

# *Latitudes e Longitudes*



Ministério da Ciência e da Tecnologia

**N**este caderno continuam-se as experiências e actividades introduzidas em *Onde estás? Materiais para Observar e Experimentar*, dirigindo-se a crianças a partir dos dez anos de idade. As experiências aqui apresentadas, juntamente com os instrumentos propostos no primeiro caderno, poderão servir para a realização de actividades experimentais e de observação ao nível do ensino básico. Recomenda-se a leitura prévia do primeiro caderno, assim como a realização das actividades e experiências aí propostas.

*A Unidade Ciência Viva agradece ao Prof. Rui Dilão a concepção deste trabalho. Ao Prof. Maurice Bazin e à Dr<sup>a</sup> Elisa Figueira que seguiram, testaram e discutiram, desde a primeira hora, as várias versões, os nossos maiores agradecimentos.*

#### Ficha Técnica

**Texto:** Rui Dilão

**Revisão e Sugestões:** Maurice Bazin, Elisa Figueira, Helena Fonseca, Carlos Rodrigues e equipa da Unidade Ciência Viva.

**Comentários ao texto:** Ana Teodoro, Dulce Marcelino, Suzana Andrade e Maria João Mora.

**Arranjo Gráfico:** FPGB design

**Teste de actividades em escolas:** E. S. Luísa de Gusmão (Lisboa), E. S. Rainha D. Amélia (Lisboa), E. S. José Régio (Vila do Conde), EB2,3 D. Manuel I (Alcochete) e Colégio de Quaios. Aos professores e alunos que colaboraram neste teste os nossos agradecimentos.

**Agradecimentos:** As figuras das páginas 2, 3 e 19 foram obtidas no arquivo fotográfico da NASA. As figuras do astrolábio, do sextante e da carta de 1502 foram cedidas pelo Museu da Marinha. Algumas das figuras da Terra foram cedidas por John Walker. O mapa da página 18 foi construído a partir dos dados 88-MGG-02, *Digital Relief of the Surface of the Earth*, NOAA, National Geographic Data Center, Boulder, Colorado, 1988. A estas entidades os nossos agradecimentos.

**Impressão:** Eurodois, Lda

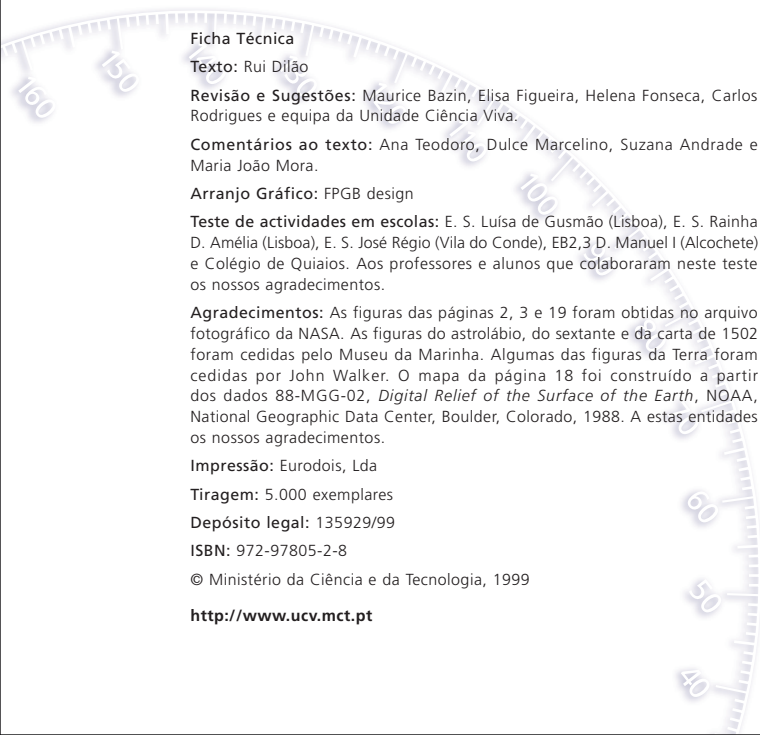
**Tiragem:** 5.000 exemplares

**Depósito legal:** 135929/99

**ISBN:** 972-97805-2-8

© Ministério da Ciência e da Tecnologia, 1999

<http://www.ucv.mct.pt>



**I**

A Terra gira à volta do Sol!

**II**

A rotação da Terra.  
Os dias, as noites e as estações do ano.

**III**

A Estrela Polar.

**IV**

Como viajar na Terra sem nos perdermos.  
Latitude e longitude.

**V**

A eclíptica.

**VI**

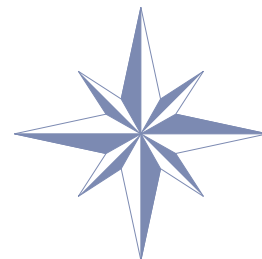
O GPS.

**VII**

O mapa da Terra.

**VIII**

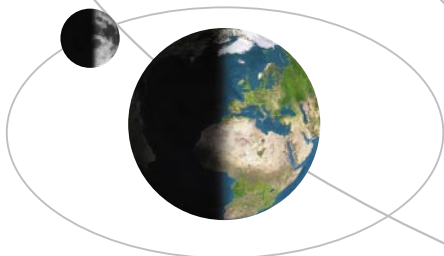
Medir a latitude e a longitude.



# A Terra gira à volta do Sol!

Cedo, habituámo-nos a observar que o dia se sucede à noite e que a noite se sucede ao dia. Porquê? Porque vemos o Sol nascer, percorrer o céu e iluminar-nos. Mas ao fim do dia ele desaparece por detrás dos montes ou no mar. Então, surgem as estrelas e a Lua, nascendo e desaparecendo para de novo dar lugar ao Sol.

As pessoas que viveram há muitos, muitos anos, pensavam que o Sol se movia em torno da Terra. Mas, há cerca de 450 anos, Nicolau Copérnico mostrou que a Terra se move em torno do Sol, e os dias se sucedem às noites e as noites aos dias, porque a Terra gira sobre si própria.



A Terra, no seu movimento em volta do Sol, percorre uma trajectória aproximadamente circular.  
A Lua roda em volta da Terra e acompanha-a no seu movimento em torno do Sol.

## O que pensas?

- Será que durante o dia não conseguimos ver as estrelas apenas porque a luz do Sol é muito intensa?

## Observação

- Observa o céu com atenção durante o lusco-fusco e vê as estrelas a ficarem cada vez mais nítidas.

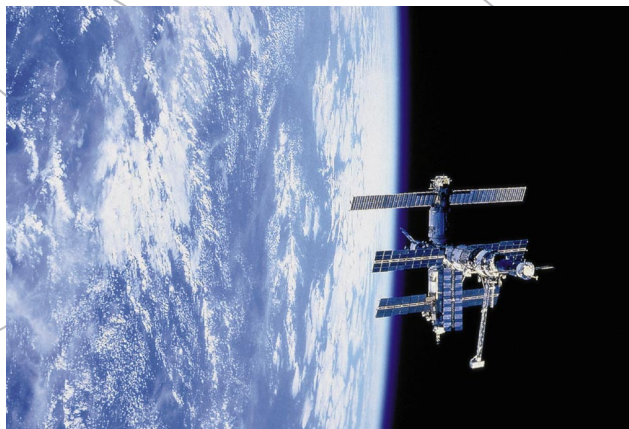


Nicolau Copérnico nasceu no ano de 1473 na Polónia, na altura em que os Portugueses acabavam de descobrir a costa Africana até ao golfo da Guiné.

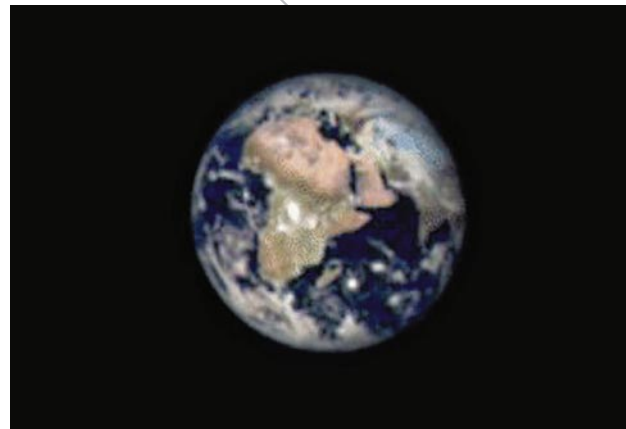
Copérnico dedicou-se ao estudo da medicina, das leis e da astronomia.

Foi Copérnico quem pela primeira vez apresentou provas convincentes de que a Terra gira em torno do Sol. Escreveu as suas ideias no livro *Sobre a Revolução dos Corpos Celestes*, publicado no ano de 1543, em Nuremberga, na Alemanha. Neste ano, reinava em Portugal D. João III e os Portugueses começavam a aventurar-se para o Japão.

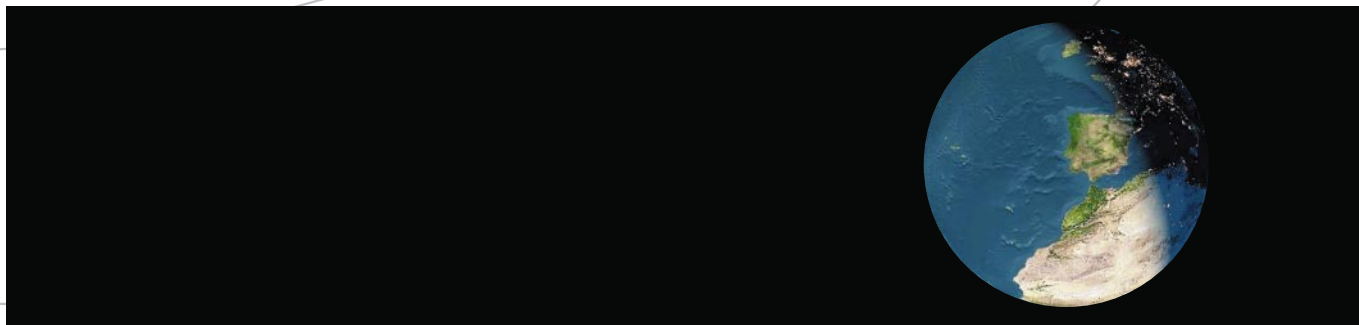
Hoje, com os foguetões e as naves espaciais, podemos nos afastar muito da Terra e observar que ela se desloca em torno do Sol, dando uma volta completa em aproximadamente 365 dias e 6 horas. Das naves espaciais podemos ainda fotografar a Terra e olhar para mais longe no universo.



