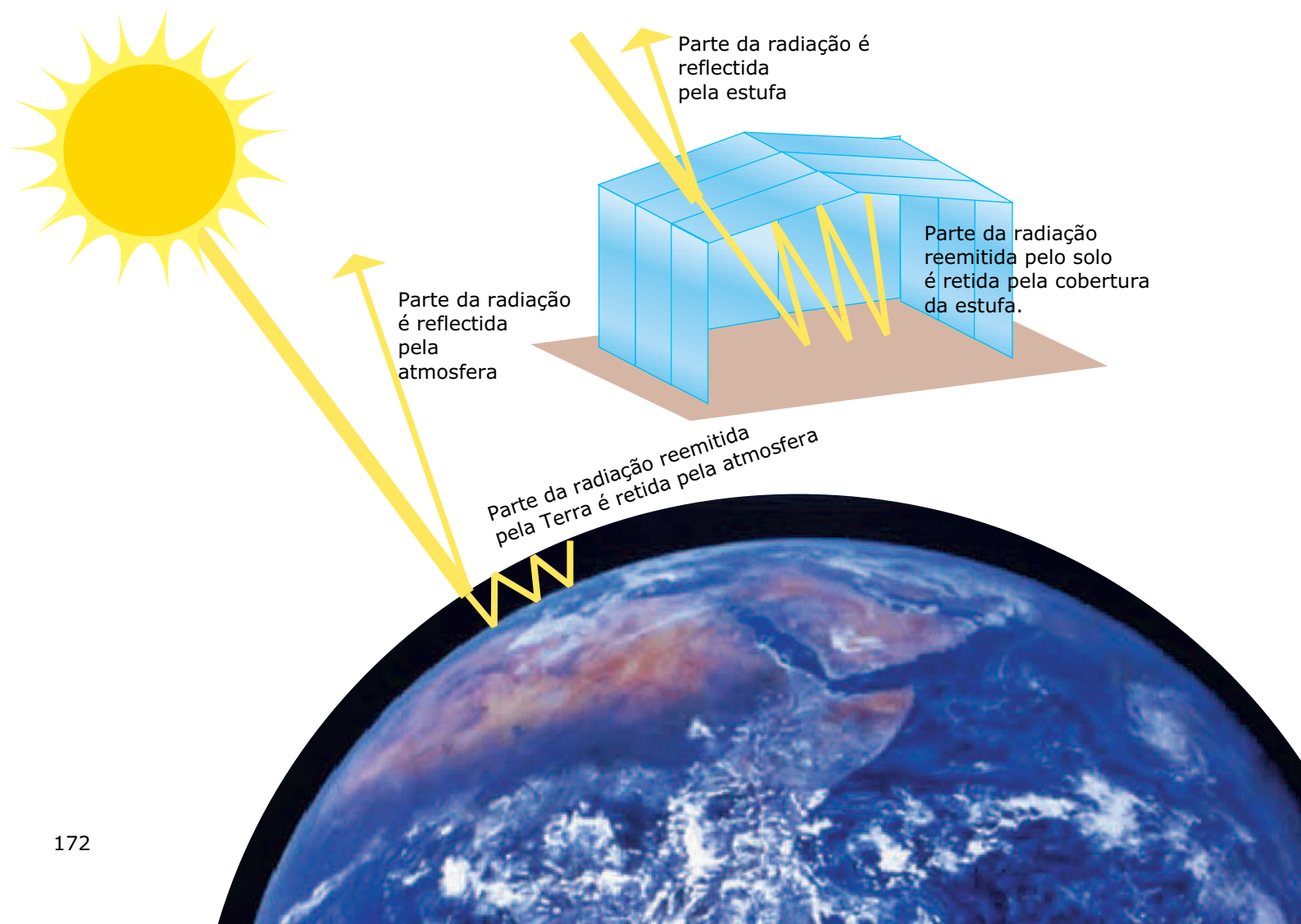
A Terra emite para o espaço uma quantidade de energia igual à que recebe do Sol. Mas a energia emitida é "menos concentrada", porque a radiação emitida tem maior comprimento de onda.

A radiação solar e o efeito de estufa

Já vimos na Unidade 2 (Terra no Espaço) que a Terra é um sistema em equilíbrio muito delicado. Estudaste que certos gases existentes na atmosfera, nomeadamente o dióxido de carbono, provocam o chamado **efeito de estufa na atmosfera**. Sem efeito de estufa, os oceanos gelariam e a vida tal como hoje a conhecemos seria impossível. Sem efeito de estufa, no equilíbrio entre a radiação recebida e a radiação emitida, a Terra teria uma temperatura média de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$: então os oceanos gelariam e dificilmente haveria vida! Graças ao efeito de estufa, a temperatura média na Terra situa-se entre os 14 e os $15\text{ }^{\circ}\text{C}$: por isso, há água líquida e a vida é possível.

Mas **se existir excesso de gases como o dióxido de carbono**, aumenta o efeito de estufa, aumentando a radiação retida pela atmosfera terrestre. Logo, a **Terra aquece!** Se a Terra aquecer excessivamente, os gelos dos pólos derretem, o nível da água do mar sobe, o clima é alterado, inundações e secas tornam-se mais frequentes, a agricultura é profundamente modificada.

A Organização das Nações Unidas (ONU) e os governos de todo o mundo promoveram acordos internacionais para diminuir a emissão de gases que aumentam o efeito de estufa. O futuro da Terra está dependente do sucesso desses acordos.



Discute...



Alterações climáticas

O **aumento das concentrações atmosféricas de gases com efeito de estufa** provocado pelo **crescimento das actividades humanas** é actualmente reconhecido como um factor importante nas alterações que se têm vindo a registar no sistema climático global. A essa conclusão têm levado os trabalhos desenvolvidos internacionalmente, no qual Portugal tem participado activamente, assim como a tendência de aumento de temperaturas globais nos últimos cem anos.

Entre os diversos compromissos assumidos, destaca-se o **Protocolo de Quioto**, que estabeleceu **metas** para o período 2008-2012, país por país e para a União Europeia no seu conjunto, para **seis gases**: CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano), N₂O (óxido nitroso) e para os compostos halogenados (hidrofluorcarbonetos — HFC, perfluorcarbonetos — PFC e hexafluoreto de enxofre — SF₆).

A **União Europeia** e os seus Estados-membros, no âmbito da Convenção Quadro das Alterações Climáticas e do Protocolo de Quioto, comprometeram-se a **reduzir**, em conjunto, as **emissões dos seis gases com efeito de estufa** em 8%.

Neste acordo, **Portugal** assumiu o compromisso de **não aumentar as suas emissões em mais de 27%** em relação às emissões de **1990** para todos os gases.

Neste documento apenas se trata dos três primeiros gases — dióxido de carbono, metano e óxido nitroso —, que também são os que têm a **principal responsabilidade** na matéria em análise (...)

Desde 1990 **Portugal tem vindo a aumentar as suas emissões globais de gases com efeito de estufa** — em 1999 o

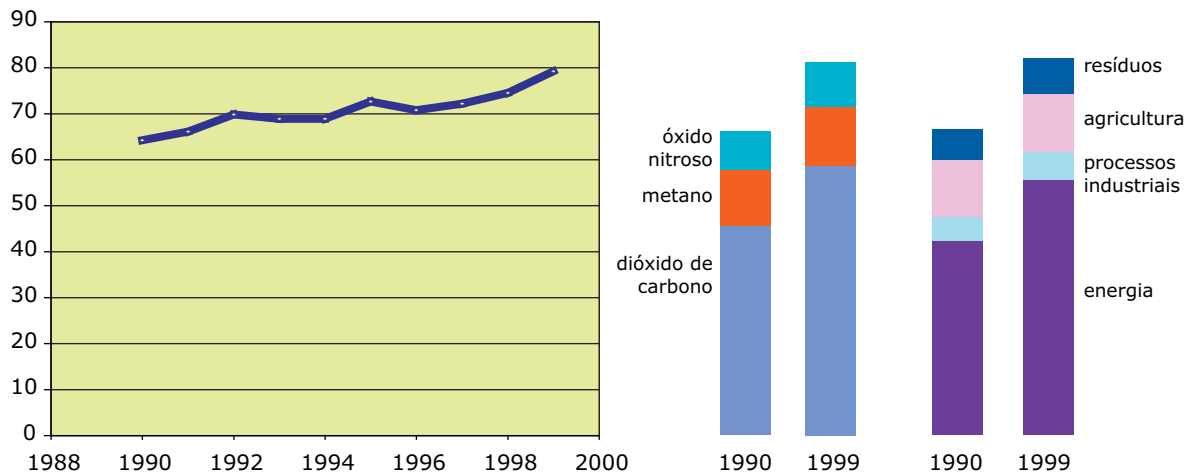


Texto adaptado do **Relatório do Estado do Ambiente, Instituto do Ambiente, 2000** (disponível em <http://www.iambiente.pt>).

