

---

## MÉTODOS DE PROJEÇÃO PARA OBSERVAÇÃO SEGURA DE ECLIPSES SOLARES<sup>+</sup>\*

---

*Norma Teresinha Oliveira Reis*

Ministério da Educação – MEC

Brasília – DF

*Nilson Marcos Dias Garcia*

DAFIS/PPGTE – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

*Pedro Sérgio Baldessar*

DAFIS – Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Curitiba – PR

### **Resumo**

*Apresentamos um estudo sobre eclipses e uma atividade educacional para o nível básico sobre métodos de observação segura do Sol. Este artigo traz, ainda, informações históricas e conceitos científicos acerca de eclipses solares e lunares, bem como conceitos sobre clima espacial. Os eclipses solares são fenômenos astronômicos de rara beleza que chamam a atenção de pessoas de todas as idades. Por isso, é importante conscientizar a respeito dos riscos associados com a exposição direta dos olhos à radiação solar e apresentar métodos para sua observação segura. A observação incauta do Sol pode provocar danos visuais severos, inclusive deficiência visual total. Considerando que a incidência de tais danos aumenta durante a ocorrência de eclipses solares, diferentes métodos de observação foram investigados em termos de riscos, vantagens e desvantagens. Concluiu-se que os métodos de projeção são os mais adequados para a observação segura do Sol. Três a-*

---

<sup>+</sup> Projection methods for safe observation of solar eclipses

<sup>\*</sup> *Recebido: agosto de 2011.  
Aceito: dezembro de 2011.*

*paratos de projeção de baixo custo e fácil montagem são apresentados. Eles permitem a observação segura de eclipses solares, contribuindo, dessa forma, para despertar o interesse de estudantes de nível básico para ciências espaciais e para a educação científico-tecnológica de uma forma geral.*

**Palavras-chave:** *Eclipses. Método de projeção. Ciências espaciais.*

### **Abstract**

*We present a study about eclipses and a pre-college educational activity about projection methods for safe observation of the Sun. This paper comprises historical information regarding solar and lunar eclipses, along with concepts of space weather. Eclipses are extremely beautiful astronomical phenomena that capture attention of individuals at all ages. For this reason, it is important to promote awareness of risks associated with direct eye exposure to solar radiation and to present methods for their safe observation. The incautious observation of the Sun can lead to severe visual damage, including total visual impairment. Considering that the incidence of eye injury increases during solar eclipses, different observation methods have been investigated in terms of risks, advantages and disadvantages. We conclude that projection methods are the best overall for the Sun safe observation. It is presented three low-cost and easy-to-assemble projection apparatus. They allow safe solar eclipse observation, thus contributing to capture students' interest towards space sciences and Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) education in general.*

**Keywords:** *Eclipses. Projection method. Space sciences.*

## **I. Introdução**

Ao longo dos séculos, a humanidade tem se deslumbrado com a visão de eclipses solares e lunares – uns dos mais notáveis espetáculos celestes observáveis a olho nu. Especialmente em tempos antigos, os eclipses solares causaram medo e

apreensão, pois as sociedades agrícolas eram bastante dependentes da luz e do calor do Sol para subsistirem. Os eclipses lunares, por sua vez, devido a sua coloração avermelhada<sup>1</sup> – que, de certa forma, remete à cor de sangue – também eram bastante temidos, pois tais fenômenos eram geralmente associados ao prenúncio de guerras. Ainda hoje existem civilizações e indivíduos que relacionam eclipses a profecias de fim dos tempos.

Hoje, a maioria das pessoas entende o mecanismo básico dos eclipses e, de modo geral, sua ocorrência não causa mais temor, mas sim admiração, além de serem fenômenos que permitem um sem número de medidas científicas. Em todo o mundo, milhares de pessoas se reúnem em praças públicas, residências, locais de trabalho e outros espaços para observar o obscurecimento do Sol ou da Lua. Entretanto, no que se refere ao eclipse do Sol, algumas precauções devem ser tomadas para que sua observação seja segura e não cause nenhum dano visual que possa transformar uma experiência de deslumbramento em um problema irreversível.

