

Horizonte Local e Relógios de Sol

Rosa M. Ros

União Astronómica Internacional, Universidade Politécnica da Catalunha
(Barcelona, Espanha)

Resumo

O estudo do horizonte é fundamental para promover as primeiras observações dos alunos nos centros educativos. Um modelo simples, que será construído para cada escola, permite facilitar o estudo e o entendimento dos primeiros instrumentos astronómicos. Este modelo é apresentado como um simples modelo de relógio equatorial e, a partir dele, poderão ser elaborados outros modelos (horizontal e vertical).

Objetivos

- Compreender o movimento diurno e movimento anual do Sol.
- Compreender o movimento da abóbada celeste.
- Compreender a construção de um relógio de Sol elementar.

A Terra roda e translada

Como é bem conhecido, a Terra roda sobre o seu eixo, o que resulta em dia e noite. O eixo desta rotação era denominado pelos antigos astrónomos de eixo da Terra por termos a perceção que o céu gira em torno deste eixo (céu de dia e céu de noite). Mas a Terra também executa uma translação, numa elipse, com o Sol num dos seus focos. Porém, podemos considerar que este é um movimento circular (já que a excentricidade do eclipse é quase nula, ou seja, é quase uma circunferência).

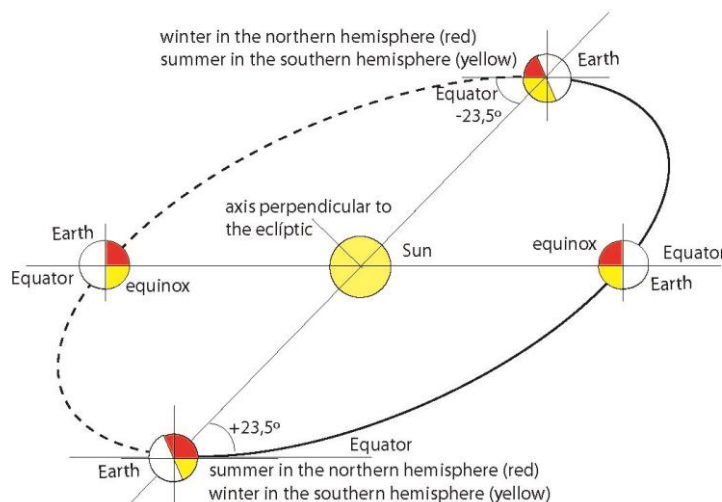


Fig. 1: Esquema do movimento de translação. O ângulo entre o plano do equador terrestre e o plano da eclíptica é de $23,5^\circ$. O ângulo entre o eixo de rotação terrestre e o eixo perpendicular ao plano da eclíptica também é de $23,5^\circ$.

A Terra precisa de um ano para completar uma volta completa em redor do Sol, mas fá-lo num plano, o plano da eclíptica, que não é perpendicular ao eixo de rotação da Terra: é inclinado. Mais especificamente, o ângulo entre o eixo de rotação terrestre e o eixo perpendicular à eclíptica é de $23,5^\circ$. De igual forma, o ângulo entre o plano do equador terrestre e o plano da eclíptica é também $23,5^\circ$ (figura 1). É esta inclinação que provoca as estações do ano. Para poder visualizar este fenómeno, construiremos um pequeno modelo (figura 2).

Ilustraremos este efeito com 4 esferas e uma lâmpada, representando o Sol, para ser colocada no centro. É boa ideia desenhar a superfície terrestre de forma a distinguir o equador e os polos. A seguir, são dadas as distâncias relativas ao tamanho das esferas que servem de modelo para a Terra, neste caso, 8 cm de diâmetro. Precisaremos de um pequeno pedaço de toalha de papel, ou tecido, quadrado de aproximadamente 25 cm de diagonal. Colocamos as 4 esferas em forma de cruz, uma em frente da outra (figura 2) sobre palitos de altura 3, 15, 25 e 15 cm respetivamente. Os valores mencionados estão calculados para que a inclinação do equador com relação ao plano da eclíptica seja de aproximadamente de 23° .

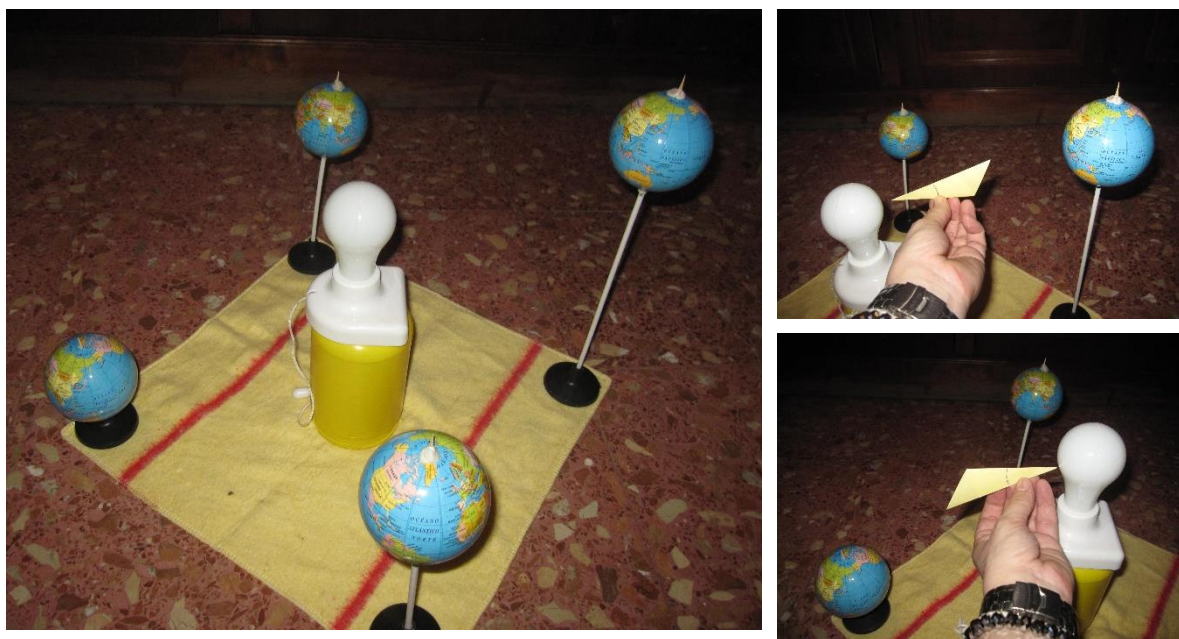


Fig. 2a, 2b e 2c: Disposição das 4 esferas representando a Terra com a lâmpada representando o Sol no meio. Devem ser distribuídas as posições relativas de forma que o ângulo da linha desde o centro do Sol ao centro da Terra forme aproximadamente 23° com o solo, que representa o plano do equador.

Colocaremos o modelo num quarto escuro e acenderemos a lâmpada (também pode ser utilizada uma vela, desde que a altura seja equivalente). É evidente que a Terra na posição A recebe mais luz no hemisfério norte do que a colocada no lugar C (figura 3), enquanto a zona iluminada do hemisfério sul é maior na posição C que na A. Nas posições B e D ambos os hemisférios estão igualmente iluminados: estes correspondem aos equinócios de primavera e outono. Quando há mais zona iluminada, é verão, e quando há menos, é inverno. Conclui-se assim que, como a Terra está na posição A, é verão no hemisfério norte e inverno no hemisfério sul. Desta forma, quando a Terra está na posição C, é inverno no hemisfério norte e verão no hemisfério sul.