De que trata o Protocolo de Quioto?

Que compromissos assumiram a União Europeia e Portugal?

Emissões de gases com efeito de estufa (em milhares de toneladas)



aumento em relação às emissões de 1990 cifrou-se em 22% —, estando rapidamente a aproximar-se dos compromissos de Quioto.

Contudo, durante este mesmo período de tempo o crescimento económico foi superior ao crescimento das emissões de CO₂, invertendo a tendência verificada no início da década de 90. Esta constatação poderá atribuir-se a uma **melhoria de eficiência energética** e tecnológica de alguns processos de produção, à **introdução gradual do gás natural** (a partir de 1997), à **melhoria da qualidade dos combustíveis**, ao recurso a centrais térmicas de ciclo combinado e à cogeração para a produção de energia e de uma forma geral àquilo a que também se tem chamado por desmaterialização da economia.

O **dióxido de carbono** foi responsável por 72% das emissões totais de gases com efeito de estufa em 1999. A sua principal origem está na **actividade humana** que a classificação do IPCC denomina genericamente por "Energia". Para o **metano**, a maior contribuição vem das actividades relacionadas com o **tratamento de resíduos** (deposição de resíduos no solo, incineração de resíduos e tratamento de águas residuais, entre outras) e para os **óxidos nitrosos** a maior contribuição vem da **agricultura**.

Analisando os dados em 1990 e 1999, verifica-se que a actividade "Energia" cresceu 32% e que, nesta actividade, a principal quota parte das emissões de gases com efeito de estufa (em CO₂ equivalente) é a relativa ao sector da geração e transformação de energia, que aumentou 14% em relação a 1990. A indústria no mesmo período de tempo aumentou 18%. O sector que sofreu um **maior aumento** na responsabilidade pelas emissões de gases com efeito de estufa foi o dos **transportes**, crescendo 68%.

Deste modo, os sectores da energia e dos transportes ressaltam como aqueles onde se deverão fazer incidir prioritariamente medidas que permitam obter resultados mais eficientes em termos de redução das emissões de gases com efeito de estufa.

Comparando ainda as emissões de gases com efeito de estufa em Portugal e nos restantes países da União Europeia, salienta-se que, apesar de terem aumentado significativamente, a emissão de dióxido de carbono per capita (isto é, em média, por habitante) em Portugal é ainda a menor da União Europeia. Quanto à eficiência do uso da energia, Portugal é um dos países em posição menos favorável.

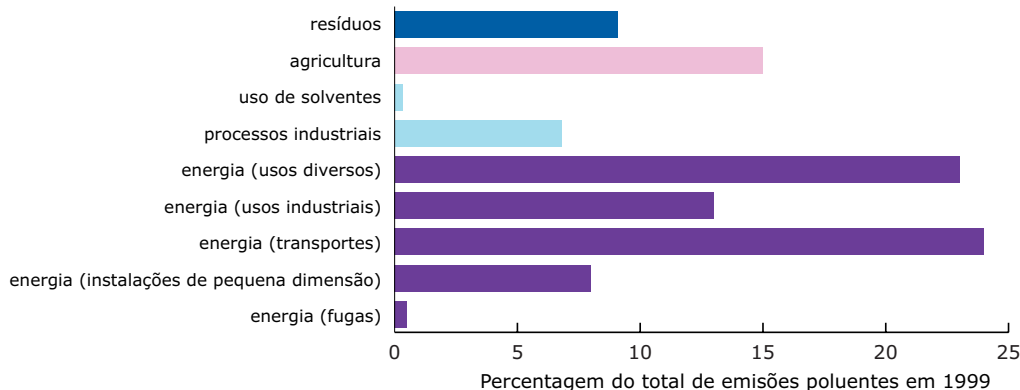
Quais são os principais gases responsáveis pelo aumento do efeito de estufa?

Como tem evoluído, em Portugal, a emissão de gases com efeito de estufa?

O crescimento económico do nosso país não tem sido acompanhado de um crescimento equivalente da emissão de gases com efeito de estufa. Porquê?

Qual é a principal origem dos três mais importantes gases com efeito de estufa?

Qual é a actividade económica em que se verificou o maior aumento de gases com efeito de estufa?





Discute...

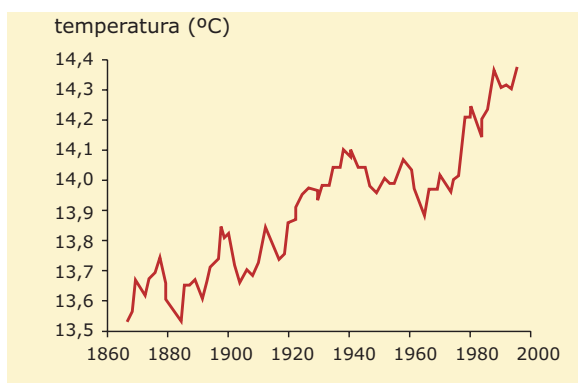
A evolução do clima

Existem bons registos relativos ao clima na Terra desde há cerca de século e meio. Para **conhecer o clima de há milhares de anos** (e até há milhões de anos atrás!), os cientistas estudam **registos geológicos** (por exemplo, amostras de gelo de camadas profundas de glaciares e calotes polares) e **plantas fósseis**. Estes métodos fornecem pistas sobre a temperatura, regime de chuvas e tipo de ventos, bem como acerca da constituição da atmosfera. A atmosfera terrestre tem mudado ao longo dos tempos originando alterações importantes no clima global, regional e local. Os estudos sugerem que essas mudanças são cíclicas, com **períodos de aquecimento global** seguidos de **períodos mais frios**.

Conhecer como a atmosfera terrestre foi evoluindo ajuda os cientistas a entender como o actual clima pode alterar-se à medida que a actividade humana for modificando as concentrações de alguns gases na atmosfera, nomeadamente o dióxido de carbono.

Questões

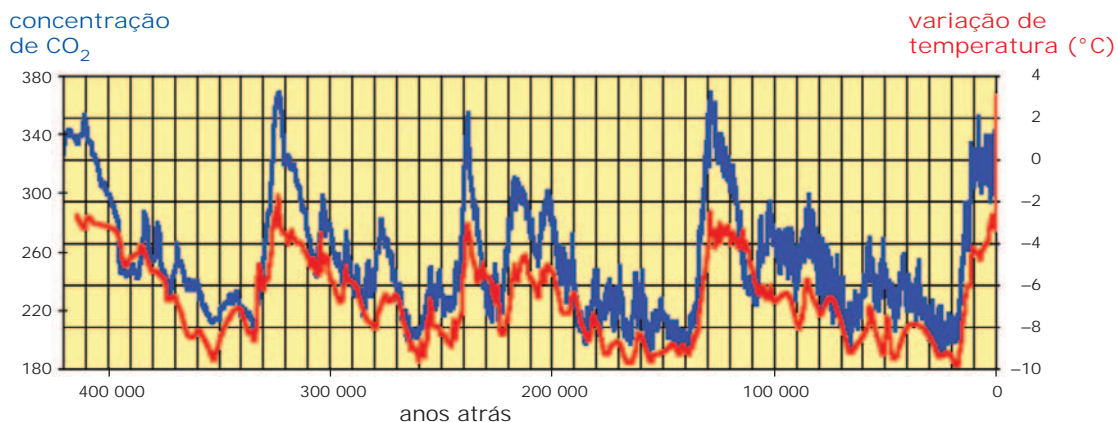
O gráfico ao lado representa a variação da temperatura média terrestre ao longo de um certo intervalo de tempo.