Estação espacial orbitando em torno da Terra. O movimento desta estação orbital em torno da Terra é muito semelhante ao movimento da Lua em torno da Terra. A Lua está apenas mais longe.



Assim como da Terra se vê a Lua, da Lua também se vê a Terra. Esta fotografia da Terra foi tirada da nave espacial *Clementine* quando esta se encontrava perto da Lua.



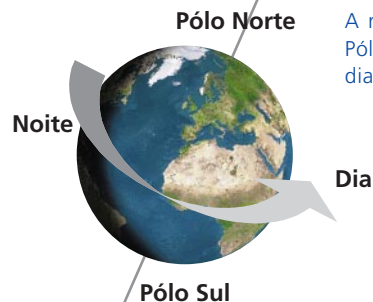
Terra vista do espaço, a 1000 km de altitude, na vertical de Lisboa.

O ano tem 365 dias e 6 horas, que é aproximadamente o tempo que a Terra demora a dar uma volta em torno do Sol. Por isso, no nosso calendário existem anos com 365 dias e anos com 366 dias. Os anos com 366 dias designam-se por anos bissextos. Sabendo que o ano de 1996 teve 366 dias e 1997 teve 365 dias, sublinha na lista seguinte os anos com 366 dias.

1995   1996   1997   1998   1999   2000   2001   2002   2003   2004   2005   2006   2007   2008

# A rotação da Terra. Os dias, as noites e as estações do ano

A Terra roda em torno de um eixo imaginário que liga o Pólo Norte ao Pólo Sul, e ao fim de 24 horas dá uma volta completa sobre si mesma. Assim, de 24 em 24 horas há um dia e uma noite.

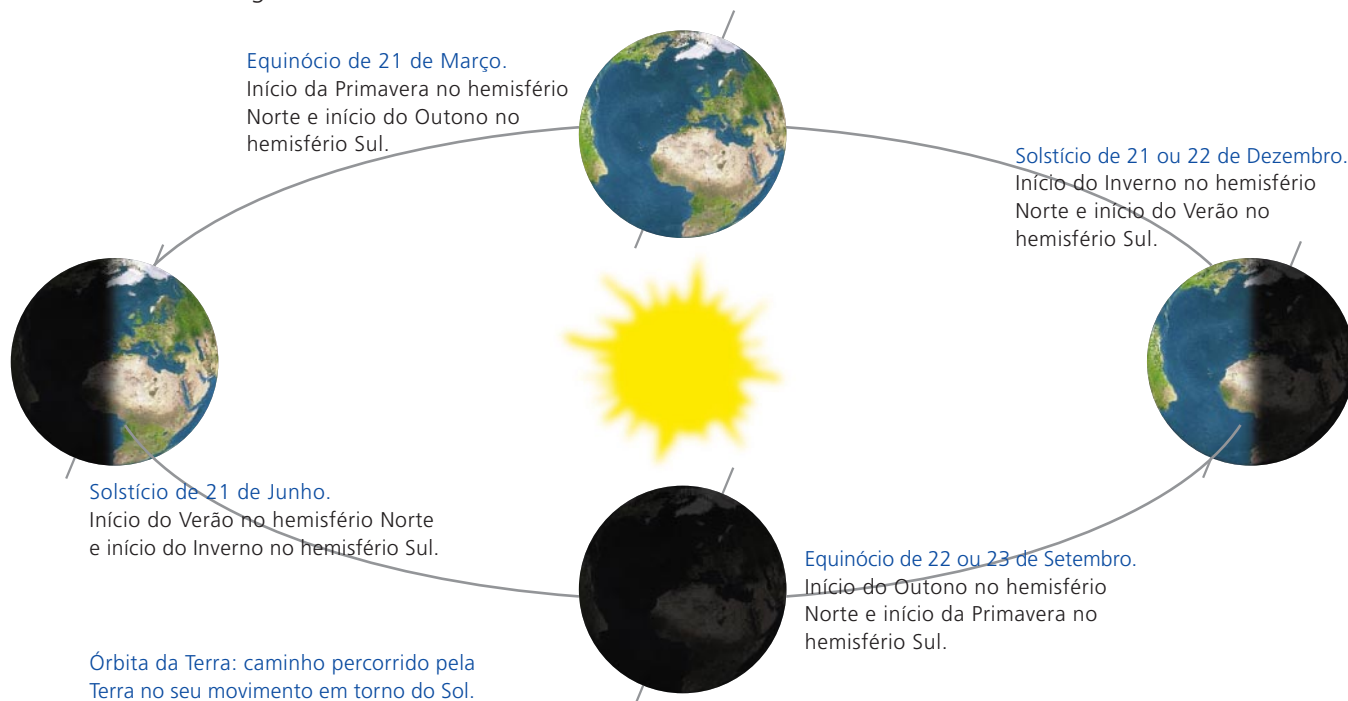


A rotação da Terra em torno do eixo Pólo Norte-Pólo Sul, faz a sucessão dos dias e das noites.



Durante o movimento de rotação da Terra em torno do Sol, o eixo Pólo Norte-Pólo Sul mantém-se a apontar na mesma direcção.

Se fizesses uma viagem espacial para longe da Terra, do Sol e da Lua, verias, ao longo de um ano, a Terra a movimentar-se da seguinte maneira:



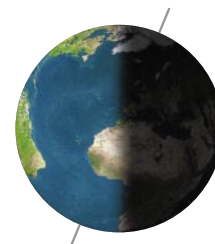
Se imaginares que a órbita da Terra está num plano — o plano da órbita da Terra — então o eixo norte-sul está inclinado  $23^{\circ}$  e 30 minutos em relação a esse plano e aponta sempre na mesma direcção. Como se vê na figura anterior, existe uma região ao longo da órbita da Terra em que o Pólo Norte não está iluminado pela luz do Sol, enquanto que o Pólo Sul recebe luz. Nessas alturas é Inverno no hemisfério Norte e Verão no hemisfério Sul. Quando o Pólo Norte fica mais inclinado na direcção do Sol começa o Verão no hemisfério Norte: é o solstício de Junho, o dia com mais horas de luz no hemisfério Norte.

A Terra roda em torno do Sol e o seu eixo está inclinado em relação ao plano da órbita da Terra. São estes factos que fazem com que haja Verão e Inverno nas regiões acima e abaixo dos trópicos de Câncer e Capricórnio. Na região equatorial, as diferenças entre Verão e Inverno são menos acentuadas.

Se nos solstícios olhasses para a Terra e para o Sol de uma nave espacial, ao nível do plano da órbita da Terra, verias o seguinte:



Solstício de Junho



Solstício de Dezembro

A trajectória do movimento da Terra em torno do Sol só é aproximadamente circular. De facto, existe uma altura do ano em que a Terra está mais próxima do Sol. É no dia 4 de Janeiro, em pleno Inverno no hemisfério Norte!

## *Actividade*

- Coloca um candeeiro em cima de uma mesa de modo a iluminar o teu globo terrestre. Roda o globo lentamente em torno do eixo imaginário que passa pelo Pólo Norte e pelo Pólo Sul.
- Em que regiões do globo terrestre é dia e em que regiões é noite?
- Tenta determinar aproximadamente as horas em vários sítios das regiões iluminadas e escuras do teu globo.
- Anda à volta da mesa com o globo terrestre e tenta imitar o movimento da Terra em volta do Sol, mantendo o eixo norte-sul sempre na mesma direcção. Quando é que é Verão ou Inverno em Lisboa?
- Qual é a posição da Terra (globo) em relação ao Sol (candeeiro) quando é meio dia em Lisboa nos dias: 21 de Dezembro, 21 de Março, 21 de Junho e 22 de Setembro.

# A Estrela Polar

Mas vamos agora olhar para mais longe no Universo!

No hemisfério Norte, se olharmos para o céu durante a noite, a intervalos espaçados, vemos que as estrelas se movem lentamente em torno da Estrela Polar. No hemisfério Sul, as estrelas movem-se todas em torno de uma região muito escura, que se designa por Saco de Carvão.

A Estrela Polar indica sempre a direcção do norte e só é visível no hemisfério Norte. O Saco de Carvão está na direcção do sul e só é visível do hemisfério Sul.

## O que pensas?

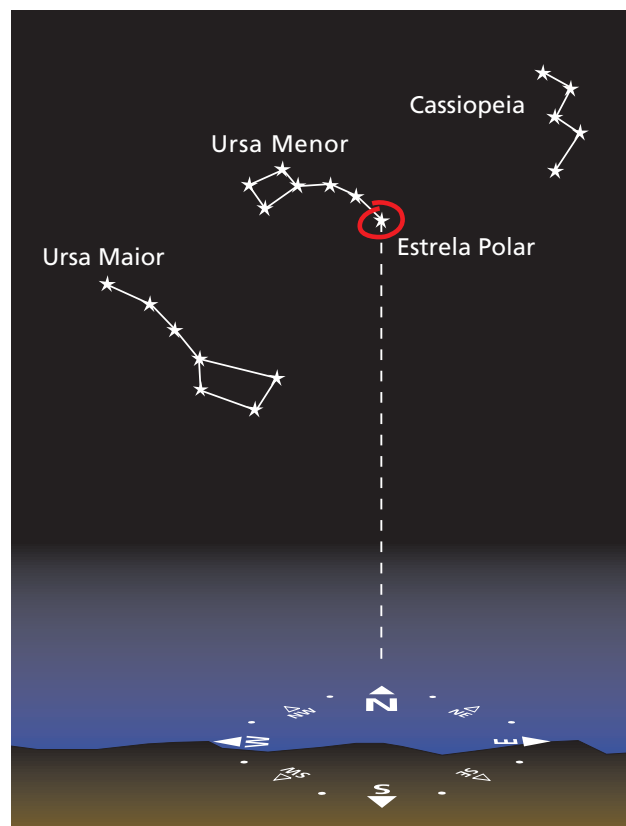
- Em que sentido roda a Terra em torno do seu eixo norte-sul?
- Porque é que vemos as estrelas a moverem-se no céu em torno da Estrela Polar?

