

Sol e eclipses – Atividades e Modelos que Explicam Eclipses

Rosa M. Ros

Beatriz García

Prólogo

Os eclipses solares podem ser tão inspiradores que é importante levar todos os estudantes para o ar livre para vê-los. Durante a preparação para o eclipse total de 2017 nos Estados Unidos da América eu fiz apresentações para grupos que incluíam desde crianças de 3 anos a idosos de 97. Durante o evento, todas as pessoas estavam encantadas.

Para as crianças em idade escolar, pode ser muito útil serem preparados com antecedência. O livro de experiências preparado por Rosa Ros e Beatriz García é ideal. Trabalhei com as duas experientes educadoras durante a Commission for Astronomy Educations and Development (Comissão de Ensino e Desenvolvimento da Astronomia) da International Astronomical Union (União Astronómica Internacional) e posso confirmar a sua dedicação e habilidade. Fiz duas palestras em escolas especiais que elas organizaram.

No caso particular deste livreto sobre Sol e Eclipses, as Dr. Ross e García fizeram um trabalho maravilhoso promovendo atividades e modelos para auxiliar estudantes a entenderem a nossa região do cosmos e como os variados tipos de eclipses solares acontecem.

Recomendo com entusiasmo este livreto a todos os professores para os seus estudantes. É importante que os estudantes tenham a oportunidade de estar ao ar livre durante o eclipse – utilizando “óculos para eclipse” durante as fases parciais e anulares e diretamente sem filtros durante a totalidade. A inspiração pode transportar os estudos para todos os campos.

Jay Pasachoff

Professor de astronomia no Williams College e presidente da International Astronomical Union Working Group on Solar Eclipses (Grupo de Trabalho da União Astronómica Internacional sobre Eclipses Solares). O eclipse anular de fevereiro de 2017 visto da Argentina foi o seu 65º eclipse solar e o total de agosto de 2017 visto dos Estados Unidos foi o seu 66º, estando incluídos 34 eclipses solares totais. Ele é co-autor com Leon Golub de um livro popular, *The Sun (O Sol)* (Reaktion Press e University of Chicago Press, 2017) e de um livro avançado *The Solar Corona (A Coroa Solar)* (Cambridge University Press, 2014, 2 ed.).

Introdução

Nesta publicação apresentamos alguns modelos para explicar os eclipses e os seus tipos. Para conceção prévia, as fases da Lua são apresentadas para explicar os eclipses do Sol e da Lua.

Os eclipses também são utilizados para encontrar distâncias e diâmetros no sistema Terra-Lua-Sol usando o trabalho de Aristarco e Eratóstenes feito há cerca de 2000 anos.

Posições relativas

Quando a posição relativa da Terra e da Lua interrompe a passagem da luz solar acontece um eclipse. Um eclipse solar acontece quando o Sol é coberto pela Lua, quando a Lua se encontra entre o Sol e o nosso planeta. Esse tipo de eclipse acontece sempre durante a Lua Nova (Figura 1a).

Eclipses lunares acontecem quando a Lua cruza a sombra da Terra. Isso acontece quando a Lua está num lado oposto ao do Sol. Assim, o eclipse lunar ocorre na Lua Cheia (Figura 1a).

A Terra e a Lua movem-se em órbitas elípticas que não estão no mesmo plano. A órbita da Lua tem uma inclinação de 5 graus em relação a eclíptica (plano da órbita da Terra em torno do Sol). Ambos os planos se cruzam numa linha chamada linha dos nodos. O eclipse ocorre próximo da linha dos nodos. Se os planos coincidissem, os eclipses seriam muito mais frequentes (Figura 1b).

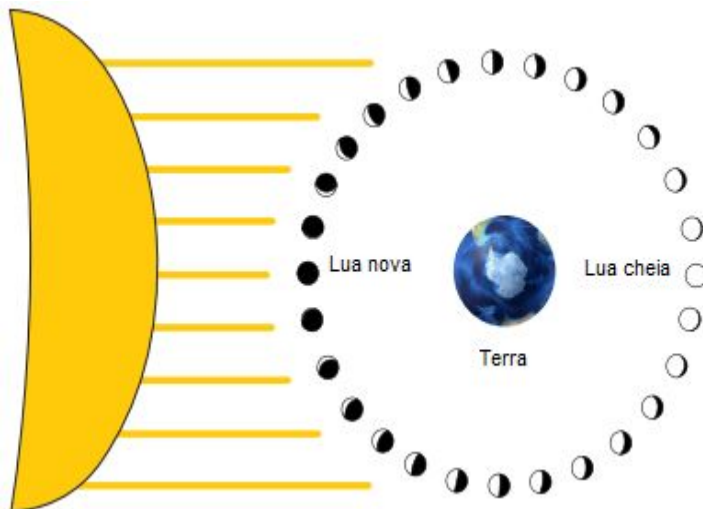


Fig. 1a. Eclipses solares acontecem quando a Lua se encontra entre o Sol e a Terra (Lua Nova). Eclipses lunares acontecem quando a Lua cruza a sombra cônica da Terra (isto é, a Terra está entre o Sol e a Lua Cheia)

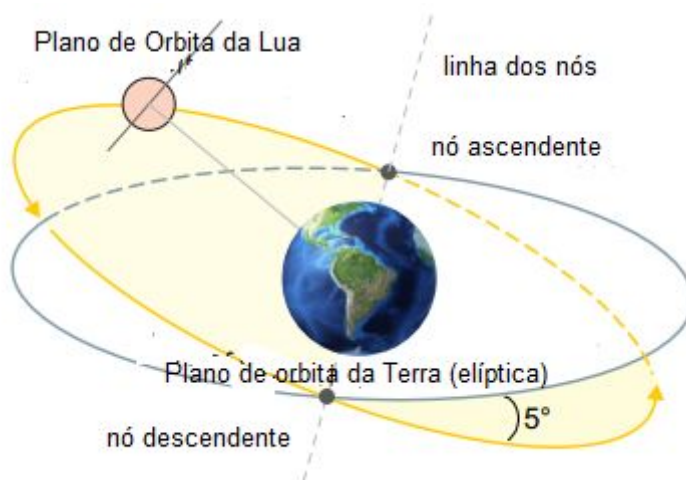


Fig. 1b. Apenas quando a Lua se aproxima das linhas dos nodos pode acontecer um eclipse