Fig. 3: Modelo do movimento de translação que explica as estações. Quando a Terra está na posição A, é verão no hemisfério norte e inverno no hemisfério sul. Quando a Terra está na posição C, é inverno no hemisfério norte e verão no hemisfério sul. Enquanto a Terra está nas posições B e D, estão igualmente iluminadas e surgem os equinócios. O dia e a noite são iguais.

Este modelo oferece muitas oportunidades de estudo porque se imaginarmos uma pessoa que viva num dos hemisférios, veremos que ele/ela verá o Sol a diferentes alturas dependendo da estação do ano. Imaginemos que há uma pessoa no hemisfério norte quando estamos na posição A, logo esta pessoa vê o Sol por cima do plano do equador $23,5^\circ$ (figura 4a), o que não acontecerá se estiver no hemisfério norte. Entretanto, se estiver no hemisfério norte mas posição C, observa o Sol por baixo do equador $-23,5^\circ$ (figura 4b). Quando está nas posições B e D, o vê-o exatamente sobre o equador, isto é, a 0° sobre o plano equador.



Fig. 4a. Na posição A, é verão no hemisfério norte e o Sol está $23,5^\circ$ acima do equador. Entretanto, no hemisfério sul é inverno.



Fig. 4b. Na posição C, é inverno no hemisfério norte e o Sol está $23,5^\circ$ abaixo do equador. Entretanto, no hemisfério sul é verão.

A Terra paralela

A posição de que usufruímos no modelo anterior, “Terra do exterior”, não é fácil de observar da nossa localização na superfície da Terra. De facto, parece quase impossível dado que estamos ‘colados’ à Terra e apenas um astronauta, a partir da sua nave espacial, poderá ver a Terra do exterior. Mas há uma estratégia simples que nos permite ver a Terra do exterior, de uma área iluminada a cada dia e cada hora. Para isso, vamos usar uma Terra paralela, isto é, um globo iluminado da mesma forma que a Terra, pela mesma fonte, que é o Sol.

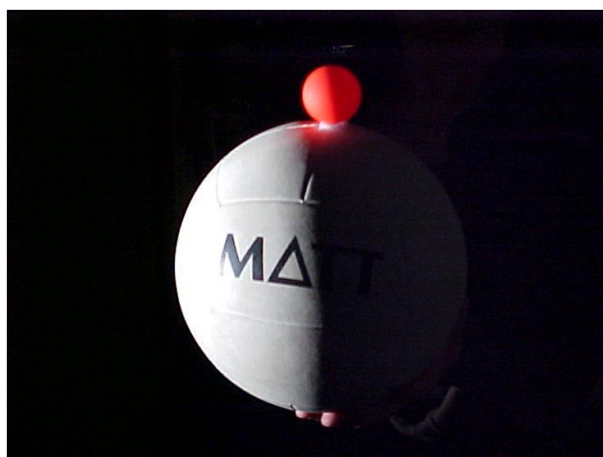


Fig. 5: Um holofote ilumina duas esferas da mesma forma e produz igual área de luz e sombra.

Se um holofote iluminar duas esferas produz nelas iguais áreas de luz e sombra (figura 5), pelo que, se orientarmos o globo corretamente teremos relações iguais de luz e sombra, no globo e no nosso planeta, e poderemos observar o globo como se fôssemos um astronauta localizado muito mais longe que a ISS da Terra.

Usaremos o globo removendo o seu suporte e colocando-o num copo, com o eixo de rotação do globo na mesma direção tal como o da Terra (usaremos uma bússola para indicar a direção norte-sul). Sabemos que a posição da nossa localidade deverá estar no topo do globo.

Usaremos uma bússola para saber a direção norte-sul de modo a orientar o eixo do globo e colocaremos a nossa localidade na posição mais elevada (figure 6a). Para saber se o globo está corretamente posicionado podemos tentar equilibrar um lápis nesse ponto (a nossa localização). Se o lápis cair é necessário corrigir a posição do globo até que o lápis fique numa posição estável. Podemos ilustrar esta posição colocando um boneco que nos represente (figure 6b).

Com pedaços de argila podemos construir a linha de divisão luz/sombra e verificar que ela se move lentamente ao longo da superfície do globo à medida que as horas passam até que chegue a hora em que será noite. Podemos colocar pequenos pedaços de palitos que servirão de gnómons e observar as sombras e como elas se movem ao longo do dia e visualizar os efeitos do movimento de rotação na Terra (figure 6b).



Fig. 6a: O globo com o suporte habitual não serve de modelo. O globo deve ser colocado sobre um copo e orientado, com o nosso local de observação no topo para que seja um modelo perfeito.



Fig. 6b: Podemos colocar um boneco indicando a nossa posição e pedaços de argila para indicar a linha de divisão luz/sombra. Com a passagem das horas esta linha de separação luz/sombra mudará. Também podem ser usados pedaços de palitos para estudar as suas sombras.



Fig. 7a: No hemisfério norte, o polo norte encontra-se na área iluminada por isso é verão nesse hemisfério e estamos a observar o fenómeno do Sol da meia-noite. No hemisfério sul, o polo sul está na sombra e no inverno.



Fig. 7b: O polo norte está na área da noite, pelo que é inverno no hemisfério norte. No hemisfério sul o polo sul está iluminado por isso é verão.



Fig. 7c: A linha que separa o dia da noite passa pelos polos, o que corresponde ao primeiro dia de primavera ou primeiro dia de outono.

Mas o mais interessante é visualizar o movimento de translação: como é que a linha luz/sombra se situa ao longo do ano. Isto pode ser observado no verão (figure 7a), inverno (figure 7b) e equinócios (figure 7c) tal como no modelo inicial das quatro estações (figure 3).

Após considerar estes dois modelos acreditamos ser necessário introduzir o modelo “real” para o observador que está *ligado* à Terra e que observa que todos os dias as estrelas se movem relativamente ao horizonte. Construímos um modelo no horizonte local do observador: Modelo Local do Horizonte.

A Observação

Professores de diferentes áreas da ciência (mecânica, eletricidade, química, biologia, etc.) podem afirmar que é difícil trabalhar de forma correta numa escola de ensino básico e/ou secundário sem um laboratório. Neste aspeto, os professores de astronomia estão contentes porque eles dispõem sempre de um “laboratório de astronomia”. Todas as escolas possuem um lugar para as brincadeiras dos alunos: o pátio. O pátio além de ser um ambiente de recreio, também é um laboratório de astronomia: é um espaço que oferece a possibilidade de realizar atividades práticas de astronomia. Se toda escola tem à disposição um laboratório, parece oportuno usá-lo!



Fig. 8: Representação clássica da esfera celeste.

Um problema que surge quando o estudante está no pátio para desenvolver atividades práticas de astronomia é a diferente posição relativa da esfera celeste, ou seja, é diferente do momento em que o professor explica dentro de uma sala de aula, e fora dela, no pátio da escola.