## Observação

As constelações são grupos de estrelas que formam figuras imaginárias que mantêm aparentemente a mesma posição umas em relação às outras. A Estrela Polar é uma das estrelas da cauda da constelação da Ursa Menor.

No céu de Portugal podes encontrar a Ursa Maior, a Cassiopeia e a Ursa Menor, entre outras. Se observares o céu a partir de um sítio escuro poderás vê-las facilmente. A mais difícil de encontrar é a Ursa Menor pois a luz das suas estrelas é mais fraca. Começa por encontrar a Ursa Maior e a Cassiopeia. Em seguida, tenta encontrar a Ursa Menor, sabendo que a posição relativa das três constelações aparece como na figura. Se tiveres o teu nocturlábio contigo, podes medir a hora.

Se voltares a olhar para estas constelações uma hora mais tarde, verás que elas rodaram em torno da Estrela Polar. Agora, podes medir a hora outra vez com o teu nocturlábio e verás que de facto passou uma hora.





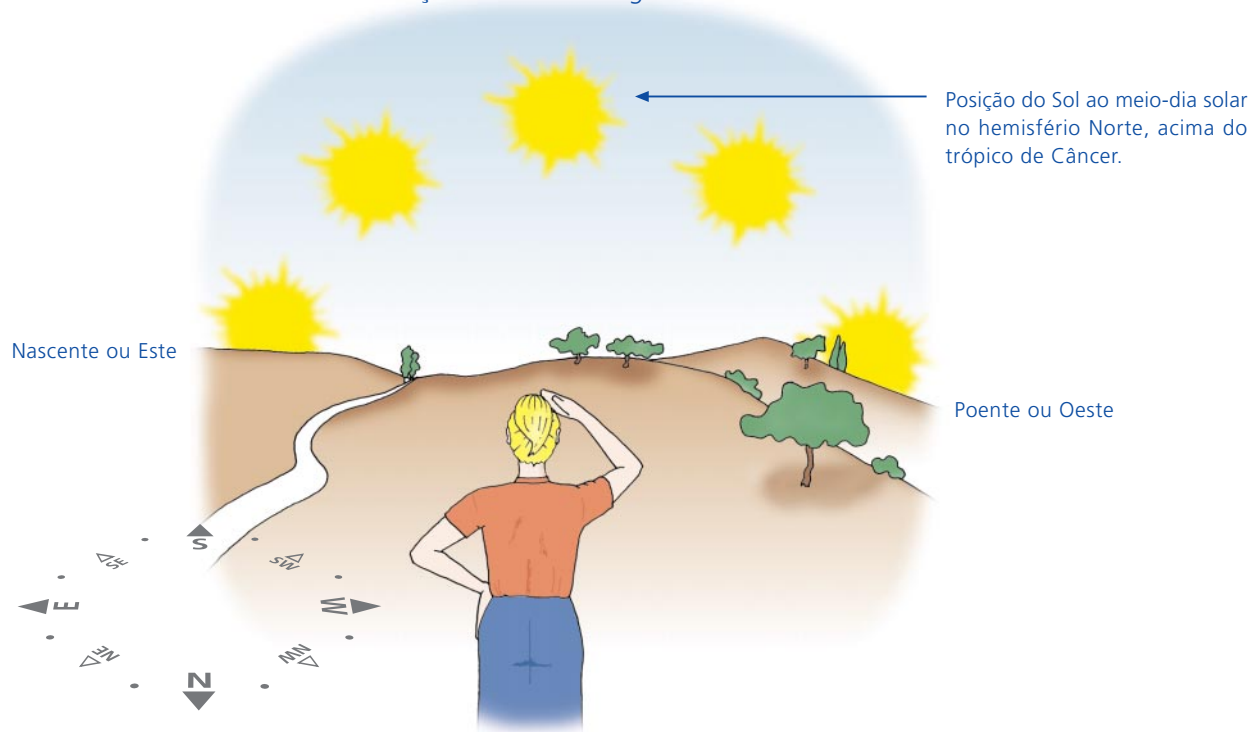
# Como viajar na Terra sem nos perdermos. Latitude e longitude

Olhando para o horizonte, sabendo a direcção do nascer e do pôr do Sol é possível saber em que direcção caminhamos. Para voltar para trás basta dar meia volta e seguir na direcção contrária.

Quando andamos em terra, isto é simples. Basta fixar um ou vários pormenores no horizonte e fazer o caminho inverso, mudando os pontos de referência da direita para a esquerda e da esquerda para a direita.

Claro está que se tiveres uma bússola podes saber a direcção do norte e do sul, e dos outros pontos cardeais. Mas também é possível orientarmo-nos sem bússola, pois, por exemplo, em Portugal, o Sol do meio-dia solar indica-nos sempre o sul.

## Posição do Sol ao longo do dia



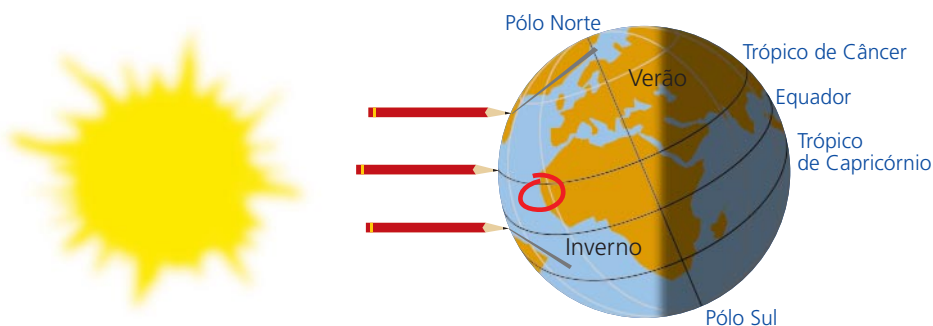
Orientarmo-nos de noite, no deserto ou no mar é mais difícil, pois não vemos pontos de referência no horizonte. No hemisfério Norte, a Estrela Polar, visível à noite, indica-nos sempre a direcção do norte. Isto é, quando nos viramos para a Estrela Polar, o Sol vai nascer sempre à nossa direita e pôr-se à nossa esquerda.

Quem habite em Cabo Verde, que fica entre o trópico de Câncer e o equador, continua a ver a Estrela Polar para norte. Mas, dependendo da estação do ano, o Sol do meio-dia pode estar para norte ou para sul do sítio onde estamos.

Se fizermos uma viagem ao hemisfério Sul da Terra, como fizeram os navegadores portugueses a partir do século XV, já não vemos a Estrela Polar. Mas, o Saco de Carvão, indica-nos sempre a direcção do sul.

## Actividade

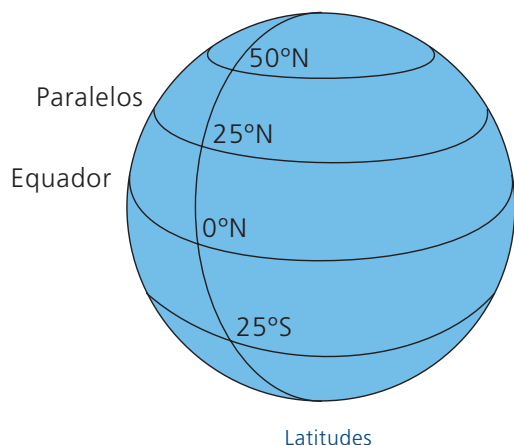
- Localiza Cabo Verde no globo terrestre. Porque é que os habitantes de Cabo Verde vêm umas vezes o Sol do meio-dia a norte e outras vezes a sul?
- Encontra no globo terrestre o equador e o eixo norte-sul. Ilumina com um candeeiro o globo terrestre e inclina ligeiramente o eixo norte-sul para a luz de maneira a que a região em torno do Pólo Norte, delimitada pelo círculo polar Ártico, fique iluminada. Coloca um lápis encostado ao globo e fá-lo andar sobre o balão, na vertical.
- Como vês, existe um ponto em que o lápis não tem sombra. Procura agora o trópico de Câncer no globo e coloca aí o lápis. Inclina o eixo norte-sul de modo a que não exista sombra quando o lápis está sobre o trópico de Câncer. O eixo do teu balão está agora inclinado  $23^\circ$  e 30 minutos em relação à vertical. Para quem esteja no ponto da Terra onde o lápis encontra o globo e veja o Sol na posição do candeeiro é meio-dia do dia 21 de Junho!
- Se andares com o lápis para norte, a sua sombra indica a direcção do norte, estando o Sol para sul. Se andares com o lápis para sul, a sua sombra indica a direcção do sul, porque o Sol do meio-dia está para norte.



- Mas se a inclinação do eixo do globo terrestre for no sentido contrário, de modo a ser Inverno no hemisfério Norte, a sombra do lápis ainda indica o norte, em Cabo Verde e em Lisboa.
- Assim, quem veja o Sol do meio-dia para norte ou para sul, em diferentes épocas do ano, habita entre o trópico de Câncer e o trópico de Capricórnio.
- A resposta à nossa pergunta é simples: como o eixo norte-sul da Terra está inclinado em relação ao plano da órbita da Terra, no primeiro dia do Verão, a sul do trópico de Câncer, o Sol do meio-dia aponta para norte. Mas no Outono, entre o equador e o trópico de Câncer, o Sol do meio-dia aponta para Sul.