Neste artigo, serão explorados sucintamente os eclipses solares e lunares ao longo dos séculos e apresentadas algumas contribuições ao progresso da ciência devidas a observação destes fenômenos. Na sequência, será apresentado um referencial teórico trazendo conceitos básicos acerca do mecanismo de eclipses solares e lunares e sobre o ambiente Sol-Terra e, por último, métodos de projeção para a observação segura de eclipses solares.

Pretende-se, assim, oferecer ao professor de Física e de Ciências do nível básico referencial teórico e observacional que lhe permita explorar de forma contextualizada conceitos como eclipses solares e lunares; história da ciência e das civilizações associada à história dos eclipses; ciclo de manchas solares; conceitos de clima espacial, tais como plasmas solares, magnetosfera; dentre outros. Finalmente, pretendemos incentivar a observação segura de eclipses solares como estratégia pedagógica para dinamizar o estudo significativo dessas temáticas na educação formal, fomentando, ainda, o emprego do método científico, na medida em que os estudantes constroem, testam e operam seus próprios aparatos para observação indireta do Sol.

---

<sup>1</sup> O Sol, visto ao pôr do sol ou durante a alvorada, parece avermelhado, pois a luz solar atravessa uma grande espessura de atmosfera. É esta luz, avermelhada e desviada, que acaba chegando à Lua durante o eclipse lunar e lhe dá a famosa tonalidade avermelhada. Em poucas palavras: durante o eclipse lunar, a lua é fracamente iluminada pela luz de pôr do sol na Terra.

## II. Eclipses e história

Fenômenos astronômicos de rara beleza, os eclipses têm despertado curiosidade, paixão, medo e outros sentimentos intensos ao longo dos séculos. Antes de discutir aspectos científicos dos eclipses, é interessante entender melhor os significados objetivos e subjetivos do Sol em épocas antigas.

Sabe-se que o Sol e a Lua são os corpos celestes mais próximos da realidade humana. Por estarem mais diretamente relacionados a questões cotidianas, como os ciclos dos dias e das noites, das marés e das estações do ano, eles influenciavam atividades econômicas vitais como a agricultura. Em especial, as antigas civilizações agrícolas dependiam consideravelmente da luz e do calor do Sol para existir. O Sol era essencial para aqueles povos estimarem seus ciclos diário e anual, respectivamente associados aos movimentos rotacional e translacional da Terra. Eles estudavam os ciclos do Sol para saber a época adequada para realizar plantações, para preparar-se para o inverno, bem como para planejar cerimônias relacionadas às mudanças de estações. Assim, apesar de as culturas antigas serem bastante curiosas a respeito das estrelas e do Universo como um todo, muitas vezes por questões de ordem prática, o Sol e a Lua eram os corpos celestes que mais despertavam e mereciam sua atenção.

Nesse cenário, quaisquer mudanças inesperadas relacionadas ao estado normal do Sol e da Lua seriam motivo de grande apreensão. Os eclipses eram, geralmente, temidos por povos em tempos antigos. Em especial os eclipses solares, devido às supracitadas questões econômicas. A par disso, o Sol e a Lua foram considerados, em tempos antigos, deuses cósmicos que influenciavam ou mesmo determinavam acontecimentos na Terra. Finalmente, deve ter sido intrigante para as primeiras civilizações, que não tinham conhecimento do mecanismo dos eclipses, serem subitamente privadas da luz do Sol em pleno dia. Elas devem ter questionado: “Será o fim do mundo?” “Estão os deuses descontentes com nosso comportamento?”