Quando o professor, no quadro negro, em textos ou maquetes, fala de meridianos e paralelos, de coordenadas de posição, apresenta figuras parecidas à figura 8. Este procedimento não é muito difícil e, normalmente, os estudantes entendem sem problemas. As figuras que os alunos veem diante de si são análogas às que foram usadas quando estudam geografia (figura 9).

Os problemas começam quando estamos a observar o céu e não aparece nenhuma linha no céu. Não é possível ver o eixo de rotação e não é simples encontrar referências no firmamento. O principal obstáculo agora é que o estudante está situado no interior da esfera celeste, enquanto na sala de aula apresentamos toda a informação observando o céu a partir do exterior da esfera celeste. Logo, é difícil compreender a nova situação, vista de dentro da esfera (figura 10).

Obviamente, após esta experiência poderíamos pensar numa modificação na forma de apresentar a nossa aula. É possível fazer em sala de aula uma exposição do ponto de vista do interior da esfera. Esta percepção é mais similar à situação real do observador, contudo é desinteressante oferecer apenas esta apresentação. Os estudantes devem ser capazes de ler

qualquer livro de astronomia e poder entender a abstração correspondente à observação da esfera celeste desde o exterior, situação normal na literatura científica. Nestas circunstâncias é possível pensar em construir um modelo para os estudantes que permita comparar ambos os pontos de vista e que também permita “tornar visíveis” as linhas do céu e proporcionar uma melhor compreensão do próprio horizonte.

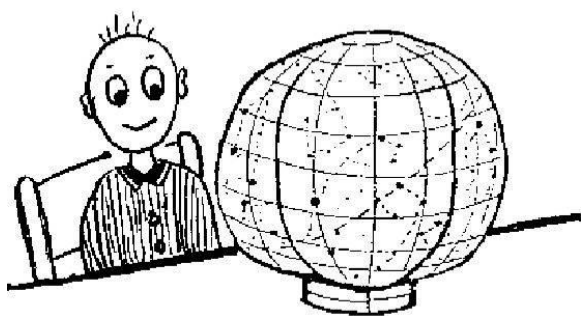


Fig. 9: A esfera celeste a partir do exterior

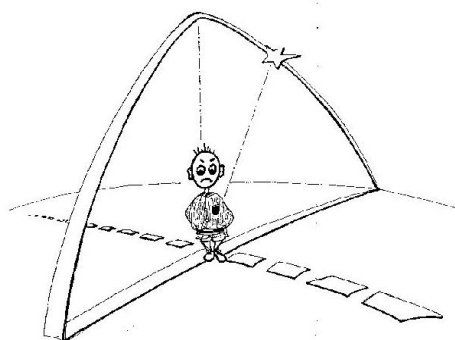


Fig. 10: A esfera celeste a partir do interior.

Modelo local do horizonte

Iniciamos fotografando o horizonte. Com uma câmara sobre um tripé, é muito simples tirar várias fotografias do horizonte a partir de um determinado lugar do pátio da escola – caso as construções em volta o permitam – ou de um terraço com o horizonte aberto. (Marcaremos a posição do tripé sobre o solo com tinta, para aproveitar novamente o lugar na posição exata). É muito importante selecionar bem o lugar porque a proposta é pôr o modelo na mesma posição de onde as fotografias foram tiradas, em cada observação. Ao tirar cada foto é necessário que o enquadramento tenha uma zona comum na fotografia seguinte, para depois colocar as cópias sobre um papel, uma sobreposta à outra, e obter um horizonte como uma corrente de fotografias em continuidade.

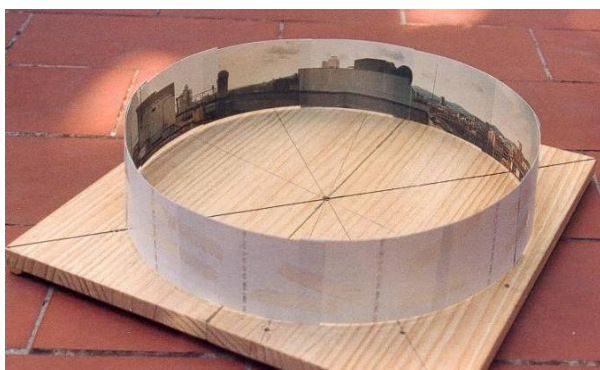


Fig. 11: O horizonte local.

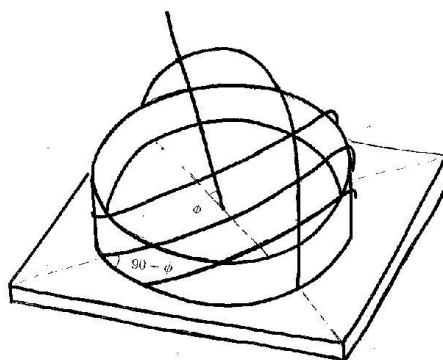


Fig. 12: Modelo mostrando o horizonte e o eixo polar.

Com todas as fotografias podemos uni-las. Fixar as cópias uma ao lado da outra, de forma contínua, formando um cilindro que depois assentaremos sobre uma base quadrada de madeira no mesmo lugar onde se tiraram as fotografias (figura 12). É muito importante situar todas as fotografias de acordo com o horizonte real.

A seguir é introduzido o eixo de rotação terrestre. Conhecendo o valor da latitude do lugar é colocado um arame na maquete com esta inclinação (figura 12).

Com este valor é possível fixar o eixo de rotação do modelo. Entretanto, como o modelo está orientado conforme o horizonte local, o prolongamento do arame serve para ajudar a visualizar o eixo real e localizar o polo sul, portanto é útil também para imaginar a posição do ponto cardeal sul (figura 13). Obviamente, é fácil introduzir o ponto cardeal norte e o polo norte. A seguir, é possível desenhar a reta norte-sul sobre o modelo e também no solo do pátio ou no terraço onde é feita a atividade (usando o processo normal de determinação da reta norte-sul). É muito importante determinar esta reta, porque de cada vez que o modelo for usado este deverá ser orientado, por isso é útil dispor desta reta norte-sul real para facilitar o trabalho. (Com uma bússola é possível comprovar esta direção).



Fig. 13: Modelo com o horizonte em anel e o eixo polar.

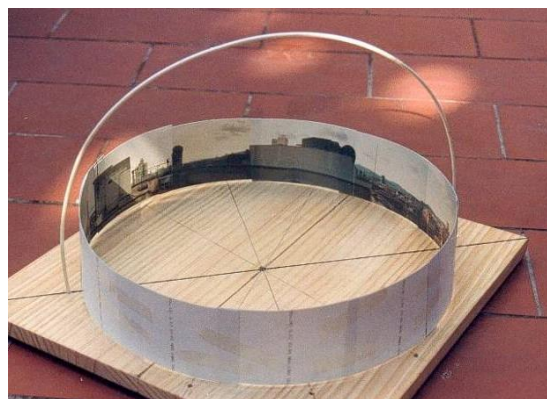


Fig. 14: modelo com o meridiano local.