Eratóstenes nasceu há 2274 anos na cidade de Cirene, na actual Líbia. Enquanto dirigia a famosa Biblioteca de Alexandria no Egipto, descobriu que no solstício de Junho, no hemisfério Norte, um pau colocado na vertical na cidade de Siena, 800 km a sul de Alexandria, não tinha sombra ao meio-dia. Foi ele que conseguiu determinar, com base em experiências com a sombra de paus, o comprimento do equador da Terra e começou a incluir os anos bissextos no calendário grego.

Foi a observação da regularidade do movimento da Terra em volta do Sol que permitiu aos astrónomos e geógrafos encontrar métodos práticos para determinar a nossa posição sobre a Terra.



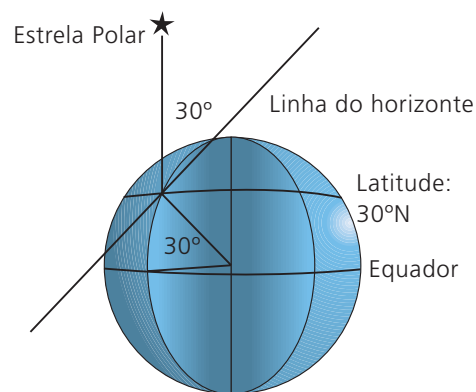
Os pontos mais a norte e mais a sul do equador são referenciados ao longo de linhas circulares paralelas desenhadas sobre a Terra. Essas linhas são os paralelos e a sua posição é medida em graus: o equador é a linha de zero graus, o Pólo Norte está a  $90^\circ$  N em relação ao equador, e o Pólo Sul a  $90^\circ$  S em relação ao equador. A medida da posição norte-sul chama-se latitude.

A latitude do trópico de Câncer é de  $23^\circ 30'$ , precisamente igual à inclinação do eixo da Terra em relação ao plano da sua órbita em torno do Sol!

Para determinar a latitude de um lugar durante o dia, é necessário saber, para além do ângulo que o Sol ao meio do dia faz com o horizonte, a data e a nossa posição aproximada sobre a Terra: é preciso saber se estamos no hemisfério Norte ou no hemisfério Sul e qual a nossa posição em relação aos trópicos. No hemisfério Norte a inclinação da Estrela Polar é a latitude de um lugar.

A latitude de um lugar é a medida do ângulo que se percorre quando se vai do equador até ao paralelo que passa por esse lugar, perpendicularmente ao equador. Esse ângulo é igual ao ângulo que a Estrela Polar faz com o horizonte, a qualquer hora.

Medir a latitude é simples, pois no céu nocturno do hemisfério Norte da Terra, a Estrela Polar está sempre presente.



## Experiência

- Com o teu quadrante mede o ângulo que a Estrela Polar faz com o horizonte. Esse ângulo é a latitude do lugar onde te encontras.
- Com o teu transferidor, mede o ângulo que a palhinha do teu relógio de sol faz com a horizontal. Esse ângulo deverá ser aproximadamente igual à latitude do lugar.



Astrolábio português do século XVII.

Foi com base em experiências com a sombra de paus e com muitas observações da posição do Sol e da Estrela Polar que se inventaram instrumentos para medir a nossa posição à superfície da Terra.

Com o astrolábio ou o quadrante pode saber-se se está mais a norte ou mais a sul, medindo o ângulo que a Estrela Polar faz com o horizonte, ou medindo a inclinação do Sol em relação ao horizonte.

Foram estes instrumentos que permitiram, a partir do século XV, o início das grandes aventuras pelos mares, possibilitando o regresso ao porto de partida, assim como a repetição das mesmas viagens.

Foi durante o século XVI que o matemático português Pedro Nunes desenvolveu instrumentos que permitiram aos navegadores traçar com precisão os mapas das rotas oceânicas.



A versão moderna do astrolábio e do quadrante é o sextante, ainda hoje utilizado por todos os barcos que percorrem os mares.

## *Experiência*

- Com o teu quadrante e o teu transferidor, mede a altura do Sol ao meio-dia solar. Compara os valores dos ângulos obtidos. Podes determinar o meio-dia solar com a ajuda do teu relógio de sol.

Pedro Nunes nasceu em Alcácer do Sal, no ano de 1502. Viveu em pleno apogeu dos Descobrimientos Portugueses e, em 1529, foi nomeado cosmógrafo real por D. João III.

Pedro Nunes inventou vários instrumentos astronómicos para a resolução de alguns problemas da navegação, como o anel náutico, o instrumento de sombras e o nóvio. Os dois primeiros permitem determinar a altura do Sol, e o terceiro, quando adaptado ao quadrante, permite medir fracções do grau e dá com grande rigor a altura de uma estrela.

Alguns destes instrumentos foram experimentados com êxito por D. João de Castro, nas suas viagens a Goa e ao mar Vermelho. O nóvio foi utilizado e adaptado na construção de dois quadrantes pelo astrónomo Tycho Brahe, cujas observações astronómicas estão na base da descrição moderna do movimento dos planetas, a partir do final do século XVI.

Já sabemos determinar posições mais a norte ou mais a sul sobre a Terra, isto é, sabemos determinar a latitude de um lugar. Para determinar completamente a nossa posição sobre a Terra é necessário saber se estamos mais a este ou a oeste, isto é, precisamos de saber a longitude. Agora, o Sol e as estrelas não nos podem ajudar.

A ideia de determinar a nossa posição este-oeste veio do Egipto, do astrónomo grego Ptolomeu, que nasceu há cerca de 2170 anos. Ptolomeu lembrou-se de passar pelo Pólo Norte e pelo Pólo Sul círculos verticais a que chamou meridianos. A posição destes meridianos era medida em relação ao meridiano dos Zero Graus que passava num ponto escolhido sobre o equador. Para Ptolomeu o meridiano zero passava pelas ilhas Canárias. Mas como esta decisão é arbitrária, ao longo da história, reis e ministros foram fazendo passar o meridiano dos Zero Graus pelos Açores, Cabo Verde, Roma, Paris, Pisa, Filadélfia e Londres. Hoje passa pelo Observatório de Greenwich, a este de Londres.

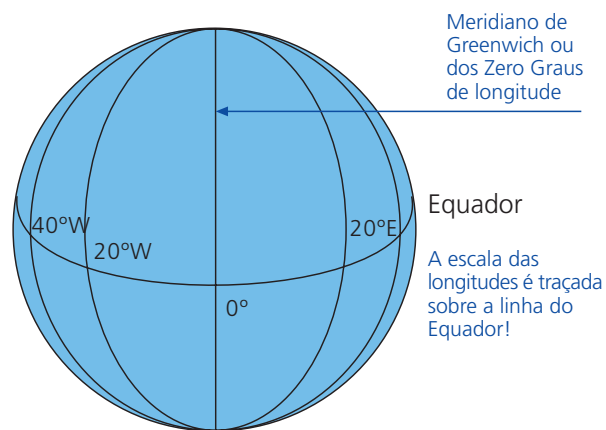
Para se determinar a longitude de um lugar, não basta definir os meridianos, são necessários instrumentos para o fazer. Uma possibilidade é através da medição do tempo, ou seja, com a ajuda de um relógio.

A determinação da longitude de um lugar baseia-se no facto de a Terra dar uma volta completa em torno do seu eixo norte-sul em aproximadamente 24 horas. Para isso é necessário saber a diferença horária entre o meio-dia solar do local e de um ponto de referência, determinado pela altura máxima do Sol nos dois locais. Como a Terra faz uma rotação completa sobre si mesma (360 graus) em 24 horas, por cada hora de diferença entre o meio-dia do ponto onde estamos e do ponto de referência, foram percorridos 15 graus para este ou para oeste.

Por exemplo, para determinar a longitude no mar basta sair do porto com um relógio que não se desacerte e, ao meio-dia local, determinar a hora no porto de partida. Com a ajuda das tábuas de navegar que têm as horas do meio-dia no porto de partida, para todos os dias do ano, os pilotos podem calcular a diferença horária entre o meio-dia solar do ponto em que estão e o do porto de partida. Por cada hora de diferença horária, estão mais ou menos 15 graus para este ou oeste em relação ao porto de partida.

Como podemos saber a latitude, pelo ângulo que o

Sol faz com o horizonte ao meio-dia ou, durante a noite, pelo ângulo que a Estrela Polar faz com o horizonte, sabemos o paralelo em que nos encontramos. Assim, sabendo o paralelo e o meridiano, podemos marcar sobre o globo terrestre a nossa posição.



Mas transportar um relógio num barco era uma tarefa complicada. Suportar os balanços dos navios, a humidade e as diferenças de temperatura, não era coisa fácil para os relógios dos séculos XV, XVI, XVII e XVIII.

Dos finais do século XV, altura em que Colombo chegou à América, até aos finais do século XVIII, o transporte de um relógio a bordo foi considerado como o problema mais difícil das ciências náuticas. As dificuldades encontradas por perda de rumo e por naufrágios foram tantas que, em 1598, o rei Filipe III de Espanha ofereceu um prémio para quem descobrisse um processo prático de determinar a longitude. Mais tarde, em 1714, o rei George III de Inglaterra, a pedido de navegadores e comerciantes, instituiu o prémio do Acto da Longitude para quem encontrasse a solução do problema da longitude.

A invenção do relógio que não se desacetava nos navios foi feita pelo artesão inglês John Harrison, em meados do século XVIII, e o primeiro teste náutico foi efectuado em 1736, numa viagem para Lisboa. A invenção de John Harrison só foi reconhecida em 1773, quando recebeu o prémio do Acto das Longitudes.