Modelo com máscaras para a Lua

Modelo de face oculta

A Lua tem movimento de rotação e de translação, a revolução em torno da Terra. Ambos têm o mesmo período, cerca de quatro semanas. Por essa razão, da Terra podemos ver apenas metade da superfície lunar. (A rotação lunar é de 27 dias, 7 horas, 43 minutos e 11.5 segundos e a revolução da Lua em torno da Terra é de 29 dias, 12 horas, 44 minutos e 3 segundos. Esta

duração é vista da perspectiva das estrelas. A órbita elíptica da Lua em torno do Sol, permite-nos ver um pouco em torno dos lados, com uma contribuição adicional da inclinação da órbita da Lua, o que nos permite ver ao redor do topo e um pouco de fundo. Por isso, podemos ver 59% da superfície da lua).



Fig. 2a. Modelo da face oculta

Vamos observar com um modelo simples. Começamos colocando um voluntário que representa a Terra e outro que representa a Lua. O voluntário que faz de Lua tem uma máscara branca feita de cartão. Colocamos o voluntário lunar de frente para o terrestre antes de se mover. Movemos a Lua 90° em torno da Terra sem rotação. Ao voluntário que representa a Terra perguntamos se ele vê o mesmo lado da Lua, isto é, se vê mesmo a face da Lua ou só o perfil do voluntário que faz a Lua, não a face.

Mas, quando a Lua gira os mesmos 90° em torno de si, a Terra verá sempre a mesma face, passando apenas uma semana. Repetimos o processo. Movemos a Lua 90° novamente sem a rotação e acontece o mesmo: a Terra não vê a mesma face da Lua, mas quando gira outros 90° , vê novamente a mesma face da Lua (máscara). Seguimos todas as rotações (Figura 2a), até perfazer as quatro semanas. A Lua mostrará sempre a mesma face após quatro semanas e a parte traseira da cabeça do voluntário nunca é vista.

Modelo das fases da Lua

Para explicar as fases da Lua é melhor utilizar um modelo com uma lanterna ou um projetor (que representará o Sol) e no mínimo cinco voluntários. Um deles estará localizado no centro e irá representar a Terra e os outros ficarão em volta da “Terra” equidistantes para simular as diferentes fases da Lua. Para ficar mais atrativo é uma boa ideia cada “Lua” usar máscaras brancas que imitem a sua cor. Devem todos ficar de frente para a “Terra” porque sabemos que a Lua sempre mostra a mesma face para a Terra (Figura 2a).

Vamos colocar uma lanterna acima e atrás dos voluntários, e começar a visualizar as fases (como vistas da Terra, que está no meio). É muito fácil descobrir que às vezes a máscara está completamente iluminada, às vezes apenas um quarto está iluminado e às vezes não está iluminada (porque a lanterna “Sol” está atrás da “Lua” e a luz encandeia a cena). Quanto maior o número de voluntários “Lua”, mais fases serão vistas.



Fig. 2b. Modelo Terra-Lua com voluntários (para explicar as fases e a face visível da Lua)

Modelo Terra-Lua

Não é fácil entender claramente a geometria subjacente às fases da Lua e eclipses solares e lunares. Por essa razão, propomos um modelo simples para facilitar a compreensão de todos esses processos.

Insira dois pregos (cerca de 3 ou 4 cm) num pedaço de madeira de 125 cm. Os pregos devem estar separados por 120 cm. Duas bolas de diâmetros de 4 e 1 cm devem ser presos aos pregos (Figura 3).

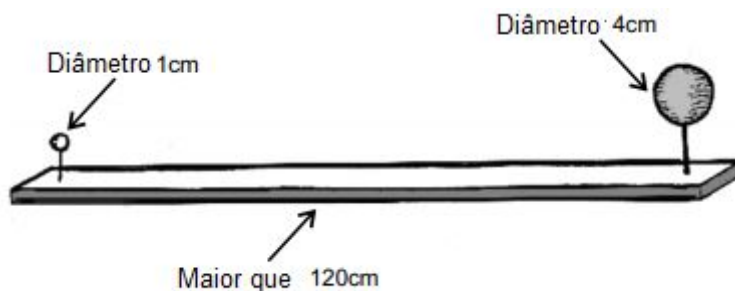


Fig. 3 Modelo Terra-Lua

É importante manter estes tamanhos relativos pois representam um modelo à escala do sistema Terra-Lua (Tabela 1)

Diâmetro da Terra	12800 km.	→	4 cm.
Diâmetro da Lua	3500 km.	→	1 cm.
Distância Terra-Lua	384000 km.	→	120 cm.
Diâmetro do Sol	1400000 km.	→	440 cm. = 4.4 m.
Distância Terra-Sol	150000000 km.	→	4700 cm. = 0.47 Km.

Tab. 1. Distâncias e diâmetros do sistema Terra-Lua-Sol

Reprodução das fases da Lua

Num lugar ensolarado, quando a lua estiver visível durante o dia, aponte o modelo em direção à Lua, guiando a bolinha na sua direção (Figura 4). O observador deve ficar atrás da bola que representa a Terra. A bola que representa a Lua parecerá tão grande quanto a Lua real e a fase também será a mesma. Mudando a orientação do modelo as diferentes fases da Lua podem ser reproduzidas com a variação da iluminação solar. A bola-Lua deverá ser movida para alcançar todas as fases.

É melhor realizar esta atividade ao ar livre, mas, se estiver nublado, poderá ser realizada num ambiente fechado com o auxílio de um projetor como fonte de luz.