O próximo passo consiste em localizar o meridiano do lugar. É fácil definir o meridiano local, porém não é um conceito simples de assimilar pelos estudantes (talvez, em parte, porque cada um possui o seu meridiano do lugar). É possível fixar um arame que passe pelos pontos cardeais norte e sul e através do eixo de rotação da Terra (figura 14). Este arame é a visualização do meridiano do lugar no modelo, e permite imaginar a linha do meridiano local sobre o céu. Agora é fácil imaginar porque inicia-se no mesmo lugar do modelo que o estudante pôde observar. O meridiano local começa no mesmo edifício que da fotografia, mas no horizonte real, e após passar acima de sua cabeça acabará no mesmo edifício que é visto graças ao arame no horizonte de fotografias.

O processo para introduzir o equador é um pouco mais complicado. Uma possibilidade consiste em traçar a linha este-oeste. Esta solução é muito simples, mas não contribui em nada do ponto de vista pedagógico. Com objetivo educacional é mais conveniente usar novamente a fotografia. É possível colocar de novo a câmara sobre o tripé exatamente na mesma posição em que se tiraram as fotografias do horizonte na primeira ocasião em que se começou a desenvolver a maquete (é por este motivo que o solo foi pintado com as marcas correspondentes, para situar o tripé no mesmo lugar). Com a câmara sobre o tripé é fotografado o nascer e o pôr-do-sol no primeiro dia de primavera ou de outono. Neste caso, teremos duas fotografias da posição precisa dos pontos cardeais este e oeste, respetivamente, relativamente ao horizonte das fotografias e, obviamente, sobre o horizonte real.

O equador é simulado por meio de um arame perpendicular ao eixo de rotação terrestre que inicia e finaliza nos pontos cardeais este e oeste (sobre o horizonte, na reta perpendicular ao norte-sul). Porém, não é simples fixar o círculo de arame perpendicular ao arame que simboliza o eixo de rotação, porque o mesmo eixo está inclinado e obviamente o equador também deverá estar inclinado. Além disso, com que inclinação deve ser inserido?

Serão fotografadas quatro ou cinco imagens do nascer do Sol no primeiro dia de primavera ou de outono. É perigoso fotografar o Sol quando está muito elevado, mas é seguro durante o nascer ou pôr-do-sol, quando a atmosfera atua como um filtro. Juntaremos todas as fotografias com o mesmo enquadramento, usando um *software* apropriado, sobrepondo-as uma a uma (teremos uma referência do horizonte) e poderemos distinguir a inclinação do Sol sobre o horizonte. Esta fotografia servirá para inserir a inclinação apropriada no arame que representa o equador no modelo (figura 16). Desta forma são conhecidos os pontos onde fixar e a inclinação, logo é possível segurar o arame sobre a madeira e também segurar o meridiano local (figura 16).

Se considerarmos o Sol como uma estrela normal (o Sol é a estrela mais importante para nós porque é a mais próxima, mas o seu comportamento não é muito diferente das outras estrelas) a inclinação do movimento das estrelas pode ser obtida quando estas se elevam ou se põem sobre o horizonte. Para isso, basta captar duas fotografias deste instante próximas do ponto cardinal este ou oeste (figura 17).

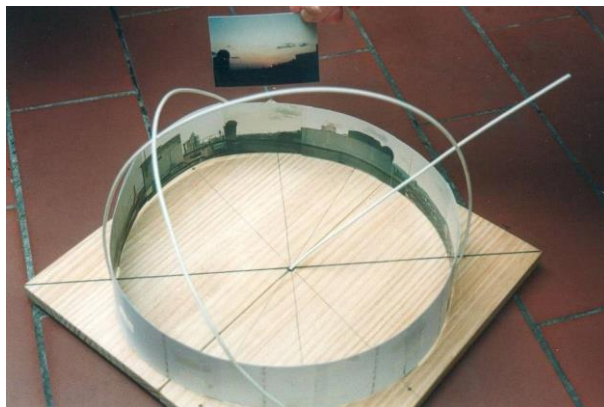


Fig. 15: Ponto do pôr-do-sol no dia do equinócio de primavera ou de outono.

Pode ser que não seja possível tirar as fotografias mencionadas no parágrafo anterior a partir da localidade onde a escola está construída. Nesse caso será necessário ir até ao campo, num lugar que não seja afetado pela poluição luminosa, e captar as fotografias com uma câmara *reflex*, sobre um tripé e com cabo disparador. Aproximadamente 10 minutos de exposição são suficientes. É muito importante colocar a câmara paralela ao horizonte (pode ser utilizado um nível para realizar esta operação).



Fig. 16: Traços do nascer do Sol.

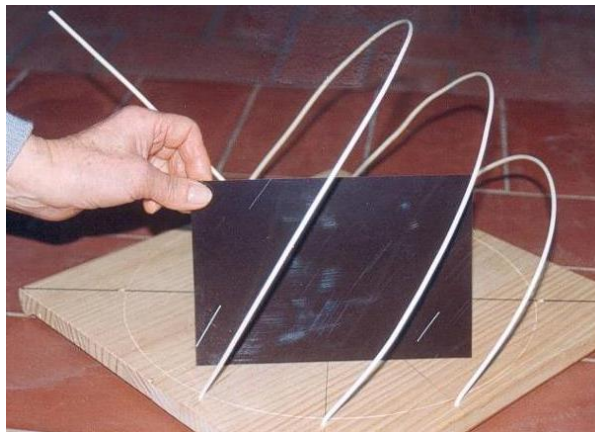


Fig. 17: Traços das estrelas no este.

É importante aproveitar esta ocasião para obter uma pequena coleção de fotografias. Por exemplo: é possível fotografar uma da zona em intervalos de 15 minutos de exposição, depois, fotografar outra por cima da zona seguindo o meridiano local; após, outra seguindo também o mesmo meridiano e assim sucessivamente até conseguir a imagem que já está rasante no horizonte. A ideia é fotografar todo o meridiano local desde o norte até o sul, passando por cima de nossas cabeças. Evidentemente, o meridiano local do lugar onde se decidiu obter as fotografias não é o mesmo meridiano da escola, mas os alunos podem compreender esta pequena diferença facilmente.

Quando temos em mãos todas as fotografias, podemos construir uma faixa do meridiano. Com esta faixa os estudantes podem compreender melhor o movimento da esfera celeste ao redor do eixo de rotação da Terra. Com o mesmo tempo de exposição é interessante observar que a trajetória desenhada por uma estrela altera de longitude. É mínima ao redor do polo e máxima no equador. Também muda de forma. No equador a trajetória desenha uma linha reta. Na zona próxima à polar as linhas são curvas côncavas e abaixo do equador são convexas. Se fizermos cópias em papel suficientemente grandes das fotografias, podemos situar a faixa sobre a cabeça dos estudantes, permitindo que visualizem e compreendam melhor o movimento.

Usando as duas fotografias dos pontos cardeais este e oeste, é possível conhecer a inclinação dos traços das estrelas no equador e, portanto, também estabelecer o arame que simboliza o equador sem problemas. Como já se sabe o lugar e a inclinação dos pontos onde fixar o arame, é possível prende-lo sobre a madeira e segurá-lo no meridiano local (figura 11).