Só depois de 1773 é que se tornou possível determinar com precisão longitudes no mar. Até lá, a navegação era feita com grande risco, tendo ficado na história vários relatos de acidentes por perda de orientação. Muitas vezes, por segurança, os navegadores seguiam rotas ao longo de paralelos, mantendo sempre a mesma altura do Sol ao meio-dia. Foi o caso de Cristóvão Colombo que, em 1492, chegou à América navegando sempre ao longo de um paralelo.

Algumas latitudes e longitudes:

Lisboa: **38° 44' N, 9° 8' W**

Bragança: **41° 49' N, 6° 45' W**

Porto: **41° 8' N, 8° 22' W**

Açores: **38° N, 25° W**

Faro: **37° 1' N, 9° 5' W**

Madeira: **33° N, 17° W**

John Harrison nasceu em 1693, num ambiente rural, e aos 18 anos construiu um relógio de madeira. Em 1730, muda-se da sua aldeia natal para Londres e apresenta os planos para o seu relógio náutico a Edmond Halley, um dos mais famosos astrónomos da época. Os seus planos são acolhidos com cepticismo por Halley. Nos cinco anos seguintes Harrison dedica-se a construir o primeiro protótipo do relógio náutico. Este relógio, que ainda funciona perfeitamente no Museu de Greenwich, tinha cerca de 35 kg e quatro mostradores que indicavam o dia, as horas, os minutos e os segundos. Foi experimentado com sucesso pela primeira vez numa viagem do H. M. S Centurion para Lisboa, apresentando variações de alguns segundos por dia. Dos resultados da viagem a Lisboa, John Harrison esteve quase a ganhar o prémio do Acto das Longitudes, mas, para surpresa de todos, pediu que lhe fosse dado tempo para poder aperfeiçoar o seu protótipo. Harrison não estava contente com a precisão nem com as dimensões do seu relógio. Nos vinte e cinco anos que se seguiram, construiu mais três protótipos. Durante este tempo, Harrison foi apoiado pela Sociedade Real Inglesa e desenvolveu todos os mecanismos que estão na base dos relógios modernos.

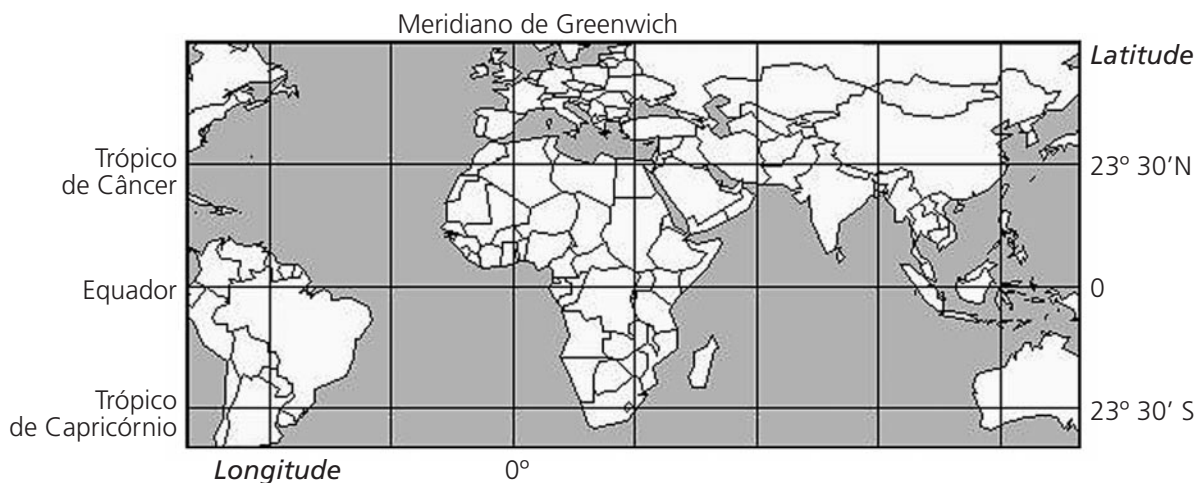
O quarto relógio só foi acabado em 1759, pesando cerca de 1,5 kg. Depois dos testes de navegação à Índia, John Harrison recebeu em 1773 o prémio do Acto das Longitudes, morrendo três anos depois.

Actualmente, o seu relógio de madeira e os quatro relógios náuticos ainda funcionam, prevendo-se que o último comece a apresentar problemas mecânicos daqui a quatrocentos anos!

Durante a época dos Descobrimentos os navegadores portugueses conseguiram fazer mapas das regiões descobertas apenas com o astrolábio, a bússola, um compasso, um globo terrestre e uma ampulheta. Um desses mapas é o planisfério de *Alberto Cantino*, de 1502.



Planisfério *Cantino* de 1502, com os meridianos e paralelos traçados.



Mapa actual com a mesma região do planisfério *Cantino*.

Comparando os dois mapas, facilmente se conclui que, no planisfério *Cantino*, as latitudes, ou seja as posições dos trópicos e do equador, estão bem determinadas. As longitudes não estão bem determinadas devido à inexistência de bons relógios. Estes mapas, que forneciam uma ideia aproximada da forma dos mares e continentes, foram uma ajuda preciosa para os navegadores e comerciantes.

## A determinação da latitude e da longitude por um navegador

Um navegador sai de Lisboa com um relógio que não se desacerta em relação a outro que fica no ponto de partida. Passados uns dias, quando o Sol está na sua posição mais elevada no céu (meio-dia solar), vê que horas são em Lisboa e determina, com o seu astrolábio, quadrante ou sextante, o ângulo que o Sol faz com o horizonte. O navegador determina, com a ajuda da bússola, se o Sol ao meio-dia está para norte ou para sul. Então, escreve num papel os seguintes dados, relativos ao meio dia solar do local onde se encontra:

**Altura e direcção do Sol ao meio-dia solar:**  $62^\circ$ , na direcção do sul.

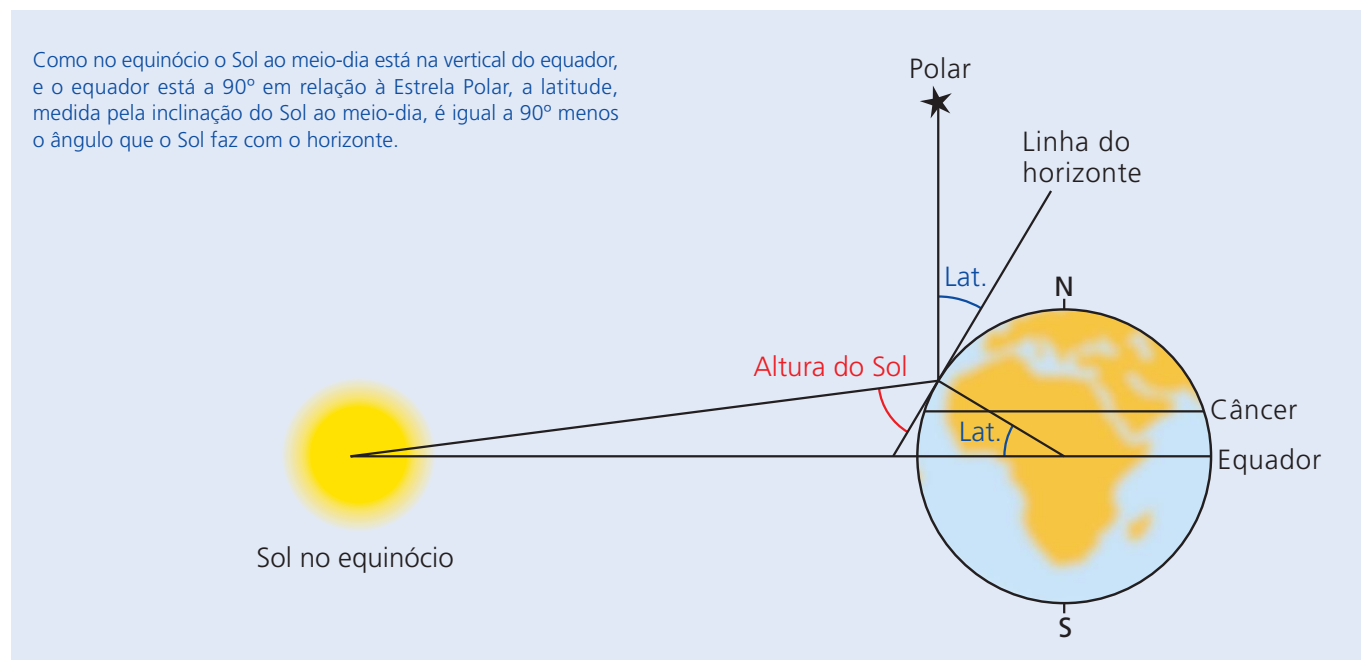
**Valor marcado pelo relógio com a hora de Lisboa:** 13 h 28 min.