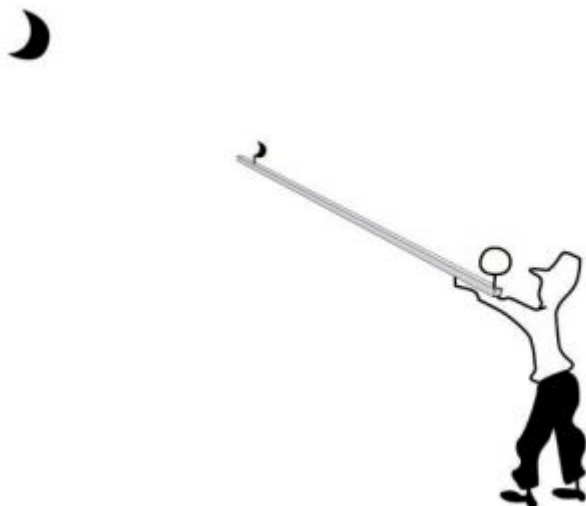


Fig. 4. Usando o modelo no pátio da escola

Reprodução de eclipses lunares

O modelo é segurado de forma a que a bolinha da Terra fique de frente para o Sol (é melhor usar um projetor ou uma lanterna para evitar olhar para o Sol) e a sombra da Terra cubra a Lua (Figuras 5a e 5b) porque ela é maior que a Lua. Essa é uma forma fácil de reproduzir um eclipse lunar. Na Figura 6, a Lua é observada através de um cone de sombra projetado pela Terra num eclipse lunar real.

No entanto deve-se ter atenção que num eclipse lunar real, devido ao efeito de refração da luz solar pela atmosfera terrestre, a Lua aparecerá com uma cor avermelhada durante um eclipse total.

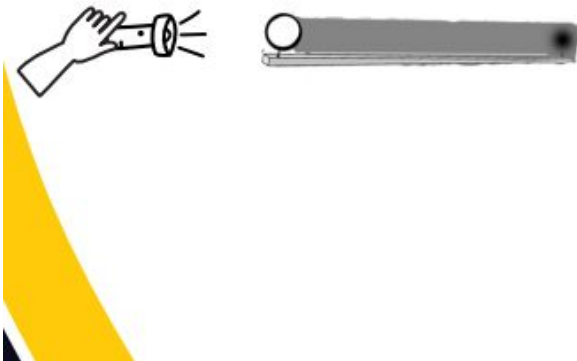


Fig. 5a e 5b. Simulação de um eclipse lunar



Fig. 6. Composição fotográfica de um eclipse lunar. O nosso satélite cruza a sombra do cone produzido pela Terra. Crédito pelas fotos e direito de imagem: Chander Devgun (SPACE)

Reproduzir os eclipses solares

O modelo é posicionado de modo a que a bola da Lua esteja em frente ao sol (é melhor usar um projetor ou lanterna), projetando a sombra da Lua na "Terra". Ao fazer isso, um eclipse solar será reproduzido e um pequeno ponto vai aparecer numa região terrestre (Figuras 7a, 7b e 8). A Figura 9 mostra a imagem de um eclipse solar visto do espaço.

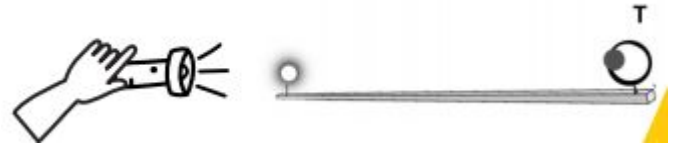


Fig. 7a e 7b. Simulação do eclipse solar

Não é fácil reproduzir a situação porque a inclinação do modelo deve estar perfeitamente ajustada (por isso ocorrem menos eclipses solares em relação aos lunares).



Fig. 8. Detalhe da Figura 7a



Fig. 9. Foto de um eclipse solar tirada da MIR (11 de agosto, 1999) sobre uma região da superfície terrestre. Crédito da foto: MIR



Fig. 10. Simulação de ambos eclipses

Observações

- Um eclipse solar só acontece durante a Lua Cheia e um eclipse lunar quando é Lua Nova (Figura 1a)
- Um eclipse solar só pode ser visto numa pequena região da superfície terrestre (Figura 8).
- É raro a Terra e a Lua estarem alinhadas precisamente para a ocorrência de um eclipse, e isso não acontece em todas as Luas Cheias ou Novas (Figura 1b).

Modelo Sol-Lua

Para visualizar o sistema Sol-Terra-Lua com ênfase nas distâncias, vamos considerar um novo modelo tendo em conta o ponto de vista terrestre do Sol e da Lua. Neste caso convidaremos os alunos a desenhar e pintar um grande Sol de 220 cm de diâmetro (mais de 2 m) num tecido (Figura 11) e vamos mostrar-lhes que podem cobri-lo com uma pequena lua de 0,6 cm de diâmetro (menos de 1 cm de diâmetro).

É útil substituir a bola da Lua por um buraco numa tábua de madeira para se certificar da posição da lua e do observador.

Neste modelo o Sol estará fixo a 235 m de distância da Lua e o observador estará a 60 cm da Lua. Os estudantes ficarão surpreendidos por conseguirem cobrir o grande Sol com uma pequena Lua (Figura 12). Essa relação de 400 vezes entre o tamanho e distância não é fácil de imaginar, por isso é bom mostrar um exemplo para compreender a escala de distâncias e tamanhos no universo.

Todas estas as atividades e exercícios ajudam-nos a entender a relação espacial entre os corpos celestiais durante um eclipse solar. Esse método é melhor do que ler números num livro.

Earth Diameter	12 800 km	2.1 cm
Moon Diameter	3 500 km	0.6 cm
Distance Earth-Moon	384 000 km	60 cm
Sun Diameter	1400 000 km	220 cm
Distance Earth-Sun	150 000 000 km	235 m

Tab. 2. Distâncias e diâmetro no sistema Terra-Lua-Sol: diâmetro da Terra, diâmetro da Lua, distância Terra-Lua, diâmetro do Sol e distância Terra-Sol



Fig. 11. Modelo do Sol



Fig. 12. Observando o Sol e a Lua no modelo

Áreas de umbra e penumbra e tipos de eclipse

Mesmo tendo uma área de umbra nos modelos apresentados anteriormente, esta não é percebida ao detalhe. Também existe uma área de penumbra (Figuras 13 e 14). Umbra significa escuridão completa, enquanto penumbra é um tom entre os espaços escuros e iluminados gerados durante em eclipse.