- 1 Que **intervalo de tempo** está representado no gráfico?
- 2 **Como variou** a temperatura média terrestre, no período representado?
- 3 **Qual é o valor** da variação da temperatura, no intervalo considerado?

O gráfico abaixo mostra a concentração de dióxido de carbono na atmosfera terrestre e a temperatura média na Terra nos últimos 400 000 anos.

- 4 **Entre que valores** variou a temperatura média na Terra em relação à temperatura média actual?
- 5 Que **relação** há entre a **concentração** de CO₂ na atmosfera e a **variação de temperatura**?
- 6 A que será **devida** tal **relação**?





Leitura...

Cenários e impactes do aquecimento global

O clima da Terra não é fixo e imutável. Pelo contrário, tem variado profundamente desde o início da formação da atmosfera terrestre há mais de 4000 milhões de anos. Registos paleoclimáticos revelam que desde muito cedo houve ciclos de glaciação nos quais épocas glaciares, com formação de extensas camadas de gelo, alternaram com épocas interglaciares em que, devido ao aumento da temperatura média global da atmosfera, se deu a fusão dos gelos. A última época glaciária teve início há aproximadamente 120 mil anos e terminou há cerca de vinte mil anos. Nessa época a temperatura média global era 5 °C a 7 °C menor do que a actual e o nível médio do mar estava cerca de 120 metros abaixo do actual. A serra da Estrela estava coberta por extensas camadas de gelo e no vale do Zêzere, a montante de Manteigas, havia um glaciário. Estas alterações climáticas têm causas naturais, mais ou menos bem identificadas. As principais são pequenas variações na órbita da Terra em torno do Sol, na luminosidade do Sol e períodos de intensa actividade vulcânica.

Recentemente a humanidade passou a ser também um factor de alteração do clima terrestre através, principalmente, da queima de combustíveis fósseis — carvão, petróleo e gás natural — e ainda de profundas alterações no uso dos solos, em especial a desflorestação. A queima dos combustíveis fósseis lança para a atmosfera dióxido de carbono (CO₂), um gás com efeito de estufa, isto é, que aumenta a temperatura da atmosfera (...). Desde o início da Revolução Industrial, em meados do século XVIII, a concentração de CO₂ na atmosfera aumentou 32 por cento. Para ter uma ideia da dimensão do problema, note-se que durante a década de 1990 a 1999 a queima de carvão, petróleo e gás natural provocou o lançamento médio anual para a atmosfera de 6300 milhões de toneladas de carbono (...). (...) Isto significa que cada um de nós, habitante do planeta Terra, lança em média por ano mais de uma tonelada de carbono para a atmosfera. A humanidade está pois a realizar uma gigantesca experiência (...) ao alterar a composição da atmosfera terrestre sem ter suficiente conhecimento dos riscos potenciais envolvidos. Note-se que há disparidades profundas entre países nas emissões per capita. Os Estados Unidos da América, com cerca de cinco por cento da população mundial, produzem 25 por cento das emissões mundiais de CO₂ e, per capita, emitem onze vezes mais do que a China, vinte vezes mais do que a Índia e trezentas vezes mais do que Moçambique.

O processo lento mas continuado de aumento da concentração de gases com efeito de estufa na atmosfera irá inevitavelmente provocar uma alteração climática. Qual vai ser a alteração? Para responder é necessário construir modelos que simulem o sistema climático da Terra e validar as simulações confrontando-as com o clima do passado. Simulações obtidas para o século XX, durante o qual a temperatura média global aumentou de 0,6 ± 0,2 °C, permitem concluir que grande parte do aumento observado nos últimos cinquenta anos é devido a causas antropogénicas. Os mesmos modelos permitem fazer cenários do clima futuro que (...) projectam um aumento da temperatura até 2100 de 1,4 °C a 5,8 °C. Haverá também alterações na precipitação com variações espaciais significativas; maior precipitação nas latitudes elevadas e nas regiões equatoriais e menor precipitação nas latitudes médias, em particular na região mediterrânica e do Sul da Europa onde Portugal se situa.

As alterações climáticas terão efeitos benéficos e adversos sobre os vários sectores socioeconómicos e sistemas biofísicos sensíveis ao clima. Quanto maior e mais rápida for a mudança climática, maior será a predominância dos efeitos adversos sobre os benéficos. (...)

As alterações climáticas irão agravar a escassez de água nas regiões áridas e semiáridas do globo e simultaneamente aumentar o risco de cheias

Texto de Filipe Duarte Santos, professor de Física na Universidade de Lisboa. Publicado na revista Grande Reportagem, Agosto de 2002.

O clima da Terra foi sempre idêntico ao actual? Porquê?

Porque está a humanidade a alterar o clima?

Que países mais contribuem para as alterações climáticas? Porquê?

Procura num dicionário o significado de "antropogénico"...

Qual é o aumento esperado para a temperatura média na Terra nos próximos 100 anos?

devido a uma maior frequência de fenómenos climáticos extremos. (...)

A produtividade agrícola irá diminuir, especialmente em muitos países dos trópicos e subtropicais, o que tenderá a agravar a situação dos mais de oitocentos milhões de pessoas com fome. As alterações climáticas irão pois agravar o fosso Norte-Sul e corre-se o risco de aumentar os fluxos de emigração.

As alterações na temperatura, precipitação e frequência de fenómenos climáticos extremos irão afectar a produtividade das florestas e provocar a migração ou extinção de espécies florestais. O risco de incêndios florestais irá aumentar de modo significativo em vários países — Portugal é um deles. As alterações climáticas irão também modificar a estrutura, composição e distribuição geográfica dos ecossistemas e diminuir a biodiversidade. Alguns ecossistemas são particularmente vulneráveis como, por exemplo, os recifes de corais e os ecossistemas de montanha.

A saúde humana é também vulnerável às alterações climáticas devido, principalmente, ao aumento potencial da mortalidade relacionada com o calor excessivo e às ondas de calor, a um maior risco de doenças relacionadas com a escassez de recursos hídricos e menor qualidade da água e a um maior risco de doenças transmitidas por vectores (mosquitos, carraças, moscas) e roedores, tais como a malária, dengue, doença de Lyme, leishmaniose, leptospirose e a febre do Nilo Ocidental.

Os cenários futuros projectam até 2100 um aumento do nível médio do mar entre 9 e 88 centímetros, com um valor central de 48 centímetros. Esta subida do mar irá ter impactos profundamente negativos sobre as zonas costeiras, forçando a retirada de dezenas de milhões de pessoas que aí vivem, causando perda de terreno e aumentando o risco de erosão e de intrusão salina. Calcula-se que cerca de metade da população mundial vive em zonas costeiras e cerca de cinquenta milhões sofrem anualmente inundações. Uma elevação do nível do mar de cinquenta centímetros irá duplicar aquele número.

O estudo *Climate Change in Portugal. Scenarios, Impacts and Adaptation Measures (...)* publicado recentemente, sobre os impactos das alterações climáticas em Portugal revela que a maioria são adversos, especialmente nos sectores dos recursos hídricos, zonas costeiras, saúde, florestas e biodiversidade. Outros estudos feitos para toda a Europa mostram claramente que se esperam impactos mais negativos a Sul do que no Norte. A região mediterrânica é particularmente vulnerável às alterações climáticas.

Há ainda muita incerteza nos cenários climáticos, nos cenários das emissões de gases com efeito de estufa, na identificação e quantificação dos impactos e na selecção das medidas de adaptação. Apesar desta incerteza, os cenários futuros são suficientemente graves para justificar o recurso ao princípio da precaução. É necessário agir no sentido de diminuir as emissões de gases com efeito de estufa para a atmosfera. Só assim conseguiremos estabilizar a concentração desses gases na atmosfera. Estamos perante um tremendo desafio porque a economia global está alicerçada no uso dos combustíveis fósseis. O Protocolo de Quioto é um primeiro passo extremamente importante no sentido de diminuir as emissões dos países desenvolvidos. Sabemos que ele não evita as alterações climáticas no corrente século mas será, quando entrar em vigor, um instrumento fundamental no processo de mitigação. Não vai ser nada fácil cumprir os objectivos da redução das emissões acordadas no Protocolo de Quioto, nos países que o ratificaram. O problema não se resolve apenas ao nível do governo. Em última análise, tudo irá depender do nosso comportamento individual, da nossa informação, conhecimento e sensibilidade para a problemática das alterações climáticas e do nosso sistema e hierarquia de valores.