**Data:** 22 de Julho.

**Latitude e longitude em Lisboa (porto de saída):**  $38^\circ 44' N$ ,  $9^\circ 8' W$ .

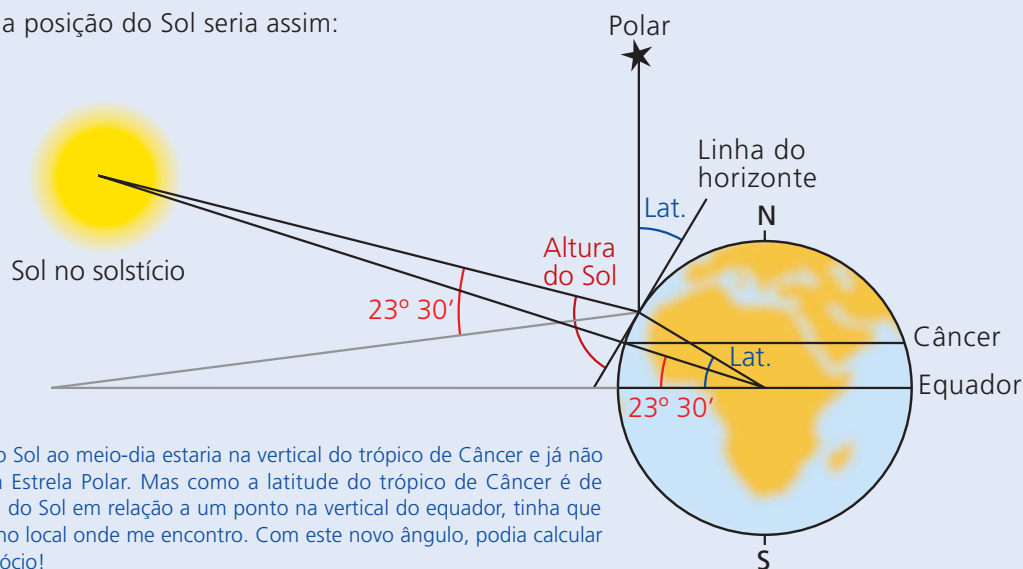
A partir destes dados, para saber a sua posição, o navegador vai pensar da seguinte maneira:

Calcular a latitude seria muito simples se estivesse num dos equinócios, em que o Sol ao meio-dia está na vertical do equador: como a direcção da Estrela Polar faz um ângulo de  $90^\circ$  em relação ao equador, a latitude seria dada directamente por  $90^\circ$  menos o ângulo que o Sol faz com o horizonte. Por outro lado, desde que saí de Lisboa, há já alguns dias, que o Sol do meio-dia esteve sempre para sul e portanto tenho de estar a norte do equador. Vejamos então qual será a posição do Sol no equinócio quando vejo o Sol do meio-dia para sul:





Se estivesse no solstício, a posição do Sol seria assim:



Se hoje fosse dia 21 de Junho, o Sol ao meio-dia estaria na vertical do trópico de Câncer e já não fazia um ângulo de  $90^\circ$  com a Estrela Polar. Mas como a latitude do trópico de Câncer é de  $23^\circ 30' N$ , para calcular a altura do Sol em relação a um ponto na vertical do equador, tinha que subtrair  $23^\circ 30'$  à altura do Sol no local onde me encontro. Com este novo ângulo, podia calcular a latitude como no dia do equinócio!

Como do solstício ao equinócio decorrem 92 dias, a altura do Sol ao meio-dia, em relação ao equador, varia  $15^\circ 20''$  por dia, que obtive dividindo  $23^\circ$  e  $30'$  por 92 dias. Ora, no dia 22 de Julho, 61 dias antes do equinócio, o Sol está entre o equador e o trópico, pelo que a altura do Sol em relação ao equador é  $15^\circ 20''$  vezes 61, ou seja,  $15^\circ 35'$ . Então, para calcular a latitude do lugar, tenho de descontar este ângulo ao que medi, como fiz para o dia do solstício. Assim, o ângulo para o cálculo da latitude é  $62^\circ$  menos  $15^\circ 35'$ , isto é,  $46^\circ 25'$ . Finalmente, posso calcular a latitude como no dia do equinócio:  $90^\circ - 46^\circ 25' = 43^\circ 35' N$ .

Para calcular a longitude tenho de saber a que horas foi o meio-dia solar em Lisboa e comparar com as horas a que ocorreu o meio-dia solar no ponto onde me encontro. Com a ajuda das tabelas náuticas que os astrónomos do meu porto de saída fizeram, sei que o meio-dia solar em Lisboa se deu às 12h e 43 min. Assim, no ponto onde me encontro o meio-dia solar deu-se 45 minutos mais tarde que em Lisboa. Como a Terra roda  $15^\circ$  por hora, a uma diferença horária de 45 minutos corresponde um ângulo de  $11^\circ 15'$ . Assim, como a Terra roda de Oeste para Este, estou a oeste do ponto de partida, na longitude  $9^\circ 8' + 11^\circ 15' = 20^\circ 23' W$ .

A posição do navegador sobre a Terra é  **$43^\circ 35' N$ ,  $20^\circ 23' W$** . Se marcares estas coordenadas no teu globo terrestre verás que o navegador está no oceano Atlântico Norte, a noroeste de Lisboa e a nordeste dos Açores.

## Actividade

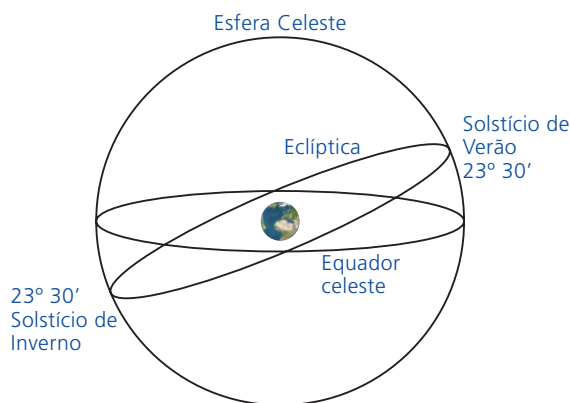
- Localiza no globo terrestre o sítio onde vives e determina aproximadamente a sua latitude e longitude.

# A eclíptica

Há mais de 2000 anos, os astrónomos egípcios e gregos, ao observarem o céu nocturno, aperceberam-se de que havia conjuntos de estrelas, as constelações, que mantinham aproximadamente as mesmas posições relativas. Então imaginaram que o Universo era uma esfera enorme com estrelas fixas. Chamaram-lhe Esfera Celeste e firmamento ao conjunto de todas as estrelas fixas. Hoje sabemos que não é assim. As estrelas do firmamento movem-se, mas estão tão longe que é muito difícil observar o seu movimento, mesmo com os telescópios mais poderosos.

Como a Terra se encontra no centro da Esfera Celeste, de 24 em 24 horas, aproximadamente, vêm-se as estrelas na mesma posição do firmamento. E o que se passa em relação ao Sol?

Se marcarmos sobre a Esfera Celeste a posição do Sol ao meio-dia durante um ano, ele vai descrever uma circunferência, inclinada  $23^{\circ} 30'$  em relação ao equador da Esfera Celeste. Esta órbita aparente do Sol na Esfera Celeste chama-se eclíptica. A inclinação da eclíptica é igual à inclinação do eixo Pólo Norte-Pólo Sul em relação ao plano da órbita da Terra.



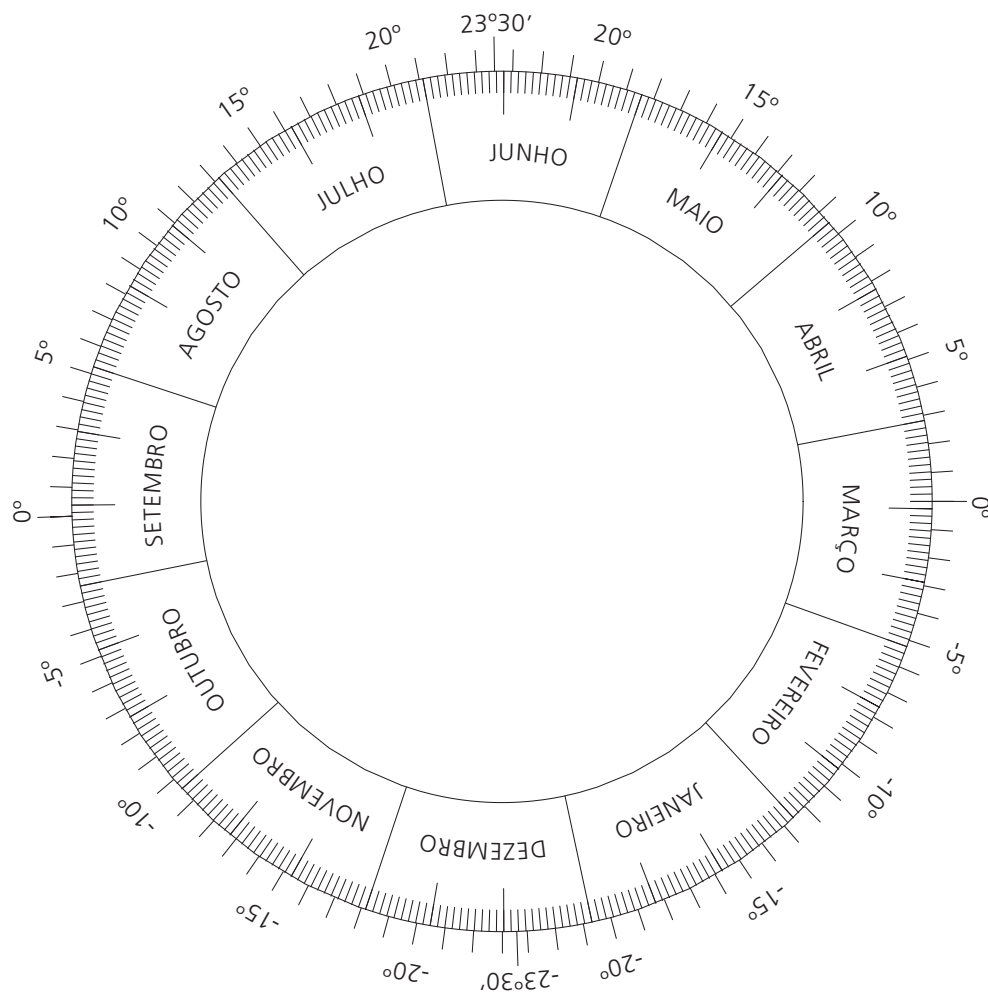
É no dia 21 de Março aproximadamente ao meio-dia, no ponto em que o equador cruza o meridiano de Greenwich, que o Sol, no seu movimento aparente em torno da Terra, cruza o equador Celeste. É a partir desse instante que os relógios são acertados, que se contam os dias, as noites e as épocas do ano. Para manter esta regularidade do movimento aparente do Sol em torno da Terra é necessário acertar o calendário de quatro em quatro anos, nos anos bissextos e, menos frequentemente, atrasar ou adiantar os relógios de alguns segundos. Por exemplo, por decreto papal do ano de 1582, o dia 5 de Outubro passou a ser 15 de Outubro. Na passagem do ano de 1999 para o ano 2000, os segundos finais do ano de 1999 deverão ser contados da seguinte maneira: ..., 5, 4, 3, 2, 1, 1, 0, ano 2000!