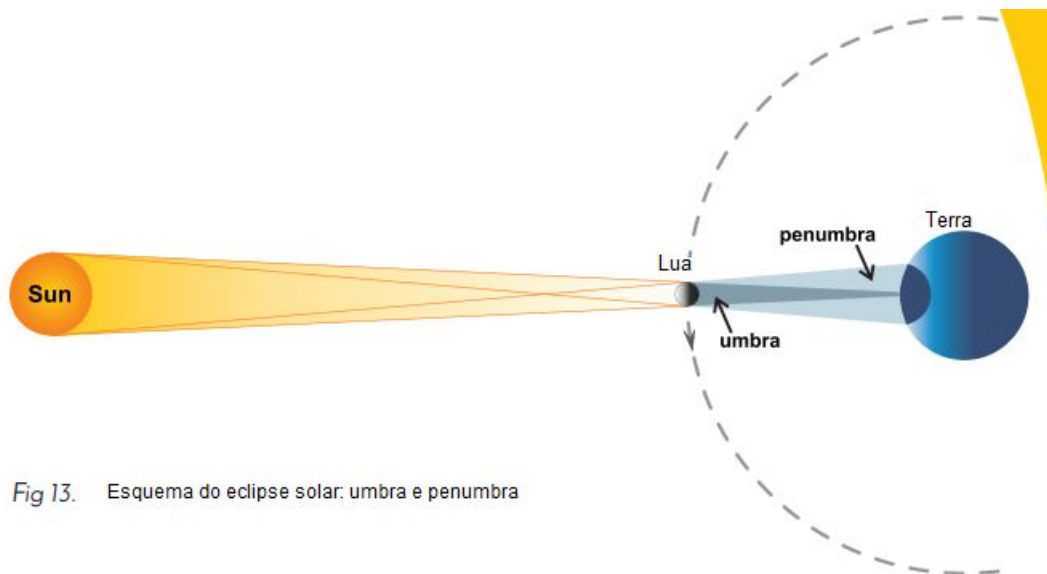


Fig 13. Esquema do eclipse solar: umbra e penumbra

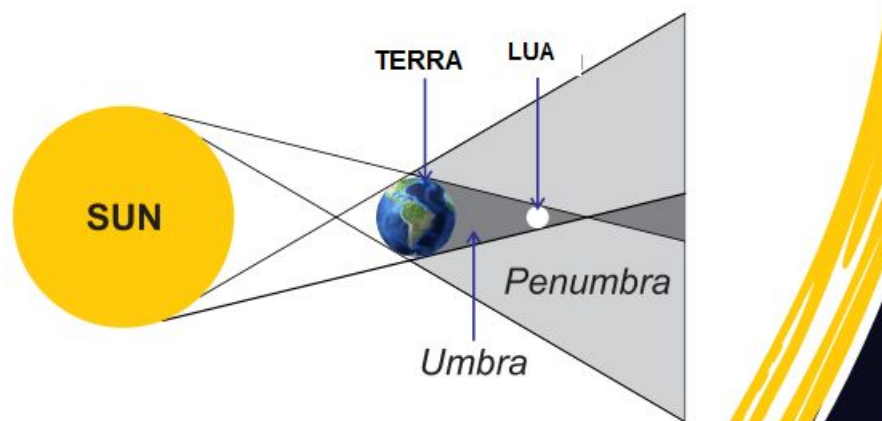


Fig. 14. Esquema do eclipse lunar: umbra e penumbra

Como resultado das zonas de eclipse, os eclipses podem-se classificar em diferentes tipos.

Existem três tipos de eclipses solares (Figura 15):

- Parcial: a Lua não cobre completamente o disco solar;
- Total: a Lua cobre completamente o Sol numa faixa (banda completa) da superfície da Terra. Fora da banda do eclipse total, este é parcial. Um eclipse total é para os observadores na Terra um cone da sombra da Lua, cujo diâmetro na superfície do nosso planeta não excede os 270 km. A duração total da fase pode durar até 7,5 minutos e o fenómeno completo dura mais de duas horas. Eclipses anulares têm uma duração máxima de 12 minutos. Eclipses parciais podem durar cerca de quatro horas.
- Anular: acontece quando a Lua está próxima do seu apogeu (ponto mais distante da Terra) e seu diâmetro angular é menor que o do Sol. Assim, mesmo na fase máxima de visibilidade do anel, o disco solar continua visível. Fora dessa zona, o eclipse é parcial.

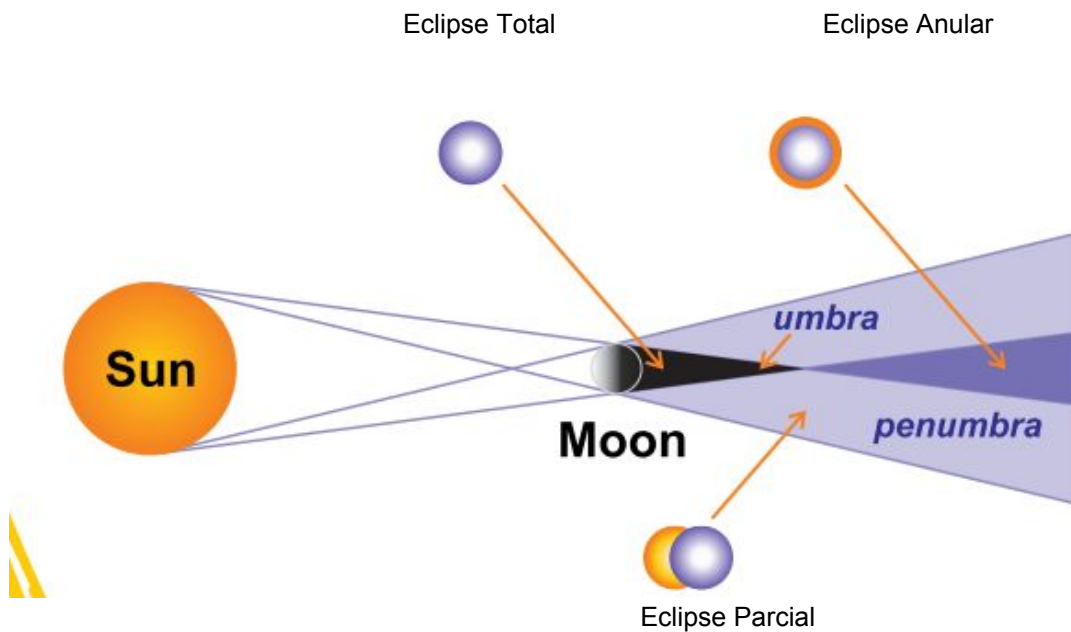


Fig. 15. Tipos de eclipses solares

Existem dois tipos de eclipses lunares (Figura 16):