Na minha opinião, é forçoso optar entre a solidariedade com as futuras gerações que garante o controlo das alterações climáticas e a irresponsabilidade intergeracional que despreza a qualidade do futuro para além da nossa vida.



O barco durante a inundação. Quadro de Alfred Sisley (1839-1899).

Que impactos se prevê que terão as alterações climáticas?

Em que regiões da Terra se farão sentir com maior intensidade os efeitos das alterações climáticas?

Que foi decidido pela comunidade internacional para diminuir as causas da alteração climática?

5 O movimento das massas de ar e a previsão meteorológica

O ar desloca-se dos centros de alta pressão para os centros de baixa pressão num movimento turbulento. Este pode originar ciclones e furacões. A previsão do tempo apoia-se nos dados facultados pelos balões e satélites meteorológicos, dados que são tratados em computadores potentes.

Massas de ar

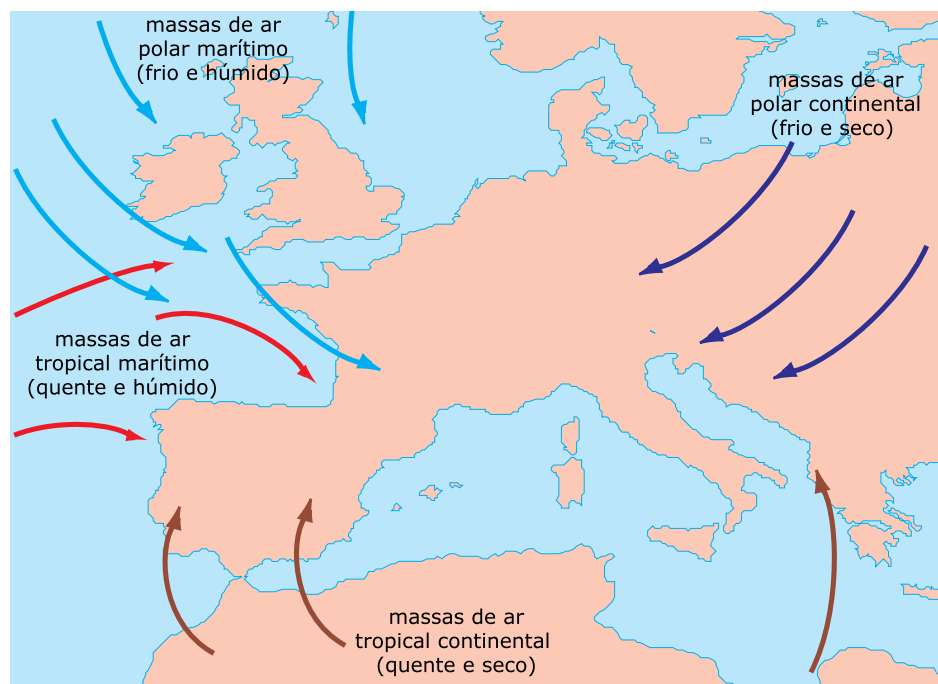
O termo **massa de ar** identifica uma **grande quantidade de ar**, onde a **temperatura e a humidade diferem pouco** de ponto para ponto. As massas de ar expandem-se frequentemente por **centenas ou milhares de quilómetros**. Formam-se sobre os oceanos, sobre as calotes geladas dos pólos e sobre os grandes desertos.

Qualquer massa de ar que se forme sobre o **oceano** é, em geral, **húmida e fria**. Se se formar sobre um **deserto**, é **seca e quente**.

Massas de ar predominantes na Europa

As massas de ar que atingem a Europa podem ter várias proveniências, consoante as estações do ano. No **Inverno**, massas de **ar frio**, vindas do **norte** ou do **interior do continente europeu**, provocam tempo frio e neve nos países mais a norte. Nessa época do ano, podem também chegar massas de **ar marítimo**, vindas de noroeste e que são frias e húmidas, ou massas de ar marítimo mais quentes, vindas de oeste (da zona dos Açores).

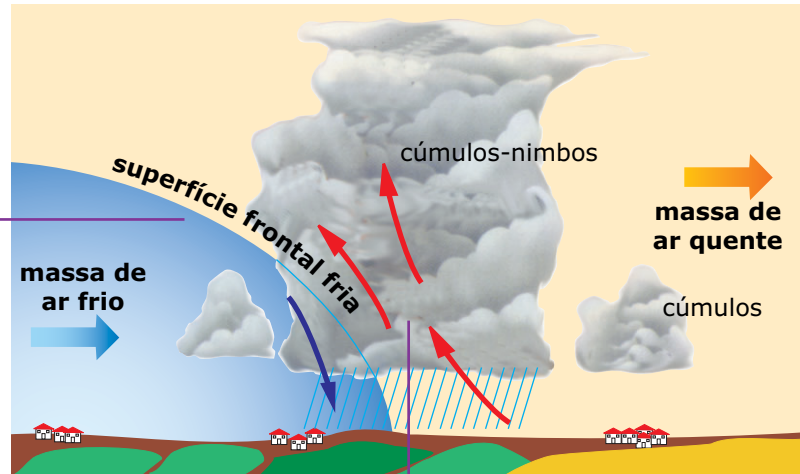
No **Verão**, a Europa é atingida por massas de **ar frio vindas de noroeste** e por massas de ar, quentes e secas, vindas do Sul, nomeadamente do **deserto do Sara**. Há também massas de ar com origem no chamado anticiclone dos Açores (zona de altas pressões) que origina tempo seco e estável.



Superfícies frontais

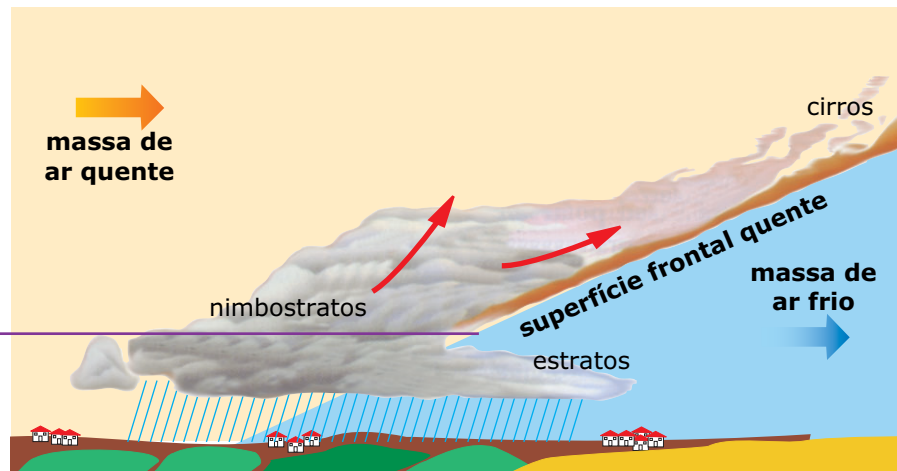
Quando uma certa massa de ar se move, as condições atmosféricas mudam.

Entre duas massas de ar diferentes formam-se as chamadas superfícies frontais. Nas zonas onde colidem massas de ar diferentes surgem, normalmente, mudanças bruscas da temperatura e formam-se nuvens, chuva ou neve, se a temperatura for baixa.



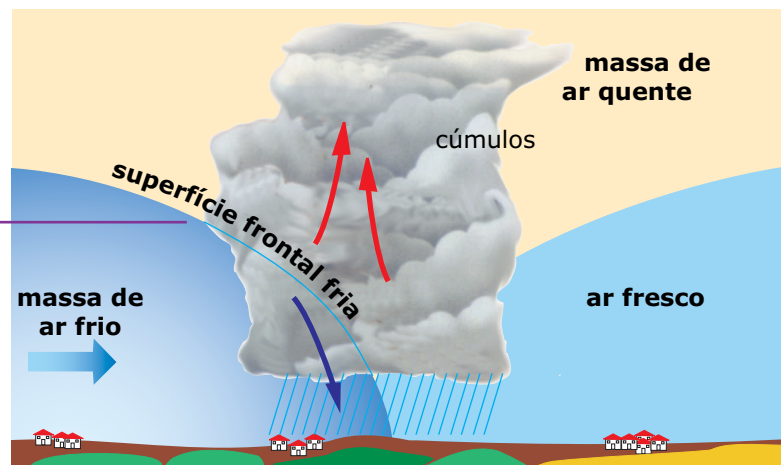
O movimento de uma **superfície frontal fria** origina a formação de nuvens verticais (cúmulos-nimbos), acompanhadas de chuva forte (numa faixa de cerca de 80 km de comprimento!), seguida de aguaceiros (numa zona de aproximadamente 300 km!).