Evidentemente é possível introduzir a faixa de fotografias do meridiano local sobre o modelo. Basta fazer algumas fotocópias e furá-las no ponto que indica a posição polar para introduzir o eixo de rotação. Observa-se que o arame do equador faz correspondência com os traços em linha reta da faixa (figura 18).

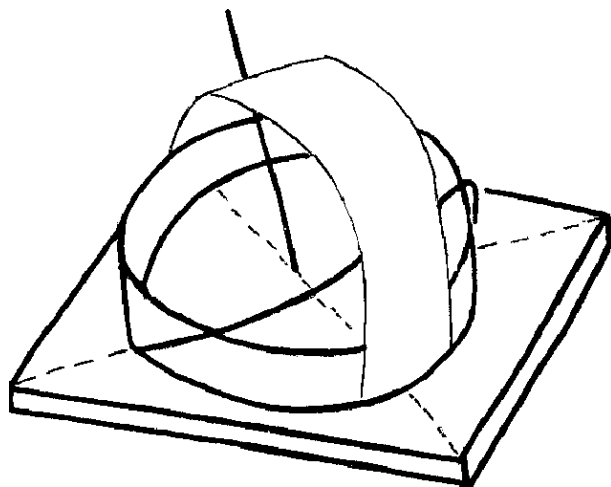


Fig. 18: O meridiano local com fotografias.

Com este modelo é possível oferecer aos estudantes as duas possibilidades de visualizar a esfera celeste a partir do interior e a partir do exterior.

Se forem fotografadas duas imagens do primeiro dia de inverno e de verão, no momento do nascimento e pôr-do-sol, os alunos verão que as situações extremas na sua cidade são muito diferentes. É surpreendente a diferença que há entre uma e outra. Também é possível fixar os Trópicos de Câncer e de Capricórnio com as fotografias que forneceram a inclinação do equador, já que os paralelos seguem esta mesma inclinação. Com um simples transferidor verifica-se que o ângulo interior entre o Trópico de Câncer e o equador é de aproximadamente 23° , e este ângulo também é o mesmo formado entre o equador e o Trópico de Capricórnio (figuras 19 e 20).

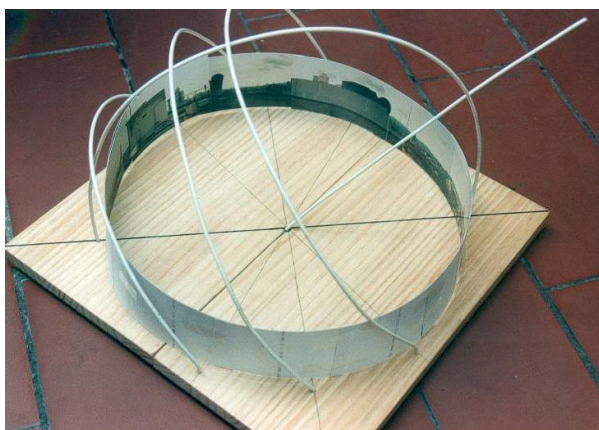
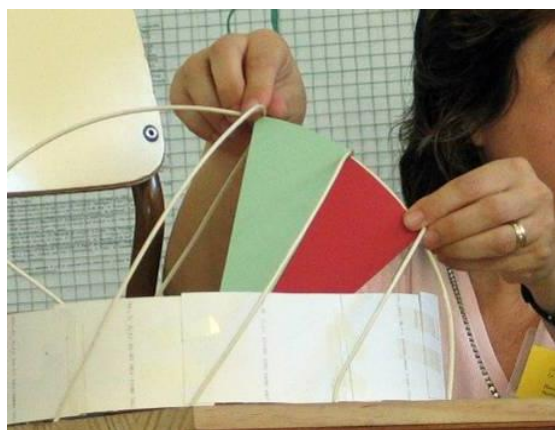


Fig. 19: Trajetórias do Sol no primeiro dia de cada estação. Os pontos do nascer e pôr-do-sol não coincidem exceto em dois dias: nos equinócios.

Fig.20: O ângulo entre duas trajetórias do primeiro dia de duas estações consecutivas é de $23,5^\circ$.

Para treino dos estudantes é interessante que observem que o Sol não nasce e se põe na mesma posição, e que esta posição nem sempre coincide com o este e o oeste, respetivamente. Muitos livros mencionam que o Sol nasce a este e se põe a oeste. Os estudantes podem comprovar este fenómeno duas vezes ao ano, e que não acontece nos restantes dias (figuras 19 e 20).

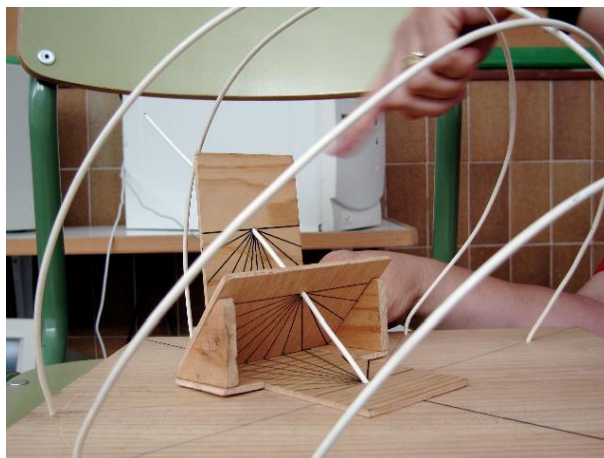


Fig. 21: Este modelo é um enorme relógio de Sol. Podemos considerar três tipos.

Desta forma os alunos observam de maneira prática e simultânea, a esfera do interior (a esfera real) e do exterior (o modelo). Com este modelo os estudantes podem entender melhor o seu ambiente, e as atividades de orientação realizadas na escola são resolvidas de forma muito simples. Também podem visualizar a zona que corresponde ao movimento do Sol, entre os paralelos do modelo, e imaginá-lo sobre o céu e o horizonte real da cidade. A orientação transforma-se numa brincadeira de crianças.

Relógios de Sol

Há outras possibilidades de aplicação do modelo. A maquete é nada mais que um grande relógio de Sol. É fantástico explicar de uma forma simples e didática a construção de um relógio considerando apenas o horizonte e o movimento do Sol. Em primeiro lugar, é muito fácil ver que o eixo de rotação da Terra se transforma no ponteiro do relógio.

Se introduzirmos um plano na direção do plano equatorial e movermos uma lanterna sobre o Trópico de Câncer, é possível ver a sombra do ponteiro (arame que representa o eixo de rotação terrestre) percorrendo o plano do quadrante equatorial. Mas quando se move a lanterna sobre o Trópico de Capricórnio, então a sombra aparece na zona abaixo do plano, e é evidente que, quando a lanterna é colocada sobre o equador, não se obtém sombra. Desta forma, é simples comprovar que o relógio equatorial funciona no verão e na primavera mostrando as horas sobre a superfície do relógio, no inverno e outono debaixo do mesmo. Há dois dias no ano em que não funciona: nos dias de ambos os equinócios.