- Parcial: O cone de sombra da Terra não cobre completamente o disco lunar.
- Total: O cone de sombra da Terra cobre completamente o disco lunar. A duração total da fase total pode variar entre 1,5 e 3,5 horas

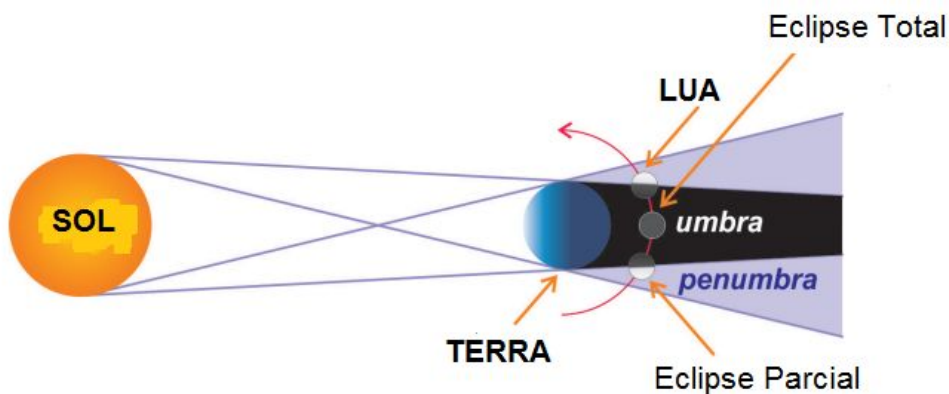


Fig. 16. Tipos de eclipses lunares

Eclipses solares nas próximas décadas

Eclipses solares, como mencionado anteriormente, são difíceis de ver e é por isso que incluímos a sua distribuição ao longo das décadas (Figuras 17 e 18).

Complementando os eclipses total e anular, existe outro tipo de eclipse muito raro: o eclipse híbrido. Este é muito especial e corresponde a uma combinação dos eclipses total e anular. Nalgumas regiões da Terra, esse tipo de eclipse parece anular, enquanto noutras é total.

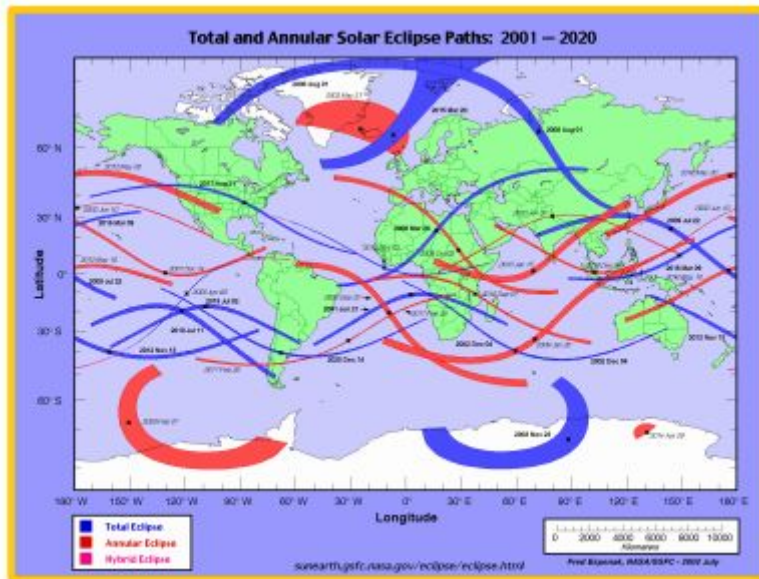


Fig. 17. Trajetórias dos eclipses solares totais e anulares de 2001 a 2020

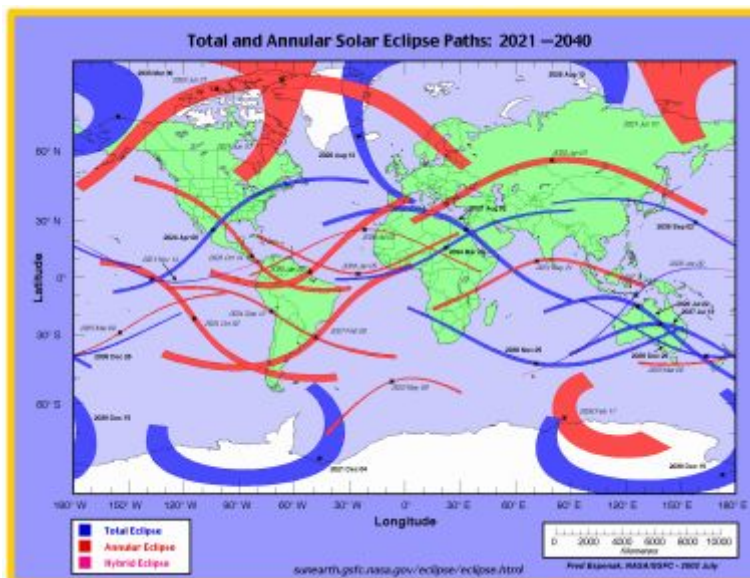


Fig. 18. Trajetórias dos eclipses solares totais e anulares de 2021 a 2040

Tamanhos e distâncias do sistema Terra-Lua-Sol

Aristarco (310-230 AC) deduziu a proporção entre a distância e raios do sistema Terra-Lua-Sol. Ele calculou o raio do Sol e Lua, a distância da Terra ao Sol e a distância da Terra à Lua em relação ao raio da Terra. Alguns anos depois Eratóstenes (280-192 AC) determinou o raio do nosso planeta e com isso foi possível calcular todas as distâncias e raios do sistema Terra-Lua-Sol. A proposta dessa atividade é repetir ambas as experiências com os alunos, repetindo o processo matemático e, o mais próximo possível, as observações feitas por Aristarco e Eratóstenes.