Quando é uma massa de ar quente que avança, forma-se uma **superfície frontal quente**.



O ar quente vai gradualmente substituindo o ar frio, originando estratos (um tipo de nuvens horizontais) e nuvens muito altas, de aspecto fibroso — os cirros. Os estratos originam, em geral, uma larga faixa (cerca de 300 km!) de zona de chuva.

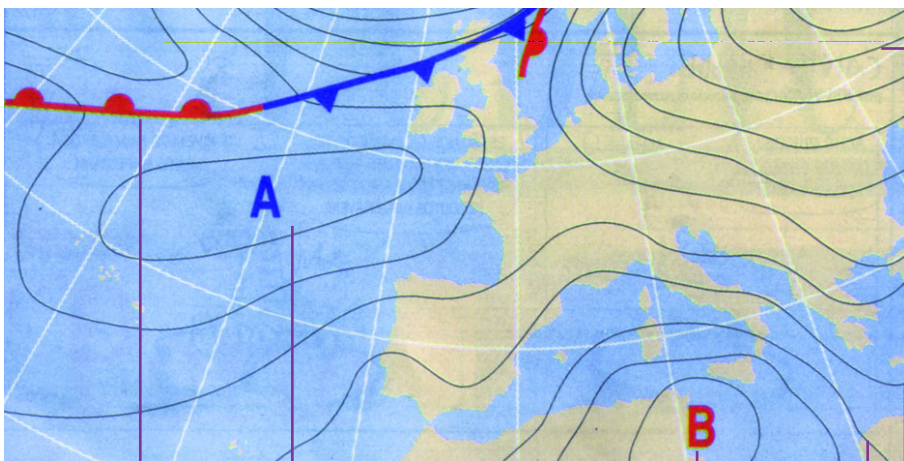
Movimento de uma **superfície frontal oclusa**. A massa de ar quente é elevada pelo movimento da massa de ar frio, que progride relativamente a outra massa de ar fresco (isto é, menos frio que a massa de ar frio). Uma frente oclusa avança muito rapidamente, sendo acompanhada de chuva.



As cartas do tempo. Isóbaras

Os meteorologistas utilizam cartas de tempo para **representar as condições atmosféricas**. Há cartas de tempo para os vários níveis da atmosfera, mas as mais importantes são as chamadas **cartas de superfície**, onde se representam as condições atmosféricas à superfície da Terra.

Uma carta de superfície publicada num jornal diário referente a um determinado dia. Estão representados um centro de alta pressão, A, a norte dos Açores, e um centro de baixa pressão, B, no Norte de África.



Chamam-se linhas isóbaras (de *iso* = igual + *báros* = peso, pressão) ou simplesmente isóbaras às linhas contínuas na carta de tempo que representam os pontos da superfície da Terra em que a pressão atmosférica é igual (isto é, pontos em que um barómetro marca o mesmo valor).

Além das linhas isóbaras, numa carta de tempo podem indicar-se outras informações referentes a superfícies frontais, à temperatura, à velocidade e sentido do vento, à nebulosidade, etc.

Os centros de alta pressão representam-se por A (ou por, em inglês, H, de *hight*).

As zonas de alta pressão são também designadas por anticiclones.

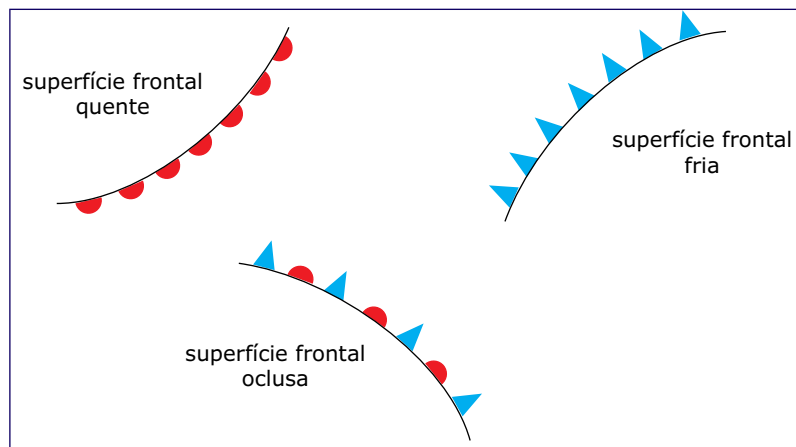
Nas zonas de alta pressão, o céu está, em geral, sem nuvens e a humidade é reduzida.

Os centros de baixa pressão representam-se por B (ou por, em inglês, L, de *low*) e são designadas por depressões ou ciclones, se a pressão for muito baixa.

Nas zonas de baixa pressão há frequentemente nuvens, chuva ou tempo instável. Nas depressões ciclónicas, o vento é muito rápido e a chuva muito intensa.

Como entre cada linha isóbara e a seguinte, a variação de pressão é a mesma (por exemplo, de 8 em 8 unidades), ficamos a saber em que zonas a pressão varia mais rapidamente e em que zonas está mais estabilizada.

Esquemas utilizados para representar superfícies frontais numa carta de tempo.

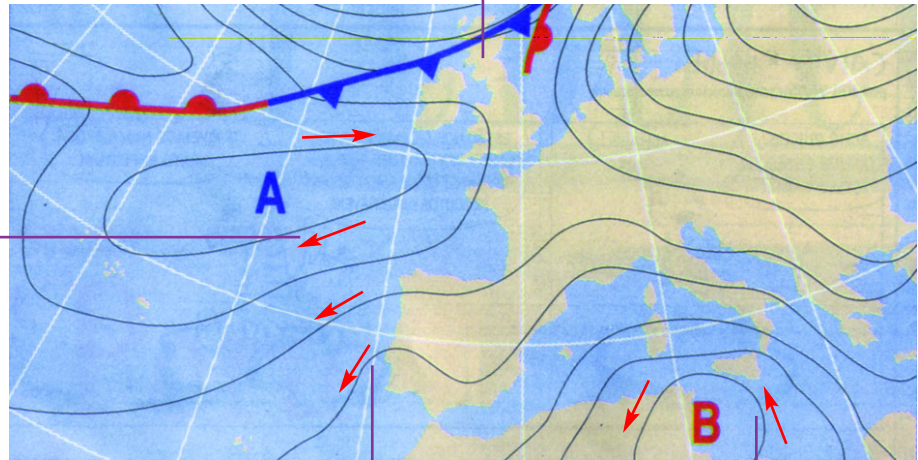


A direcção do vento e as isóbaras

Junto à superfície da Terra, o vento sopra mais ou menos na direcção das linhas isóbaras.

A Grã-Bretanha está a ser atravessada por uma superfície frontal fria.

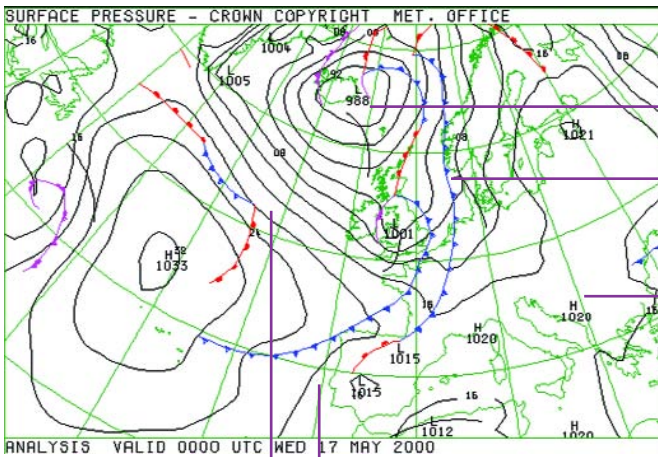
No hemisfério norte, o vento sopra aproximadamente no sentido dos ponteiros do relógio, em torno dos centros de altas pressões.