É o acerto da hora com as regularidades aproximadas do movimento dos corpos celestes que permite determinar latitudes e longitudes. Periodicamente, a União Astronómica Internacional reúne, apresentando os valores medidos da inclinação da eclíptica e da duração do ano. Com estes valores, pode-se prever aproximadamente o meio-dia solar em vários pontos da Terra. Por exemplo, para o ano 2000, a eclíptica faz um ângulo de  $23^{\circ} 26' 21''$  com o equador celeste, a Terra roda em média  $15^{\circ} 2' 28''$  por hora e o ano tem uma duração aproximada de 365d 5h 58m 54s.

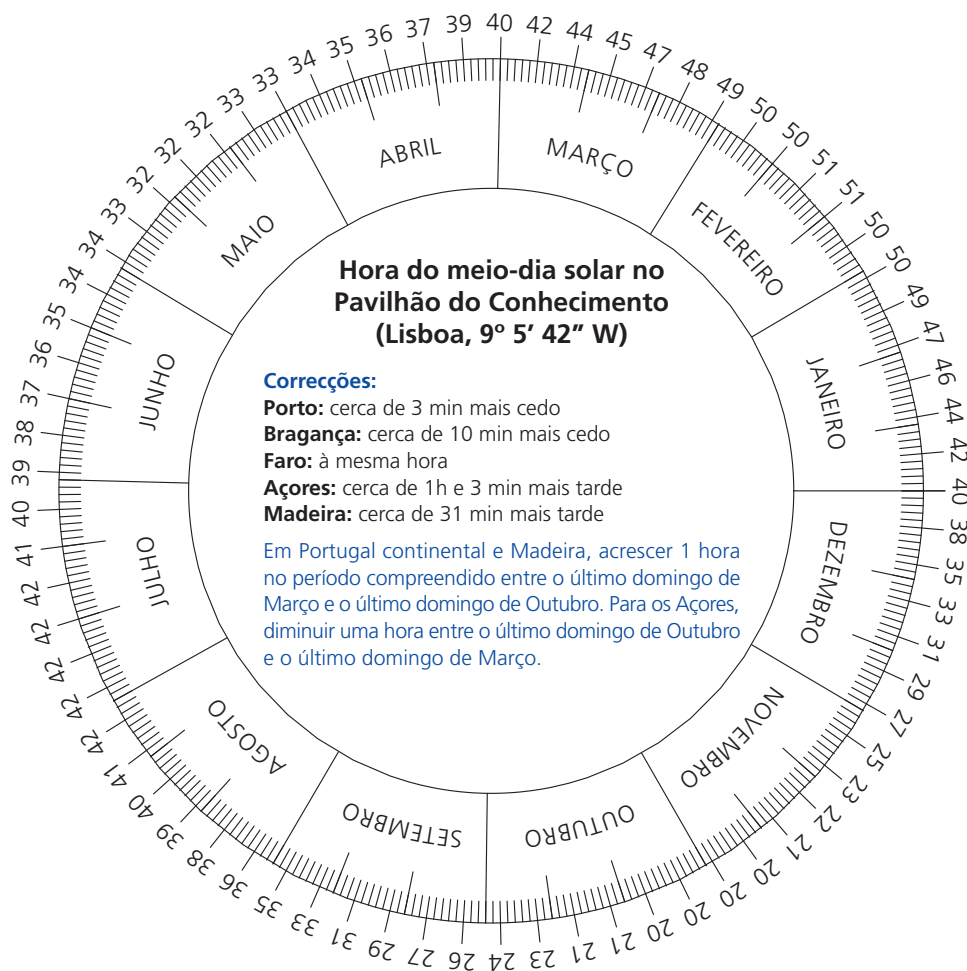
É com a informação sobre o movimento aparente do Sol na esfera celeste que os astrónomos preparam tabelas náuticas para os navegadores. Por exemplo, para determinar a latitude de um lugar em qualquer dia do ano, um navegador tem que saber a altura do Sol ao meio-dia ao longo da eclíptica. Assim, os astrónomos constroem tabelas da inclinação do Sol ao longo dos dias do ano, como a que está representada na figura.

Por exemplo, de acordo com a tabela, no dia 22 de Maio, o Sol ao meio-dia está na vertical do paralelo dos  $16^{\circ}$  N. No dia 7 de Novembro, o Sol ao meio-dia está na vertical do paralelo dos  $12^{\circ}$  S. Na tabela, os valores negativos referem-se a latitudes para Sul do equador.

### Ângulo de correcção para a determinação da latitude



Para a determinação de longitudes, a hora do meio-dia solar num lugar da Terra pode ser representada numa tabela. Por exemplo, no Pavilhão do Conhecimento, em Lisboa, o meio dia solar lido no relógio é obtido adicionando a 12 horas os valores em minutos lidos na tabela.

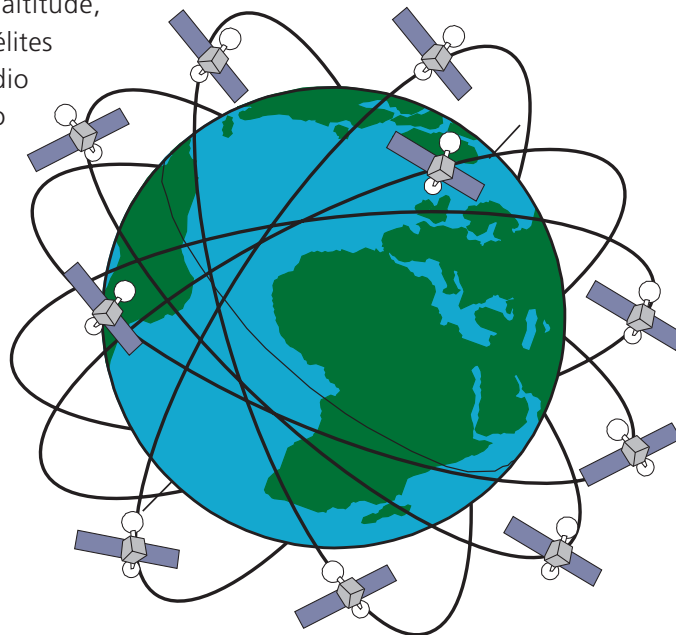


Com estas tabelas, um quadrante, uma bússola e um relógio com a hora de um local de referência, é sempre possível saber onde estamos sobre a Terra!

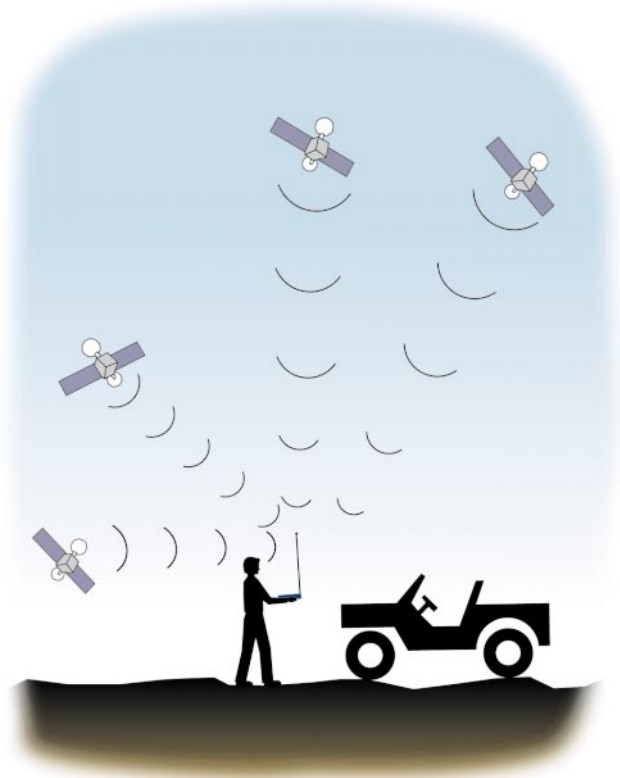
Actualmente, a determinação da longitude e da latitude pode ser feita por métodos electrónicos com base em satélites artificiais, ajudando navios e aviões a orientarem-se na Terra.

Com os satélites artificiais, é possível sabermos a nossa posição sobre a Terra, a hora e a altitude acima do nível médio do mar. São ao todo 24 satélites, a 20 200 km de altitude, que dão uma volta completa à Terra em 12 horas. Estes satélites estão constantemente a enviar para a Terra ondas de rádio que podem ser captadas por uma antena. Com um aparelho especialmente construído para captar esses sinais de rádio, sabemos imediatamente a latitude, a longitude e a altitude sobre a Terra. Em qualquer ponto da Terra podem sempre receber-se os sinais de cinco a oito desses satélites.

Este processo designa-se por GPS que são as iniciais em inglês da designação *Sistema de Posicionamento Global*.



Constelação de satélites GPS na sua órbita em torno da Terra.



Cada satélite da constelação GPS está sempre a enviar para a Terra um sinal de rádio com a sua posição, latitude, longitude e hora. Um conjunto de ondas de rádio chega primeiro, outras chegam mais tarde, dependendo da distância de cada satélite à antena. Recebendo os sinais de pelo menos quatro satélites, o aparelho GPS tem uma calculadora que foi programada para determinar a latitude e a longitude do local onde se encontra.