A imaginação humana é muito criativa ao preencher lacunas de entendimento e, além disso, nós humanos, por vezes, tememos o desconhecido e qualquer coisa que não sejamos capazes de compreender e prever. Às vezes, movimentos combinados da Terra, do Sol e da Lua resultam no aparente “desaparecimento” do Sol ou da Lua, obscurecidos pela sombra projetada por um desses corpos celestes. Se não tivéssemos conhecimento prévio do desaparecimento do Sol em plena luz do dia durante um eclipse solar, temeríamos que a luz do Sol tivesse sido realmente extinta e que aquela escuridão repentina pudesse durar para sempre.

Embora o Sol fosse considerado um deus poderoso e um herói cósmico, acreditava-se que ele também tinha inimigos a combater. Por vezes, demônios da escuridão obscureciam-no e as pessoas imaginavam que seu deus não mais retornaria<sup>[1]</sup>. Igualmente, quando um eclipse lunar ocorria, a forma como a Lua era ocultada em uma vasta área de sombra e a maneira com que sua cor pálida transmutava para um vermelho sangue, supostamente indicariam alguma perturbação na ordem cósmica. Assim, não seria exagero imaginar que aquilo seria um sinal de fúria divina, ou a ação de algum poder demoníaco<sup>[2]</sup>. Por isso, surgiram numerosos mitos associados a eclipses solares e lunares.



*Fig. 1 - Eclipse lunar total em Maui, no Havai, em 16 de julho de 2000. O método de exposição múltipla foi utilizado para capturar o eclipse inteiro; uma segunda exposição capturou o crepúsculo. Crédito: © 2000 foto de Fred Espenak.*

O suposto desaparecimento do Sol e da Lua fora atribuído a diversas causas ao longo da história. Os antigos chineses acreditavam haver um temível dragão invisível no céu. Zangada com eles, a besta lendária devorava o Sol ou a Lua. Quando isso acontecia, a população seguia diversos rituais para espantar o dragão e resgatar a luz solar ou lunar. Uma antiga tradição chinesa consistia em bater tambores e potes, fazendo um tremendo barulho para espantar o dragão<sup>[2]</sup>. A batalha entre os poderes da luz e da escuridão, ou o apetite voraz de bestas místicas embasa várias explicações de eclipses.

Todavia, os eclipses não causavam medo a todas as civilizações antigas. Os esquimós, por exemplo, interpretavam tais fenômenos como sinais de boa sorte.

O Sol e a Lua abandonavam temporariamente seus lugares naturais no céu para assegurarem-se de que tudo estava transcorrendo bem na Terra. Algumas lendas de eclipses são histórias de amor e outras refletem crenças locais:

a) Na maioria das culturas aborígenes, acreditava-se que a Lua e o Sol eram marido e mulher respectivamente, puxando as cortinas do céu para assegurar privacidade à sua união.

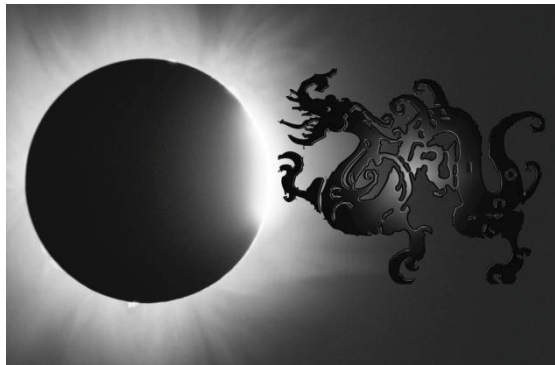


Fig. 2 - O dragão invisível. Povos na China antiga e nas culturas antigas do sudeste asiático acreditavam que um dragão engolia o Sol durante eclipses solares. Fonte: NASA.

b) Os atenienses, na Grécia antiga, acreditavam que os eclipses (solares ou lunares) eram causados por deuses furiosos; logo, eram considerados mau presságio.

c) Os maias, na América Central, acreditavam que, durante os eclipses lunares, um jaguar gigante devorava a Lua. Ele se movia pela escuridão e sua pele se assemelhava a um céu estrelado.

d) No Japão, poços eram fechados para evitar que a água fosse contaminada pelo suposto veneno que vinha dos céus, proveniente do eclipse<sup>[2]</sup>.