A direcção aproximada do vento acompanha a direcção das isóbaras.

No hemisfério norte, o vento sopra aproximadamente no sentido contrário ao dos ponteiros do relógio em torno dos centros de baixas pressões.

Carta de superfície no dia 17 de Maio de 2000.



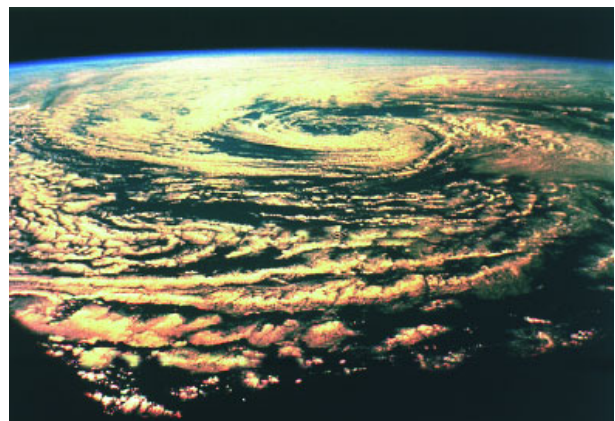
Centro de baixa pressão (988 mbar).

Superfície frontal fria.

Centro de alta pressão (1020 mbar).

A velocidade do vento é maior onde as linhas isóbaras estão mais próximas umas das outras, isto é, onde a variação de pressão é maior para a mesma distância.

Pelo contrário, a velocidade do vento é menor nas zonas onde as linhas isóbaras estão mais afastadas umas das outras.



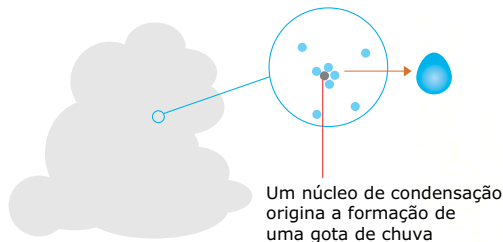
Um ciclone numa zona tropical, visto de um satélite. Uma certa massa de ar quente e húmido subiu na atmosfera, provocando o movimento em espiral das massas de ar mais frias à sua volta.

A chuva e outras formas de precipitação

Diz-se que há **precipitação** quando o vapor de água do ar origina chuva, neve ou gelo. No caso da chuva, a precipitação pode medir-se em **milímetros por metro quadrado**, equivalente a litros/m². Em Portugal, é muito raro ultrapassarem-se os 100 mm por metro quadrado, por dia. Mas nas zonas tropicais pode atingir-se até 2000 mm por metro quadrado de chuva por dia! As precipitações mais elevadas têm origem em nuvens de desenvolvimento vertical, os **cúmulos-nimbos**.

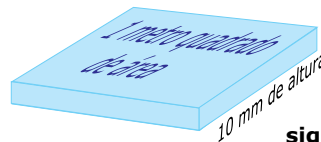
A quantidade de precipitação que o solo recebe está relacionada com a rapidez com que o vapor de água se condensa e com a velocidade com que as nuvens se movem. Se, numa certa região, o sistema de nuvens estiver parado (diz-se que está **estacionário**), cairá mais precipitação do que se o sistema estiver a deslocar-se rapidamente. **As maiores quantidades de precipitação ocorrem frequentemente em condições meteorológicas estacionárias.**

As **gotas de chuva** formam-se por condensação (isto é, passagem de vapor a líquido) de vapor de água em torno de partículas microscópicas, os chamados **núcleos de condensação**. Os núcleos de condensação podem ser gotículas de água, pequeníssimos cristais de gelo ou até minúsculos cristais de iodeto de prata lançados por aviões (este é um processo de fazer «chuva artificial»).

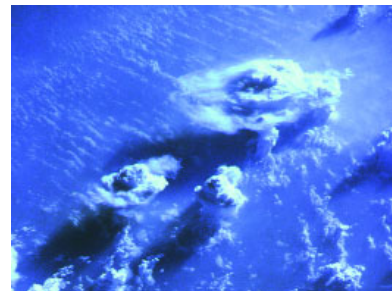


Se a temperatura for baixa, pode originar-se água sólida, na forma de pequenos **cristais de gelo**. Se os cristais de gelo forem suficientemente grandes e pesados, dá-se a queda de **neve**.

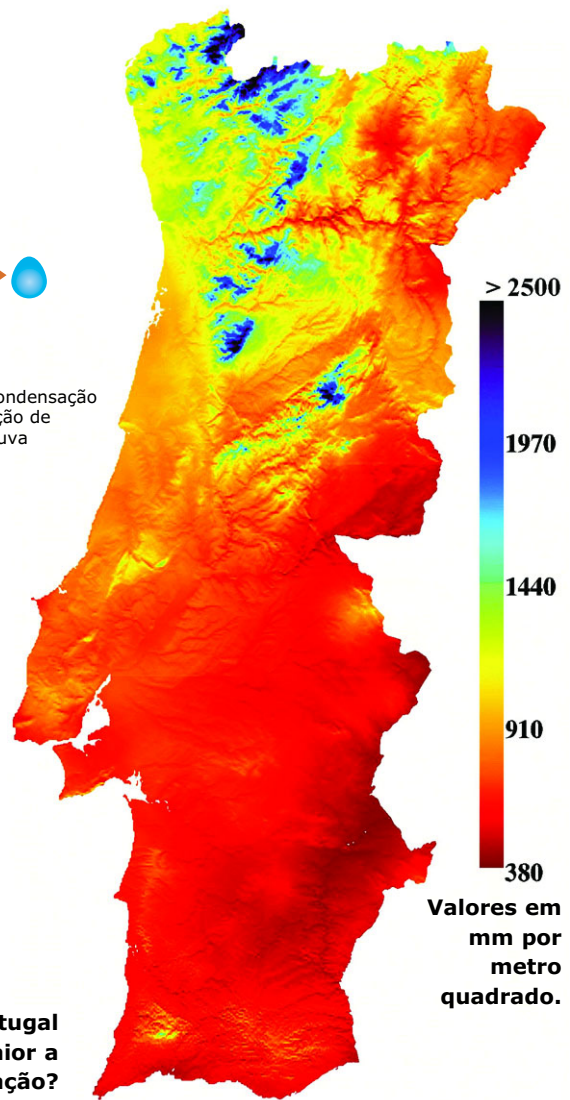
Uma outra forma de precipitação é a **saraiva**, que ocorre quando se forma **gelo** em torno de pequenas gotas de chuva.



Uma precipitação de 10 mm por metro quadrado (ou 10 litros por metro quadrado) significa que caiu chuva suficiente para encher um recipiente com um metro quadrado de base até à altura de 10 mm.



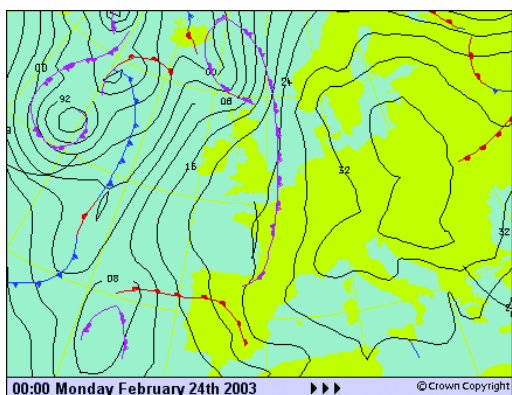
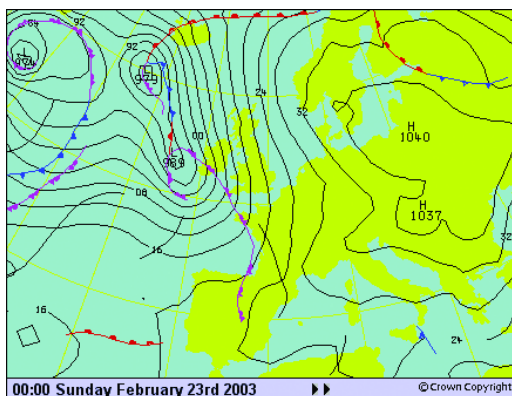
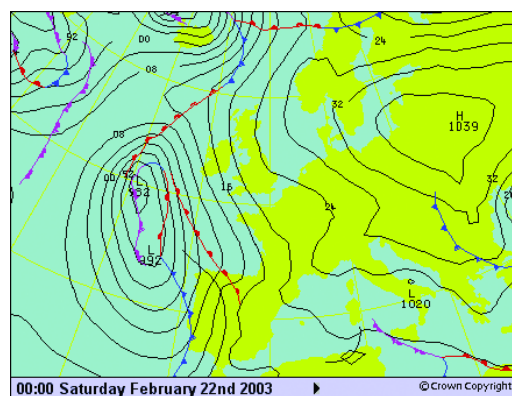
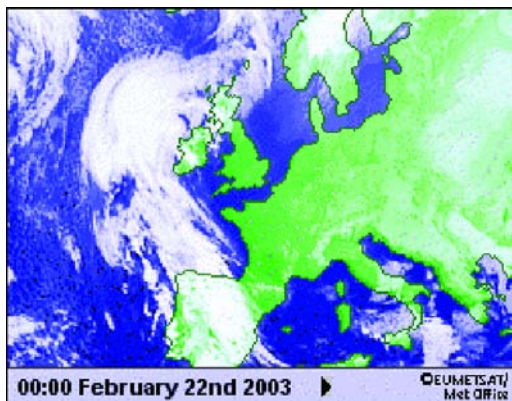
Cúmulos-nimbos observados do espaço.