Se considerarmos o plano equatorial, o horizontal e o vertical (este-oeste), é possível ver que a lanterna aponta a mesma hora nos três quadrantes (figura 21). Além disso, é possível observar as horas da manhã e da tarde para o mesmo ponteiro (o eixo de rotação terrestre). Obviamente, é a mesma hora nos três relógios. Comprova-se facilmente em que zona deverão ser desenhadas as horas da manhã e da tarde em cada relógio. (Todos os professores receberam, alguma vez, um desenho com as horas erradas num relógio solar; usando este modelo o erro não acontecerá).

Ao mover a lanterna sobre os Trópicos de Capricórnio e Câncer, observa-se facilmente que o raio de luz emitido pela lâmpada produz sobre o plano uma cônica diferente. No primeiro caso

(no primeiro dia de verão) a cônica é quase uma circunferência e a área fechada é claramente menor que no segundo caso. Quando se segue o outro paralelo (primeiro dia de inverno) a seção é elíptica e a área fechada é bem maior. Então, os alunos podem compreender que a radiação está mais concentrada na primeira situação, ou seja, a temperatura superficial é maior no verão. Como também é evidente no modelo, o número de horas de insolação solar é maior, a consequência natural é que no verão faz mais calor que no inverno (figura 19).

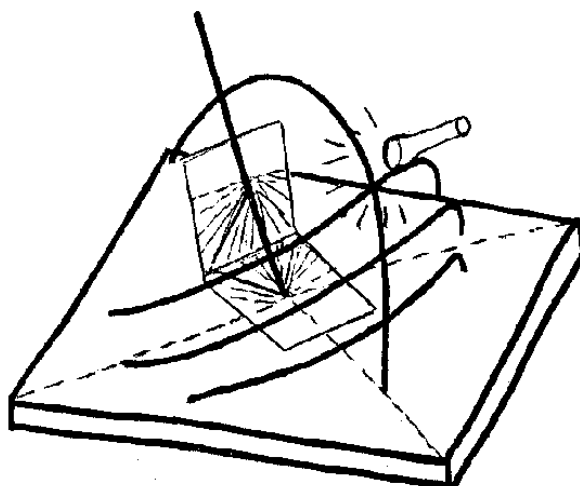


Fig. 22: Os relógios e as estações.

Aproveitaremos esta oportunidade para mencionar alguns elementos que é necessário conhecer para construir um relógio de Sol.

É muito simples fazer o relógio equatorial. Basta posicionar o ponteiro na direção do eixo de rotação terrestre, isto é, na direção norte-sul (uma bússola pode ajudar) e com uma altura sobre o plano do horizonte igual à latitude do lugar (figuras 23 e 24). O ponteiro de qualquer relógio é colocado sempre da mesma maneira.

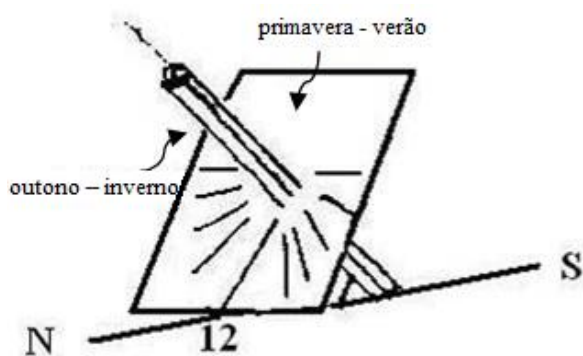


Fig. 23: Relógio equatorial usado no hemisfério norte.

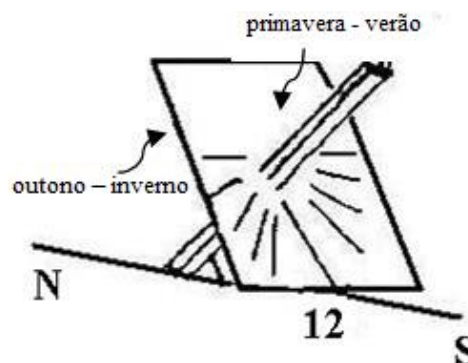


Fig. 24: Relógio equatorial usado no hemisfério sul.

As linhas horárias do relógio equatorial são desenhadas a 15 graus (figuras 25a e 25b), já que o Sol dá uma volta de 360° em 24 horas. Se dividirmos 360 por 24 teremos 15° em cada hora.

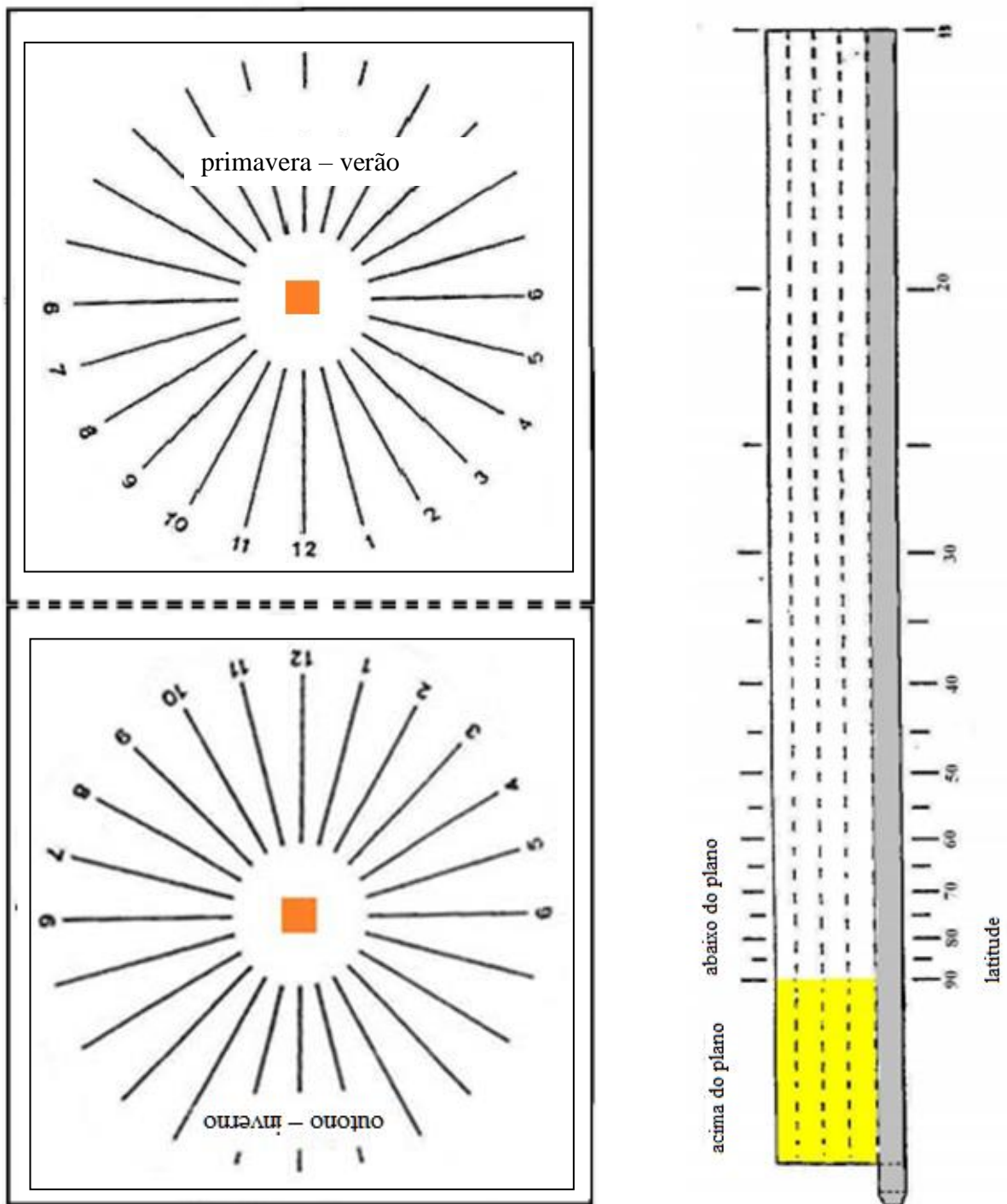


Fig. 25a e Fig. 25b: Recortável do relógio equatorial.