e) Na Escandinávia, acreditava-se que dois lobos chamados *Skoll* e *Hat* aterrorizavam o Sol e a Lua.

f) Na Índia, um monstro chamado *Rahu* teria a cabeça de um dragão e a cauda de um cometa. Ele dirigiria uma carruagem puxada por oito cavalos pretos que representavam o céu.

g) Os astecas acreditavam que as *Tzitzimine*, estrelas-demônio, causavam eclipses quando combatiam o Sol.

h) Na Bolívia, acreditava-se que cachorros corriam atrás do Sol e da Lua e mordiam-nos. Era o suposto sangue da Lua que a deixava avermelhada. A população gritava e gemia para espantar os cães<sup>[1]</sup>.



*Fig. 3 - Eclipse conjugal. Alguns povos tinham uma visão romântica dos eclipses: o Sol e a Lua são amantes que, quando se abraçam, apagam as luzes do céu para assegurarem sua intimidade. Crédito: © Biblioteca nacional da França (BnF), foto Jean-Loup Charmet. Fonte: Glorious Eclipses, Cambridge University Press.*

Não sabemos desde quando a humanidade tem observado eclipses. Sequências de marcas gravadas em ossos de animais datando de aproximadamente 30 mil anos sugerem as fases da Lua, de um ciclo a outro<sup>[3]</sup>. O fato é que a humanidade nunca foi indiferente aos eclipses. No decorrer da história, eles têm sido apontados como afetando ou mesmo determinando eventos históricos importantes. Queda e ascensão de impérios, reis coroados ou destronados, vitórias ou derrotas de tropas em batalhas, seriam supostamente resultantes de alinhamentos aleatórios do Sol, da Terra e da Lua.

Atualmente, a maioria das pessoas compreende o mecanismo básico dos eclipses do Sol e da Lua e não teme mais estes fenômenos. Sempre que ocorrem, pessoas de diferentes idades e nacionalidades se reúnem, em todo o mundo, para observá-los. Esses magníficos espetáculos celestes são, também, observados por estudantes e educadores de todos os níveis. Tais fenômenos são capazes de despertar o fascínio de jovens para o Universo e estimulá-los a aprender mais sobre o ambiente espacial.

O exemplo do astrônomo dinamarquês Tycho Brahe (1546-1601) ilustra bem esse fato. Ele abandonou o curso de direito e abraçou a Astronomia após observar um eclipse quando tinha 14 anos. As contribuições de Brahe para a Astronomia foram bastante significativas. Antes de Brahe, as medidas relativas aos astros eram bastante inexatas. Brahe aperfeiçoou instrumentos de medidas e desenvolveu tabelas precisas para a observação de estrelas e planetas. Ele catalogou com grande precisão mais de mil estrelas<sup>[4]</sup>.

### III. Eclipses e o progresso da ciência

Eclipses constituem um canal efetivo para despertar a curiosidade das pessoas acerca das maravilhas do Universo, além de estimular o desejo humano pela exploração. Os eclipses abriram portas para importantes descobertas científicas. Em épocas antigas, os eclipses lunares constituíram uma prova da esfericidade da Terra. Eles foram elementos fundamentais para os debates de Pitágoras, Aristóteles e outros filósofos. Assim, durante um eclipse da Lua ocasionado pela sombra da Terra projetada sobre a superfície lunar, a forma daquela sombra representaria o formato de nosso planeta<sup>[2]</sup>.

O astrônomo grego Aristarco de Samos (310-230 a.C.) utilizou eclipses para estimar os tamanhos relativos da Terra e da Lua pela curvatura do disco lunar e pela curvatura da sombra da Terra nele projetada, estando o Sol, a Terra e a Lua alinhados nesta sequência. Ele também estimou a distância da Terra à Lua e da Terra ao Sol, bem como o tamanho do último. Aristarco demonstrou, ainda, que o Sol se encontra mais distante que a Lua e é maior que a Terra<sup>[4]</sup>.