Precipitação média anual em Portugal continental. Em que regiões é maior a precipitação?



Questões



1 A figura ao lado é uma **imagem de satélite** (em cores falsas) da Europa no dia 22 de Fevereiro de 2002 (disponível, tal como as imagens seguintes, em <http://www.met-office.gov.uk>).

Das **três cartas de superfície**, a **primeira** (22 de Fevereiro) corresponde à **imagem de satélite**. A **segunda** e a **terceira** são **cartas de previsão** para os dias seguintes (23 e 24 de Fevereiro).

- 1.1 Que tipo de **superfície frontal** está a **atravessar** o território de Portugal continental?
- 1.2 E que tipo de **superfície frontal** tinha acabado de **atravessar** o território de Portugal continental?
- 1.3 Na altura a que se refere a imagem de satélite estaria a **chover** na maior parte do território continental de Portugal?
- 1.4 Localiza o **centro de baixas pressões** mais próximo de Portugal continental.
- 1.5 Localiza o centro de **altas pressões** na Europa.
- 1.6 Em que regiões da **Europa** estava **céu pouco nublado** e tempo frio?
- 1.7 Qual seria a **direcção do vento** na costa portuguesa no dia 22?
- 1.8 Para o dia 23, **previa-se melhoria ou agravamento** do estado do tempo? Fundamenta a resposta.
- 1.9 Para o dia 24, **previa-se** que o território deveria ser **atravessado por outra frente**. **Identifica** essa frente.

2 Vais construir um **mapa de conceitos** com as ideias desta Unidade...

- 2.1 Faz uma **lista** dos conceitos principais.
- 2.2 **Escreve** em pequenos pedaços de papel ou de cartolina cada um desses conceitos.
- 2.3 Escolhe o **conceito mais geral** entre todos os da tua lista.
- 2.4 "**Arruma**" os pedacitos de papel com os nomes dos conceitos de modo a que a sua organização traduza as relações entre eles (os conceitos mais gerais surgem primeiro que os conceitos mais específicos).
- 2.5 **Cola** os pedacitos numa folha de papel, **unindo** os conceitos uns aos outros por **setas**, junto às quais escreves palavras tão simples quanto possível que traduzam a **ligação** entre eles.



Projectos

Estação meteorológica

Uma estação meteorológica é constituída por um conjunto de **instrumentos de medida** das condições atmosféricas. Os dados obtidos são regularmente registados e analisados.

Algumas escolas têm estações meteorológicas que podem ser utilizadas num projecto de registo e análise do tempo. Há à venda em Portugal **estações meteorológicas completas**, algumas com ligação a computador, directa ou por rádio, para automatização dos registos. Podes ver algumas destas estações, por exemplo, em http://www.jroma.pt/meteorologia_bio.htm. Pode ser que a tua escola se candidate a um projecto para adquirir uma destas estações! Nesse caso, podem também fazer uma **página na Internet**, como a que fizeram os alunos do **Clube de Ciência & Tecnologia da Escola de Stº António E. B. 2,3 na Parede** e que tem muitas informações sobre meteorologia, clima, instrumentos de medida das condições atmosféricas, etc.

Uma estação meteorológica também pode ser feita com a "prata da casa", isto é, com **equipamentos rudimentares** improvisados. Claro que a precisão não é tão boa com este tipo de instrumentos... Na página <http://www.metoffice.com/education/curriculum/leaflets/es15.html>, do serviço meteorológico inglês, encontrares sugestões (em inglês, com ilustrações) para construir alguns destes instrumentos.

Estação meteorológica que transmite dados (pressão atmosférica, precipitação, humidade e temperatura, ponto de orvalho, direcção e velocidade do vento, intensidade de radiação solar, etc.) por rádio até uma distância de 250 m.



Um anemómetro rudimentar. Para mais informação sobre como construir este e outros instrumentos, consulta a página



<http://www.metoffice.com/education/curriculum/leaflets/es15.html>, do serviço meteorológico inglês.

<http://atelier.uarte.mct.pt/rota-do-tempo/>

The screenshot shows a web browser window with the address <http://atelier.uarte.mct.pt/rota-do-tempo/>. The page content includes:

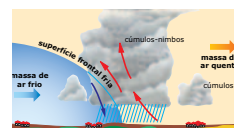
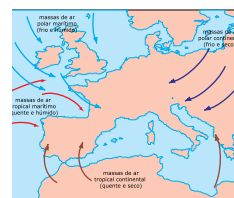
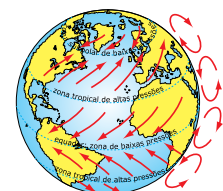
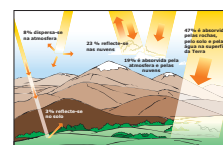
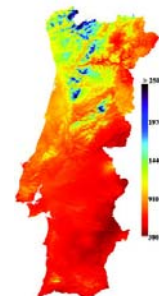
- Header: "Na Rota do Tempo" repeated twice.
- Image: A photograph of a weather station on a roof with a wind vane and other sensors.
- Section: "CÍRCULO DE METEOROLOGIA" with text describing a school club project.
- Section: "Estação Meteorológica 'Na Rota do Tempo'" with a "Localização" box containing:
 - Latitude: 38° 41' 40" Norte
 - Longitude: 9° 20' 48" Oeste
 - Altitude: 13m
- Text: "Esta Estação, financiada pelo Ministério da Ciência e Tecnologia, surge do Programa Ciência Viva, foi inaugurada a 11 de Dezembro de 2000."
- Logo: "ciência viva" logo.
- Text: "AGÊNCIA NACIONAL PARA A CULTURA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA".

Página na Internet do Círculo de Meteorologia do Clube de Ciência & Tecnologia da Escola de Stº António E. B. 2,3 na Parede.