As linhas horárias de um relógio orientado, horizontal ou vertical, obtêm-se por projeção das linhas equatoriais e considerando simplesmente a latitude do lugar (figuras 26a, 26b, 26c e 26d).

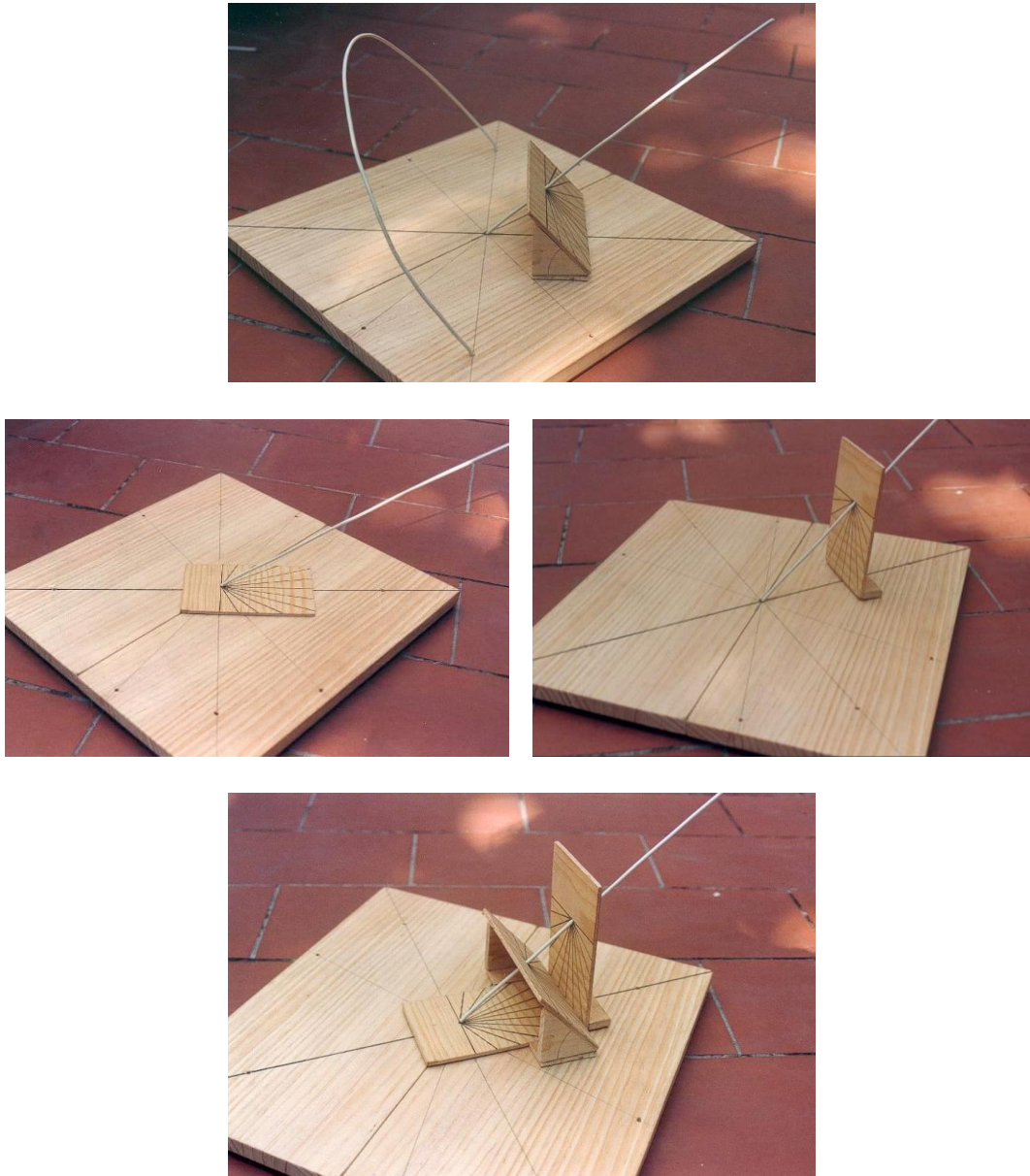


Fig. 22a, 22b, 22c e 22 d: Diversas fotos dos três relógios.

Tempo solar e tempo do relógio de “pulso”

Os relógios de Sol oferecem o tempo solar, mas este tempo não é o mesmo encontrado nos relógios que usamos no nosso pulso. Temos que considerar vários ajustes.

Ajuste de Longitude

O mundo divide-se em 24 zonas de tempo a partir do primeiro meridiano ou meridiano de Greenwich. Para fazer o ajuste de longitude é necessário conhecer a longitude local e a longitude do meridiano “Standard” da sua região. Acrescenta-se o sinal + para o este e o sinal

– para o oeste. É indispensável expressar as longitudes em horas, minutos e segundos (1 grau = 4 minutos de tempo).

Ajuste de verão/inverno

Quase todos os países possuem o horário de verão e o de inverno. Costuma-se acrescentar uma hora no verão. A mudança de horário de verão/inverno é uma decisão do governo do país.

Ajuste da Equação de Tempo

A Terra gira entorno do Sol, numa elipse, conforme a Lei das Áreas de Kepler, ou seja, não é um movimento constante, o que significa um problema sério para os relógios mecânicos. Desta forma, o tempo médio (dos relógios mecânicos) é definido com a média ao longo de um ano completo do tempo. A Equação de Tempo é a diferença entre o «Tempo Solar Real» e o «Tempo Médio». Esta equação aparece tabelada na tabela 1.

dias	Jan.	Fev.	Mar	Abr.	Mai	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
1	+3m 33s	+13m 35s	+12m 22s	+3m 54s	-2m 54s	-2m 12s	+3m 50s	+6m 21s	+0m 2s	-10m 18s	-16m 24s	-11m 1s
6	+5m 50s	+14 m 5s	+11m 17s	+2m 27s	-3m 23s	-1m 22s	+4m 45s	+5m 54s	-1m 23s	-11m 51s	-16m 22s	-9m 1s
11	+7m 55s	+14m 14s	+10m 3s	+1m 4s	-3m 38s	-0m 23s	+5m 29s	+5m 13s	-3m 21s	-13m 14s	-15m 31s	-6m 49s
16	+9m 45s	+14m 4s	+8m 40s	-0m 11s	-3m 40s	+0m 39s	+6m 3s	+4m 17s	-5m 7s	-14m 56s	-15m 15s	-4m 27s
21	+11m 18s	+13m 37s	+7m 12s	-1m 17s	-3m 27s	+1m 44s	+6m 24s	+3m 10s	-6m 54s	-15m 21s	-14m 10s	-1m 58s
26	+12m 32s	+12m 54s	+5m 42s	-2m 12s	-3m	+2m 49s	+6m 32s	+1m 50s	-8m 38s	-16m 1s	-12m 44s	+0m 31s
31	+13m 26s		+4m 12s		-2m 21s		+6m 24s	+0m 21s		-16m 22s		+2m 57s

Tabela 1: Equação de Tempo.