Actualmente, os aviões e os navios estão equipados com receptores GPS. No entanto, como a recepção de sinais GPS depende das condições atmosféricas, por razões de segurança, os navios têm sempre um sextante a bordo.

# O mapa da Terra

Um mapa é uma representação simplificada de povoações, relevo, caminhos, rios, continentes e oceanos. Assim como existem mapas da Terra ou dos países, também existem plantas de cidades e cartas topográficas. São todos mapas. Foram feitos no passado com a ajuda da bússola, do astrolábio e do quadrante, e com uma fita métrica. Actualmente são feitos por fotografia aérea e com a ajuda do GPS.

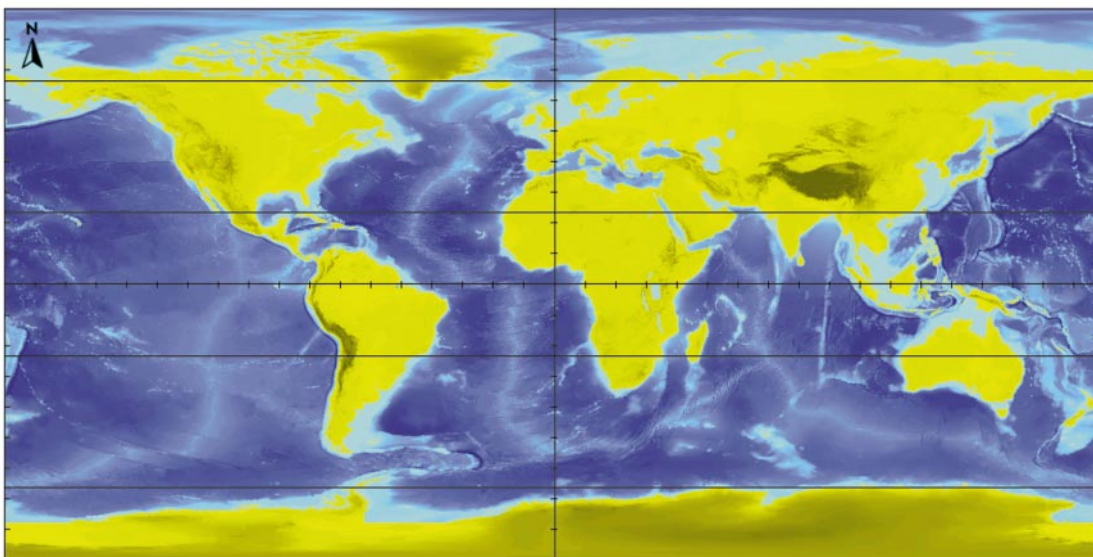
Os mapas servem para várias coisas.

O mapa-mundo dá-nos a descrição dos países, dos grandes rios e montanhas, a posição dos oceanos e dos desertos, etc. O mapa de um país dá-nos a indicação das cidades e vilas mais importantes, das estradas, etc.

A carta topográfica tem informação sobre o relevo, os caminhos, as casas, as florestas, etc.

A planta de uma cidade diz-nos onde são as ruas, os monumentos, os jardins, etc.

Em todos os mapas estão indicadas as direcções cardeais, assim como a escala.



Mapa da Terra com a indicação do relevo nos continentes e no fundo dos oceanos. A azul estão indicados os mares. O azul-escuro representa as regiões oceânicas mais profundas e o azul-claro as zonas menos profundas. Os continentes estão representados a amarelo e as regiões mais escuras referem-se ao relevo. Marcámos no mapa a posição do equador, do meridiano de Greenwich, dos trópicos de Câncer e Capricórnio, e dos círculos polares ártico e antártico.

## *Actividade*

- Observa o mapa ou o teu globo terrestre. Encontra as montanhas que existem no fundo dos oceanos. Encontra as ilhas do arquipélago dos Açores e repara que elas são picos de uma cordilheira que se ergue do fundo do mar e que atravessa a Terra de norte a sul.
- Indica no planisfério quais as escalas da latitude e da longitude.

## *Actividade*

- Tens aqui a fotografia aérea da região de Lisboa e Setúbal. Com um papel vegetal copia a fotografia, fazendo um mapa desta região e identifica os aspectos que consideras relevantes. Por exemplo, rios, pontes, estradas, etc. Tenta orientar o teu mapa. Os mapas modernos são feitos assim!



## Actividade

Um pouco antes do meio dia solar e com a ajuda da bússola, aponta o relógio de Sol para Sul. Como a agulha da bússola só indica aproximadamente a direcção do pólo Norte, para que o relógio de Sol fique bem orientado, em Portugal continental, é necessário rodá-lo de cerca de  $5^\circ$  para Este. Nos Açores o ângulo de rotação é de  $11^\circ$  e na Madeira de  $8^\circ$ . Estes ângulos têm uma variação muito pequena, pelo que, até ao ano 2007, estes ângulos decrescem de apenas  $1^\circ$ .

Ao meio-dia solar, isto é, quando a sombra da palhinha do relógio de Sol estiver sobre as doze horas da escala marcada na cartolina, com o quadrante, mede o ângulo que o Sol faz com o horizonte.

**Ângulo que o Sol faz com o horizonte ao meio-dia solar** \_\_\_\_\_

Para determinar a latitude a partir deste dado temos de recorrer a uma tabela como as utilizadas pelos navegadores nos séculos XV e XVI. Lê na tabela circular da página 17 a correcção a fazer para obter a latitude do lugar onde é feita a medição:

**Latitude =  $90^\circ - (\text{ângulo medido}) + (\text{ângulo de correcção}) =$**  \_\_\_\_\_

Nota que o ângulo de correcção pode ser positivo ou negativo.

É possível determinar a hora do meio-dia solar usando apenas a sombra de um pau. Para isso, perto do meio-dia do teu relógio, coloca um pau na vertical e vai marcando com um giz a extremidade da sombra do pau e anota a hora. A hora em que a sombra é menor é a hora do meio-dia solar. Por outro lado, a direcção da sombra do Sol ao meio-dia indica precisamente a direcção do Norte geográfico. Assim, podes realizar a tua experiência alinhando o relógio de Sol pela sombra, não sendo necessário recorrer à bússola. Podes, por exemplo, determinar a direcção do eixo Norte-Sul num dia e medir a latitude no dia seguinte.



Para determinar a longitude de um lugar é necessário determinar a hora local do meio-dia solar, conhecer a longitude de um ponto de referência e a hora a que aí ocorre o meio-dia solar. Vamos utilizar como referência o Pavilhão do Conhecimento, em Lisboa, cuja longitude é  $9^{\circ} 5' 42''$  W.

Um pouco antes do meio dia solar deves ter o relógio de Sol apontado para Sul, como na actividade anterior. Ao meio-dia solar, isto é, quando a sombra da palhinha do relógio de Sol estiver sobre as doze horas da escala marcada na cartolina, lê as horas no teu relógio de pulso, que deve estar acertado pela hora de Lisboa:

**Hora do meio-dia solar no lugar onde me encontro:** \_\_\_\_\_

Consulta a tabela circular da página 18 para saber a que horas é o meio dia solar no ponto de referência, que é o Pavilhão do Conhecimento:

**Hora do meio-dia solar no Pavilhão do Conhecimento:** \_\_\_\_\_

Determina agora a diferença entre a hora a que ocorreu o meio-dia solar no lugar onde te encontras e no Pavilhão do Conhecimento:

**Diferença de tempo = Hora do meio-dia solar no lugar onde me encontro - hora do meio-dia solar no Pavilhão do Conhecimento =** \_\_\_\_\_

Este número pode ser positivo ou negativo e deve ser calculado em minutos. Por exemplo:  
 $12\text{h } 30\text{min} - 12\text{h } 25\text{min} = 5\text{min}$ ;  $12\text{h } 30\text{min} - 12\text{h } 35\text{min} = -5\text{min}$ ;  $12\text{h } 25\text{min} - 13\text{h } 35\text{min} = -70\text{min}$ .

Como em cada minuto, a Terra roda  $15'$  de arco, a esta diferença de tempo corresponde uma diferença de longitude:

**Diferença de longitude = Diferença de tempo em min x  $15'/\text{min}$  =** \_\_\_\_\_

Como a Terra roda de Oeste para Este, a longitude do lugar onde te encontras é:

**Longitude =  $9^{\circ} 5' 42''$  W + Diferença de longitude**



1. Quantos dias tem o ano?
2. Quantos dias têm os anos bissextos e com que periodicidade ocorrem?
3. É a Terra que gira em torno do Sol ou o Sol que gira em torno da Terra?
4. Em que direcção é o norte, o sul, o nascente e o poente no lugar onde moras?
5. Em que dias do ano ocorrem os solstícios e os equinócios?
6. Consegues encontrar no céu a Ursa Menor, a Cassiopeia e a Via Láctea?
7. Qual a latitude e a longitude do sítio onde moras?
8. O círculo polar ártico é o paralelo que delimita as regiões da Terra em que não há noite no dia 21 de Junho. Podes descobrir qual é a latitude deste paralelo?
9. Desenha o mapa das ruas e caminhos do sítio onde moras. Não te esqueças de fazer uma escala e da rosa-dos-ventos com o norte a apontar na direcção do Pólo Norte.
10. Com o teu globo terrestre podes fazer imensas actividades. Por exemplo, desenhar as fronteiras dos países, os rios e os desertos mais extensos da Terra, as rotas dos navegadores portugueses dos séculos XV e XVI, etc.



Co-financiamento FEDER - Programa PRAXIS XXI

**Unidade Ciência Viva**  
Av. dos Combatentes, 43 A  
10ºB 1600 Lisboa . Portugal

Tel.: (351) (01) 727 02 28  
Fax: (351) (01) 722 02 65  
E-mail: [ciencia@ucv.mct.pt](mailto:ciencia@ucv.mct.pt)  
<http://www.ucv.mct.pt>

[fpgb.design@ip.pt](mailto:fpgb.design@ip.pt)