Síntese das ideias principais



- 1 O **estado do tempo** ou **tempo meteorológico** corresponde às condições atmosféricas na **troposfera** (a camada baixa da **atmosfera**), incluindo temperatura, precipitação, vento e humidade do ar, que se registam num dado lugar e num dado momento.
- 2 O **clima** corresponde às condições gerais do tempo durante um período mais ou menos longo.
- 3 O estado do tempo está relacionado com os **movimentos das grandes massas de ar**, quentes ou frias, secas ou húmidas.
- 4 O **efeito de estufa** consiste na retenção pela atmosfera da radiação infravermelha, devido à presença de certos gases na atmosfera (como o dióxido de carbono). O efeito de estufa provoca o **aumento da temperatura média da Terra (aquecimento global)**.
- 5 O **aumento excessivo** dos gases causadores do efeito de estufa na atmosfera provém da **utilização de combustíveis fósseis** e da **actividade industrial**.
- 6 A **pressão atmosférica** mede-se com **barómetros** e exprime-se em **pascais** no SI mas as unidades mais correntemente utilizadas são o **milibar** ou **hectopascal** (100 hPa) e o **milímetro de mercúrio**.
- 7 A **circulação global do ar na atmosfera** deve-se à variação da intensidade da radiação solar com a latitude e à rotação da Terra.
- 8 A **precipitação** (chuva, neve) depende da humidade do ar e dá-se quando há condensação do vapor de água. Quando **chove**, a **temperatura sobe**, porque a água, na passagem de vapor a líquido, cede energia ao ambiente.
- 9 No **ponto de orvalho**, a humidade relativa é 100% e o ar está saturado de vapor de água. A humidade relativa é determinada com **higrómetros**.
- 10 Nas **cartas do tempo** estão assinaladas as linhas isóbaras, que ligam os pontos da superfície da Terra onde a pressão atmosférica é igual.
- 11 Nos **centros de alta pressão** ou anticlones há, em geral, bom tempo. Pelo contrário, nos **centros de baixa pressão** ou depressões há mau tempo.
- 12 A quantidade de precipitação diminui com a velocidade com que o sistema de nuvens se desloca (é máxima se as nuvens estiverem paradas) e aumenta com a rapidez da passagem da água gasosa (vapor) a água líquida.
- 13 A **previsão do tempo** é segura para dois a três dias, incerta para uma semana e tecnicamente impossível para prazos mais longos. Os meteorologistas utilizam dados de muitas estações meteorológicas, dados recolhidos por balões meteorológicos e fotografias tiradas pelos satélites meteorológicos.





Teste

- 1 Em que **camada da atmosfera** ocorrem os fenómenos meteorológicos?
 - A Termosfera.
 - B Troposfera.
 - C Estratosfera.
 - D Mesosfera.

- 2 Quais são os **principais gases** que constituem a atmosfera terrestre?
 - A Azoto e hidrogénio.
 - B Azoto e oxigénio.
 - C Oxigénio e hidrogénio.
 - D Dióxido de carbono e vapor de água.

- 3 Em duas ou três frases simples, explica qual é a **diferença** entre clima e estado do tempo.

- 4 Indica três variáveis que influenciem o estado do tempo.

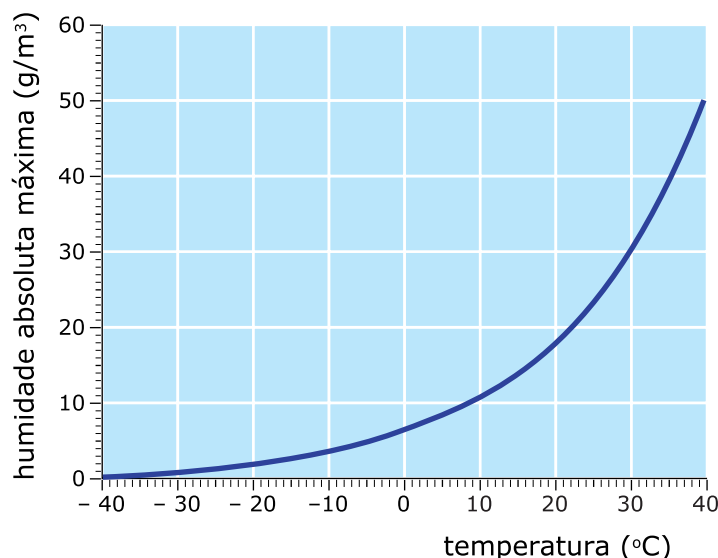
- 5 Explica, numa ou duas frases, o que é o **efeito de estufa**.

- 6 Se **não** existisse efeito de estufa, como seria a **temperatura média** da Terra: mais baixa ou mais elevada?

- 7 Porque razão tem **aumentado** o efeito de estufa nas últimas décadas?

- 8 Qual das seguintes **NÃO** é uma unidade de **pressão**?
 - A mm de mercúrio.
 - B pascal.
 - C newton.
 - D milibar.

- 9 Observa o **gráfico** ao lado.
 - 9.1 A que **temperatura** a **humidade absoluta máxima** é 16 g/m^3 ?
 - 9.2 **Explica** o significado deste valor.
 - 9.3 Numa **sala** de 100 m^3 com essa humidade absoluta, qual é a **massa** de vapor de água no ar?
 - 9.4 Nessa sala, o higrómetro marca 50%. **Quantos gramas de vapor de água** existem por m^3 ?



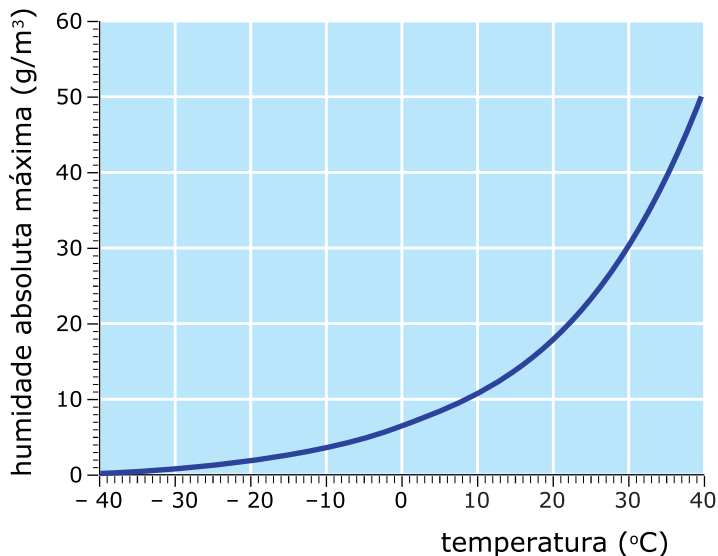
10 Observa novamente o gráfico. Num certo dia, a temperatura do ar é 10 °C e a humidade absoluta é 9 g/m³.

10.1 Será que a humidade absoluta nessas condições é 100%? Porquê?

10.2 Para que valor tem que descer a temperatura para que a humidade absoluta seja 100%?

10.3 A que temperatura se começa então a verificar a condensação do vapor de água?

10.4 Qual é o ponto de orvalho nessas condições?



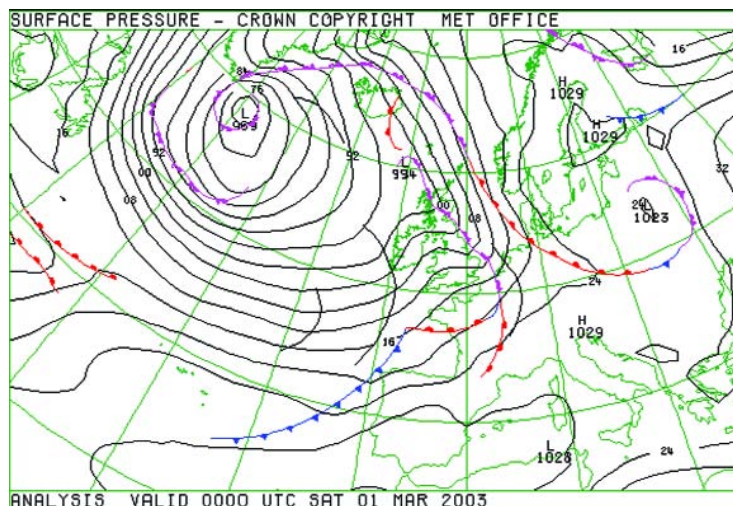
11 A figura representa uma carta de superfície num certo dia, na Europa.

11.1 Que tipo de **superfície frontal** está quase a **atravessar** o território de Portugal continental?

11.2 Localiza o **centro de baixas pressões** mais próximo de Portugal continental.

11.3 Localiza o centro de **altas pressões**.

11.4 Qual seria a **direcção do vento** na costa portuguesa nesse dia?



12 Em algumas cartas meteorológicas representam-se, em vez dos pontos em que é igual a pressão atmosférica, os pontos em que é igual a temperatura do ar à superfície (medida à sombra). Essas cartas chamam-se **cartas isotérmicas**. A figura ao lado é uma carta isotérmica mundial num certo mês.

12.1 Em que zonas da Terra é mais elevada a temperatura neste mês?

12.2 Onde é maior a temperatura média: no Pólo Norte ou no Pólo Sul?

12.3 A qual dos seguintes meses, Janeiro ou Julho, se deve referir esta carta? Porquê?