É importante mencionar que o trabalho dos dois cientistas pode ser descrito usando a linguagem matemática atual, para facilitar o acompanhamento do leitor.

Novamente a experiência de Aristarco

Aristarco fez diversas observações, em diferentes situações e com instrumentos simples e poucos recursos. Propomos novas observações e cálculos com um grupo de estudantes. Aristarco seguiu 5 passos para estabelecer a relação entre as distâncias e diâmetro. Assim, determinou:

- Distâncias Terra-Lua e Terra-Sol;
- Raios lunar e solar;
- Distância Terra-Lua e raio lunar ou Terra-Sol e o raio solar;
- Cone de sombra da Terra e raio lunar;
- No fim, relacionar todos em relação ao raio da Terra, que foi calculado com o método de Erastóstenes.

Relação entre as distâncias Terra-Lua e Terra-Sol

Aristarco determinou que o ângulo entre a linha Lua-Sol e Terra-Sol quando a Lua está na sua fase quarto é de $\alpha=87^\circ$. Atualmente sabemos que isso está ligeiramente errado, provavelmente devido à dificuldade em determinar com precisão o quarto da Lua. Na verdade esse ângulo é de $\alpha=89^\circ51'$. Contudo, o processo usado por Aristarco é perfeitamente correto.

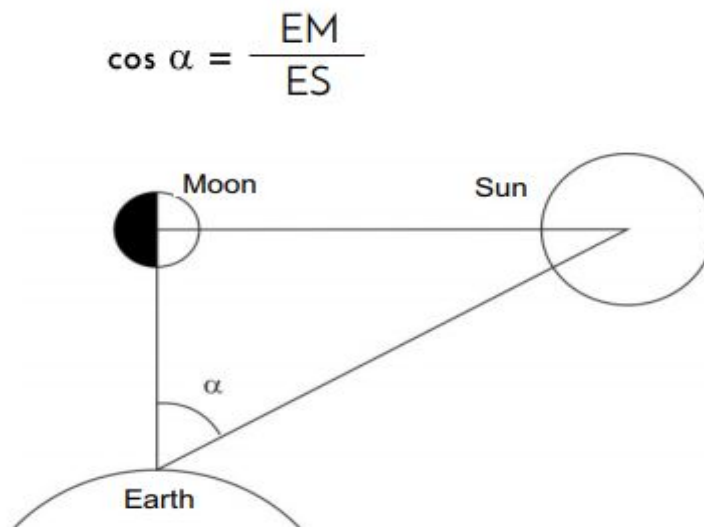


Fig. 19. Posição relativa da Lua na fase de quarto, onde ES é a distância da Terra ao Sol, e EM é a distância da Terra à Lua. Então aproximadamente,

$$ES = 400 EM$$

(Embora Aristarco tenha deduzido $ES = 19 EM$). Quando esta observação é feita com os alunos e um goniômetro simples, os resultados são ainda piores que aqueles de Aristarco, pois o ângulo a ser medido, comparado com o ângulo reto, é de apenas alguns minutos de arco.

Relação entre o raio da Lua e do Sol

A relação entre o diâmetro da Lua e o do Sol deve ser parecida com a obtida anteriormente, porque da Terra observamos o diâmetro de ambos como 0.5° . Assim, os diâmetros conferem que:

$$R_s = 400 R_M$$

Relação entre a distância da Terra à Lua e o raio lunar ou a distância da Terra ao Sol e o raio solar

Aristarco assumiu a órbita da Lua como um círculo em torno da Terra. Como o diâmetro observado da Lua é de $0,5$ graus, o caminho circular (360°) da Lua ao redor da Terra será 720 vezes o diâmetro. O comprimento deste caminho é 2π vezes a distância Terra-Lua, ou seja, $2R_M 720 = 2\pi EM$. Resolvendo, achamos,

$$EM = \frac{720R_M}{\pi}$$

Usando uma resolução similar, como o diâmetro do Sol tem um ângulo de $0,5$ graus da Terra, a distância Terra-Sol pode ser relacionada com o raio do Sol:

$$ES = \frac{720R_s}{\pi}$$

Relação entre as distâncias da Terra para o Sol e Lua e o raios da Lua, Sol e Terra

Durante um eclipse lunar, Aristarco observou que o tempo necessário para a Lua cruzar o cone de sombra da Terra era duas vezes o necessário para cobrir a superfície da Lua (Figuras 20a e 20b). Por isso, ele concluiu que o diâmetro da sombra da Terra era duas vezes o diâmetro da Lua, isto é, a razão dos dois diâmetros ou raios era 2:1. Hoje, sabemos que esse valor é 2.6:1. Hoje, com relógios digitais, os estudantes obtêm excelentes resultados, muito melhores que os de Aristarcos, que não tinha tamanha tecnologia ao seu dispôr.

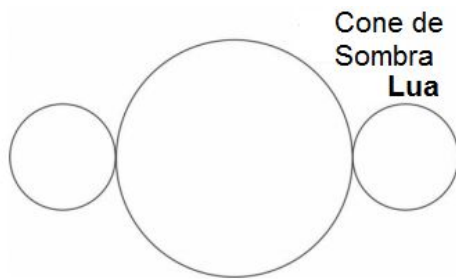


Fig. 20a. Medindo o cone da sombra

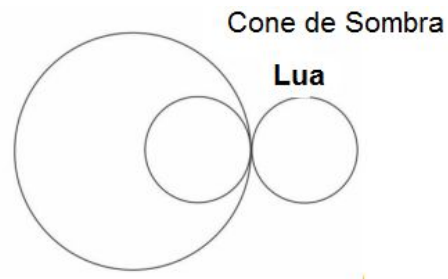


Fig. 20b. Medindo o diâmetro da Lua

Formulação final

Colocando o último resultado na fórmula (Figura 21), deduzimos a seguinte relação usando x como variável auxiliar que será removida.