Tempo solar + Ajuste total = Tempo no relógio de pulso

Exemplo 1: Barcelona (Espanha), 24 de Maio.

Ajuste	Comentário	Resultado
1. Longitude	Barcelona está na mesma zona “ <i>standard</i> ” que Greenwich.	-8,7 m
2. Horário de verão	Maio possui horário de verão + 1h.	+ 60 m
3. Equação de Tempo	Lemos a tabela para o dia 24 de Maio.	-3,6 m
Total		+47,7 m

Por exemplo, às 12h do tempo solar, o nosso relógio de pulso assinala:

(Tempo solar) 12h + 47,7 m = 12h 47,7 m (Tempo no relógio de pulso)

Exemplo 2: Tulsa, Oklahoma (Estados Unidos), 16 de Novembro.

Ajuste	Comentário	Resultado
1. Longitude	Meridiano “ <i>standard</i> ” de Tulsa está a 90° W.	+24 m
2. Horário de verão	Novembro não tem horário de verão.	
3. Equação do Tempo	Lemos a tabela para 16 de novembro.	-15,3 m
Total		+8,7 m

Por exemplo, às 12h do tempo solar, o nosso relógio de pulso assinala:
(Tempo solar) 12h + 8,7 m = 12h 8,7 m (Tempo no relógio de pulso)

A orientação

Outra dificuldade dos alunos é a orientação. Num curso de astronomia geral, é necessário introduzir o sentido da orientação. Pode ser que os nossos alunos não estudem astronomia novamente. O resultado mínimo esperado de um curso (único) de astronomia consiste em que os alunos sejam capazes de reconhecer onde está o norte, saber qual é a trajetória do Sol sobre o horizonte sul e quais são os planetas que se movem sobre este horizonte e, especialmente, aprender a localizar os diferentes acidentes geográficos da sua localidade. Por exemplo, no horizonte de Barcelona (figuras 27a e 27b) os estudantes podem considerar diversas possibilidades relativas à posição do Sol, da Lua e certas constelações sobre o horizonte. As duas montanhas que vemos estão aproximadamente em posição oposta, mas para os estudantes isto não significa nada e normalmente apresentam dificuldade em distinguir que certos desenhos são possíveis enquanto outros não o são. Conhecem a teoria, mas a prática não é suficiente se eles não entendem as diferentes possibilidades.

A utilização do modelo, pensado para resolver os inconvenientes mencionados no parágrafo anterior, foi eficiente para esclarecer muitas questões relativas à orientação no horizonte local de uma forma que inicialmente não estava prevista.

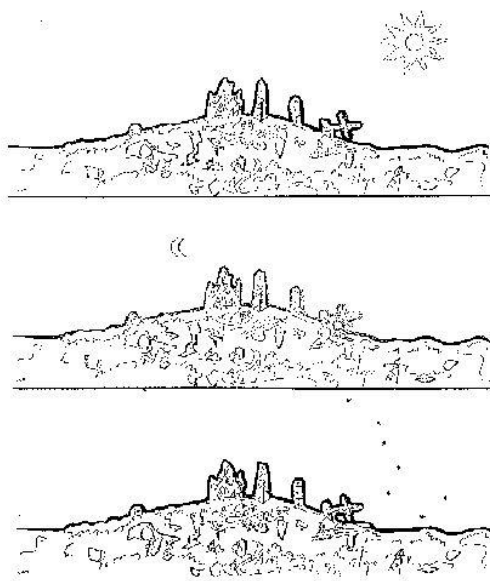


Fig. 27a: Horizonte Nordeste de Barcelona

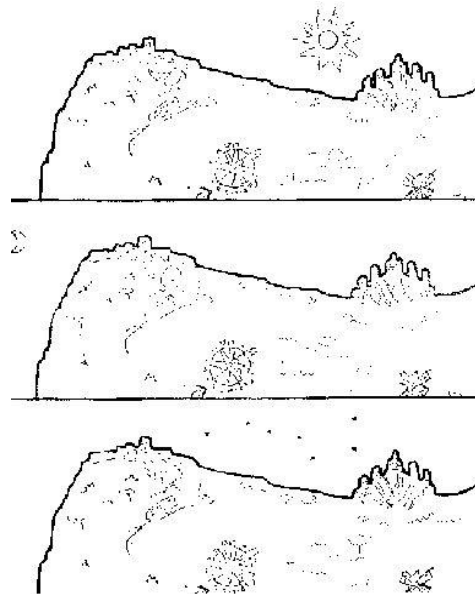


Fig. 27b: Horizonte Sudoeste de Barcelona.

É bom mencionar que este modelo é útil para explicar a situação local da esfera celeste durante o dia e durante a noite. Ajuda, de facto, a compreender melhor o movimento do Sol (e de outros elementos do Sistema Solar que se movimentam na zona próxima). Usando o modelo proposto, os alunos entendem que um astro brilhante na zona da Polar ou da Cruz do Sul nunca pode ser um planeta.

É um bom investimento produzir um modelo em grande escala. Nesse caso, os alunos e inclusive os adultos, podem entrar e verificar a posição do Sol em comparação com o equador e os paralelos que correspondem ao primeiro dia dos solstícios de verão e inverno. Em alguns museus da ciência já se construíram este tipo de modelo (figura 28b).



Fig. 28a: O modelo com alunos do ensino básico.



Fig. 28b: O modelo em grande escala no Parque das Ciências de Granada.

Após usar o modelo, os alunos podem discernir conteúdos que antes não tinham imaginado. Por exemplo, agora é claro que o Sol não nasce e se põe perpendicularmente ao horizonte, exceto no equador.

Bibliografia

- Alemany, C., Ros, R.M., *Parallel Earth*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, EU-UNAWWE, Barcelona, 2012.
- Lanciano, N., *Strumenti per i giardino del cielo*, Edizioni junior, Spaggiari Eds, Roma, 2016.
- Ros, R.M., *De l'intérieur et de l'extérieur*, Les Cahiers Clairaut, 95, p.1-5, Orsay, 2001.
- Ros, R.M., *Laboratorio de Astronomía*, Tribuna de Astronomía, 154, p.18-29, 1998.
- Ros, R.M., *Sunrise and sunset positions change every day*, Proceedings of 6th EAEE International Summer School, 177, 188, Barcelona, 2002.
- Ros, R.M., Capell, A., Colom, J., *El planisferio y 40 actividades más*, Antares, Barcelona, 2005.
- Ros, R.M., Lanciano, N., *El horizonte en la Astronomía, Astronomía Astrofotografía y Astronáutica*, 76, p.12-20, 1995.