Os eclipses bloqueiam a fotosfera (superfície do Sol, visível a olho nu) e revelam a presença de uma “atmosfera” acima do Sol para além de um raio solar. Esse meio se tornou assunto de extensivo estudo no século dezenove e a observa-



ção de eclipses revelou uma porção interior brilhante, a cromosfera<sup>2</sup>, bem como um halo muito extenso correspondente a supracitada “atmosfera” do Sol, a na<sup>3[4]</sup>. Por volta do final do século dezanove, os astrônomos perceberam que a corona era essencial para a compreensão de diversos fenômenos solares, como as auroras. Em 1930, o astrônomo francês Bernard Lyot (1897-1952) inventou o coronógrafo, instrumento que permitia que os eclipses totais do Sol fossem reproduzidos, escolhendo-se determinado horário e local<sup>4</sup>.



*Fig. 4 - A magnificente corona. Esta imagem agrega 22 fotos processadas digitalmente, destacando detalhes de um eclipse total do Sol ocorrido em agosto de 1999. As fotos da parte exterior da corona solar foram digitalmente alteradas para melhorar a luminosidade e dar destaque a ondas e filamentos. Crédito: © 1999, Fred Espenak.*

---

<sup>2</sup> Camada da atmosfera solar logo acima da fotosfera. Estende-se por 10 mil km acima da fotosfera e a temperatura aumenta de baixo para cima, tendo um valor médio de 15 mil K. Nessas temperaturas elevadas, o hidrogênio emite luz de coloração avermelhada.

<sup>3</sup> Camada externa da atmosfera solar, visível a olho nu durante um eclipse solar, pode também ser observada por meio de filtros especiais e câmeras de raio-x a bordo de satélites. A corona é formada por plasmas quentes, de até 1.5 milhões de graus centígrados e produz o vento solar.

<sup>4</sup> Site do programa Dia Sol-Terra da NASA, <<http://sunearthday.nasa.gov/>>.

De acordo com a astrônoma estadunidense Maria Mitchell (1818-1889), os eclipses solares em certas épocas amedrontavam a maioria das pessoas que ignoravam seu mecanismo básico. Antes objeto de estudo somente de astrônomos, os eclipses solares tornaram-se especialidades também de químicos, físicos e fotógrafos. O telescópio, a câmera e o espectroscópio passaram a trabalhar juntos, cada qual encarregado de sua tarefa específica, encontrando seu campo mais frutífero no Sol<sup>[5]</sup>. Por exemplo, decorrente da observação do eclipse de 16 de agosto de 1868, na Índia, o professor francês Pierre Janssen (1824-1907) descobriu, por meio de recursos espectroscópicos, intrigantes sinais de um elemento ainda não descoberto na Terra, que foi denominado Hélio. Em 20 de outubro do mesmo ano, o cientista e astrônomo inglês Sir Joseph Lockyer (1836-1920) descobriu, no espectro solar, o mesmo elemento químico que Janssen havia descoberto durante o mencionado eclipse solar na Índia. O Hélio tornou-se, assim, o primeiro elemento químico descoberto fora da Terra.

Um eclipse solar que assumiu significativa importância nos tempos modernos ocorreu em 29 de maio de 1919, quando o astrofísico britânico Arthur Eddington (1882-1944) utilizou-o para testar a Teoria da Relatividade Geral, demonstrando que campos gravitacionais fortes, como o do Sol, são capazes de curvar a luz de estrelas, conforme previsto pela teoria de Einstein. O eclipse foi observável no Brasil, no município de Sobral, no Ceará, para onde vieram expedições internacionais para observar o fenômeno<sup>[6]</sup>.

Os eclipses solares são utilizados para fotografar e estudar a composição e dinâmica da corona solar, somente visível quando o disco brilhante do Sol, ou fotosfera, é completamente encoberta. Os cientistas também se beneficiam destes eventos para estudar fenômenos relacionados ao clima espacial, como os “flares” solares (gigantescas explosões) e as ejeções de material coronal. Estes fenômenos são importantes, pois são capazes de afetar sistemas espaciais e atividades como telecomunicações, navegação, bem como o trabalho complexo de astronautas no espaço, especialmente durante atividades extraveiculares.