$$\frac{x}{2.6R_M} = \frac{x+EM}{R_E} = \frac{x+EM+ES}{R_S}$$

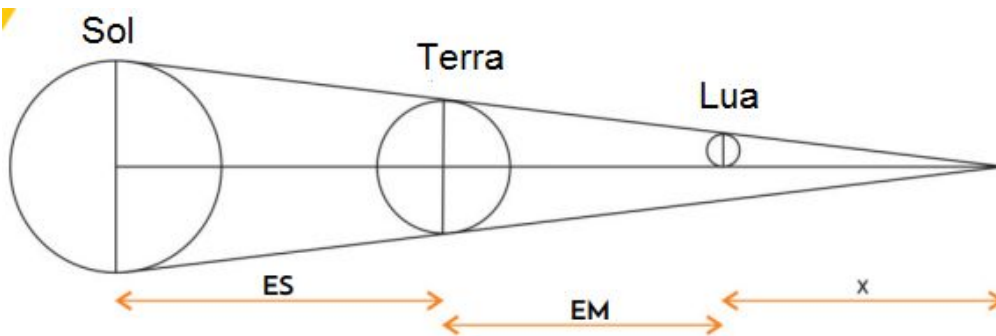


Fig. 21. Cone de sombra e posições relativas do sistema Terra-Lua-Sol

Introduzindo as relações $ES = 400 EM$ e $R_S = 400 R_M$ na expressão, podemos remover o x e, após simplificar, obtemos

$$R_M = \frac{401}{1440} R_E$$

que nos permite expressar todos os tamanhos mencionados anteriormente em função do raio terrestre. Assim,

$$R_S = \frac{2005}{18} R_E \quad ES = \frac{80200}{\pi} R_E \quad EM = \frac{401}{2\pi} R_E$$

onde apenas temos que substituir o raio do nosso planeta para obter todas as distâncias e raios do sistema Terra-Lua-Sol.

Após estes estudos mostrarem que o Sol é muito maior que a Terra e a Lua, é dificilmente justificável pensar que um objeto tão grande pudesse girar em torno de um objeto bem menor. De facto sabemos, por autores posteriores, que Aristarco estava a fazer um modelo heliocêntrico com o Sol no centro e a Terra orbitando-o.

Usando o valor utilizado atualmente para o raio terrestre, $R_E = 6378$ km, com o valor inicial podemos deduzir os diâmetros e distâncias seguindo Aristarco: $R_M = 1776$ km (real 1738 km), $EM = 408\,000$ km (real 384\,000 km), $R_S = 740\,000$ km (real 696\,000 km) e $ES = 162\,800\,000$ km (real 149\,680\,000 km). Tudo na mesma ordem de magnitude dos valores atuais.

Novamente a experiência de Erastóstenes

Erastóstenes era diretor da biblioteca de Alexandria. Num dos textos da biblioteca, ele leu que a cidade de Siena (agora Asuão) no dia do solstício de verão, ao meio-dia solar, o reflexo do Sol era refletido no fundo de um poço ou, o que é o mesmo, um pau vertical na superfície da Terra não produzia sombra. Ele notou que no mesmo dia, no mesmo horário, um pau em Alexandria produzia sombra. A partir disso, ele deduziu que a superfície da Terra não poderia ser plana, mas uma esfera (Figuras 22a e 22b).

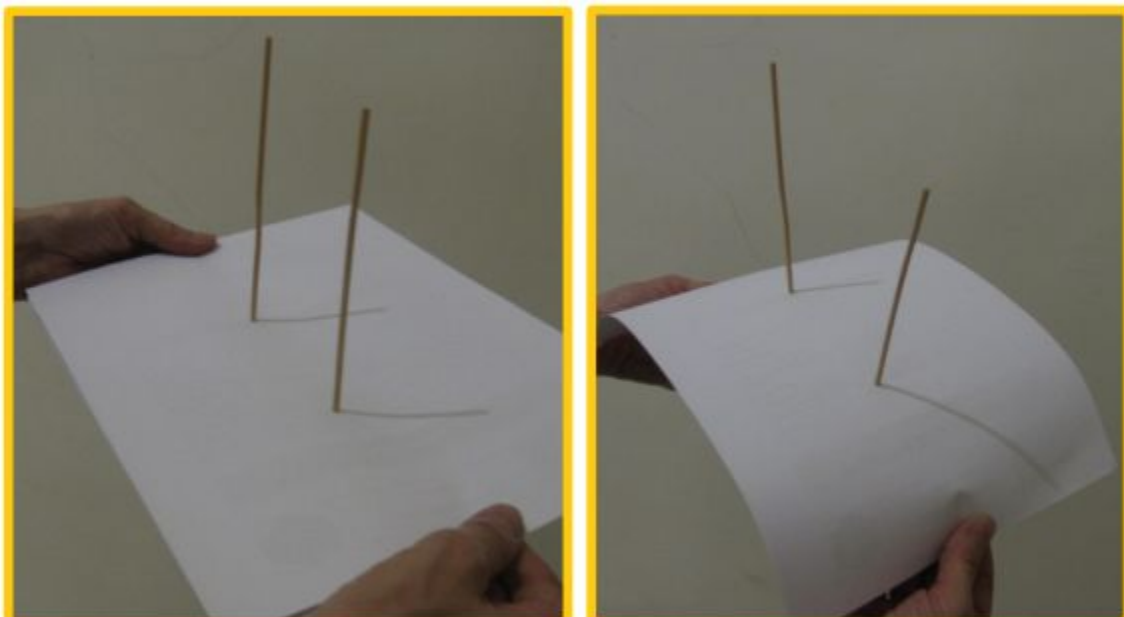


Fig. 22a e 22b. Numa superfície plana os dois pau produzem a mesma sombra (esquerda), mas quando a superfície é curva as sombras são diferentes (direita)

Consideremos dois paus colocados perpendicularmente ao chão, em duas cidades da superfície terrestre no mesmo meridiano (Figura 23). Assumimos que os raios solares são paralelos (porque o Sol está muito distante da Terra). Os raios solares produzem duas sombras, uma em cada pau. Isso é suficiente para medir ao mesmo tempo o tamanho da sombra de cada pau e dividir pelo comprimento para obter o ângulo entre os raios solares em cada pau (ângulos α e β respectivamente na Figura 23) usando as definições de tangente.

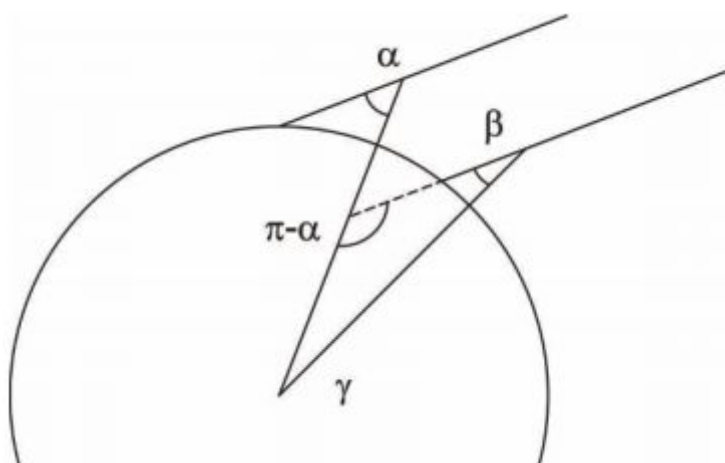


Fig. 23. Posicionamento do fio de prumo e ângulos na experiência de Erastóstenes

O ângulo central γ pode ser calculado impondo que o somatório dos três ângulos do triângulo (Figura 23) é igual a π radianos. Então $\pi = \pi - \alpha + \beta + \gamma$ e simplificando

$$\gamma = \alpha - \beta$$

Onde α e β foram obtidos pelo fio de prumo e a sua sombra.

Finalmente, estabelecendo a proporcionalidade entre γ , o comprimento do seu arco d (determinado pela distância acima do meridiano entre as duas cidades), e 2π radianos do círculo do meridiano e o seu comprimento $2\pi R_E$ achamos

$$\frac{2\pi R_E}{2\pi} = \frac{d}{\gamma}$$

Então deduzimos que,

$$R_E = \frac{d}{\gamma}$$

Onde γ é obtido pela observação e d é a distância em km entre as duas cidades. Podemos achar d a partir de um bom mapa. Se não puder fazer a experiência numa cidade no mesmo meridiano, é bom tentar em cidades que estão o mais próximo possível do mesmo meridiano.

No caso de Erastóstenes, o ângulo β era nulo e $\gamma = \alpha$ e, como a distância de Alexandria a Siena era conhecida como uma rota de caravana, foi possível deduzir o raio da terra dando resultados muito próximos do correto.

Como exemplo, analisemos os resultados obtidos por um grupo de estudantes de Barcelona e Ripoll (Espanha). Ambas as cidades estão no mesmo meridiano mas não muito distantes. Funciona melhor com distâncias maiores para ganhar precisão, mas os resultados neste caso não foram maus. Os ângulos obtidos nas cidades foram de $\alpha = 0.5194$ radianos, $\beta = 0.5059$ radianos e a diferença $\gamma = 0.0135$ radianos. Sabendo que a distância no mapa, em linha reta, entre as duas cidades era $d = 89.4$ km, deduzimos $R = 6600$ km (quando o valor real é 6378 km).

O objetivo destas atividades não é a precisão dos resultados. Na verdade, queremos que os estudantes tenham um exemplo dos resultados que é possível obter usando o conhecimento que acumularam durante o seu estudo e um pouco de habilidade.

Projeto internacional Erastóstenes

Como mencionado, são necessários dois observadores para medir o raio da superfície da Terra mas, qualquer escola se pode associar a projetos organizados para este fim. É de notar que, há mais de dez anos, a Universidade de Buenos Aires, na Argentina, em colaboração com a Biblioteca de Alexandria, a European Association for Astronomy Education (Associação Europeia para Educação em Astronomia - EAAE) e outras instituições de mais de 20 países organiza um "Projeto Erastóstenes" que inclui mais de 100 escolas. Neste caso, o desenvolvimento matemático é muito mais complexo e não corresponde ao conteúdo matemático do ensino secundário mas, é certamente muito interessante enviar os dados obtidos neste projetos permitindo o contato com estudantes de outros países.

Para mais detalhes (informação em Espanhol, Inglês e Português):

<http://df.uba.ar/es/actividades-y-servicios/difusion/proyectoeratostenes/eratostenes-2016>

Bibliografia

- Broman, L., Estalella, R., Ros, R.M., "Experimentos de Astronomía. 27 pasos hacia el Universo", Editorial Alambra, Madrid, 1988.

- Broman, L., Estalella, R., Ros, R.M., “Experimentos de Astronomía”, Editorial Alambra, México, 1997.
- Fucili, L., García, B., Casali, G., “A scale model to study solar eclipses”, Proceedings of 3rd EAAE Summer School, 107, 109, Barcelona, 1999.
- Lanciano, N., Strumenti per i giardino del cielo, Edizioni junior, Spaggiari Eds, Roma, 2016.
- Reddy, M. P. M., Affholder, M, “Descriptive physical oceanography: State of the Art”, Taylorand Francis, 249, 2001. • Ros, R.M., “Lunar eclipses: Viewing and Calculating Activities”, Proceedings of 9th EAAE International Summer School, 135, 149, Barcelona, 2005.
- Ros, R.M., Sistema Tierra-Luna-Sol: Fases y Eclipses, “14 pasos hacia el Universo”, Rosa M. Ros & Beatriz García ed., NASE – IAU, Ed. Antares, Barcelona, 2012.



Esta versão em português foi traduzida por voluntários da Astronomy Translation Network (Rede de Tradução de Astronomia), coordenada pelo National Astronomical Observatory of Japan (Observatório Astronómico Nacional do Japão) e pelo IAU Office for Astronomy Outreach (Gabinete da União Astronómica Internacional - UAI - para Divulgação da Astronomia).

Traduzido por Ana Carolina dos Santos

Revisão de João Ferreira e Catarina Leote

Revisão científica de José Silva

Data: 16 janeiro 2019