Fig. 5 - Sobral e o eclipse de 1919. A cidade de Sobral, no Ceará, como era em 1919, e um monumento para celebrar o eclipse do Sol. Fonte: Sítio da Sociedade Brasileira de Física (SBF), <<http://www.sbfisica.org.br>>.

#### IV. Conceitos básicos

Eclipses ocorrem, basicamente, quando pelo menos três corpos celestes ficam alinhados<sup>5</sup>. O termo *eclipse solar*, na realidade, é incorreto, pois o fenômeno constitui, na verdade, uma *ocultação*. Um *eclipse* ocorre quando um corpo celeste passa pela sombra projetada por outro corpo celeste (como durante um eclipse da Lua). Uma *ocultação* ocorre quando um corpo celeste passa em frente a outro. Quando a lua nova passa em frente ou oculta o Sol, conforme visto da Terra, a Lua também projeta uma pequena sombra sobre o planeta. Uma “ocultação” do Sol constitui, assim, também, um “eclipse” parcial da Terra<sup>6</sup>. Na sequência, apresentamos um conjunto de perguntas e respostas, abordando aspectos fundamentais sobre o mecanismo dos eclipses.

##### a) Quando ocorrem eclipses solares?

Quando qualquer parte da Terra entra em qualquer parte da sombra da Lua, há um eclipse do Sol em algum local do planeta<sup>[7]</sup>.

---

<sup>5</sup> Extraído do site “Eclipses”, <<http://www.eclipsesubed.co.uk/>>.

<sup>6</sup> Extraído do site “Crystalinks”, mantido por Ellie Crystals ©1995-2008, <<http://www.crystalinks.com/eclipse.html>>.

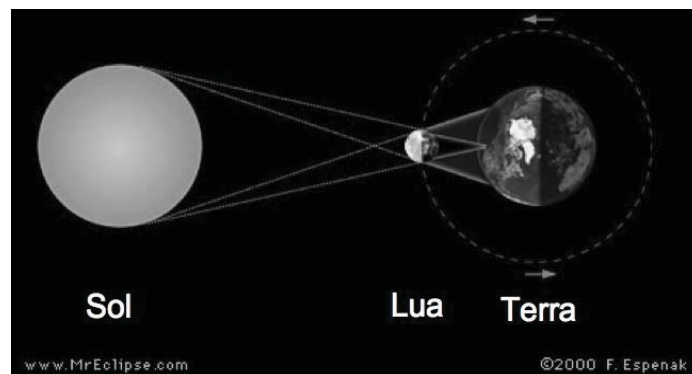


Fig. 6 - A geometria de um eclipse solar. Devido a esta geometria única, durante um eclipse solar a Lua oculta o Sol de forma quase perfeita. Extraído com permissão do site de Fred Espenak, <<http://www.mreclipse.com/>>.

Essa configuração somente pode ocorrer durante a lua nova, quando o Sol, a Lua e a Terra se encontram alinhados, com a Lua no meio.

**b) Por que não ocorre um eclipse solar a cada lua nova?**

A órbita da Lua ao redor da Terra não se encontra no mesmo plano orbital da Terra ao redor do Sol. A órbita da Lua é inclinada cerca de 5 graus em relação ao plano orbital da Terra, a *eclíptica*. A Lua cruza o plano da eclíptica a cada catorze dias e meio, em dois pontos específicos. Durante o restante do tempo, a Lua se encontra acima ou abaixo do plano orbital da Terra. O alinhamento completo do Sol, da Lua e da Terra não é tão frequente, pois somente acontece quando a lua nova ocorre em um destes pontos<sup>[8]</sup>.

**c) Por que o Sol e a Lua aparentam ter o mesmo tamanho durante um eclipse solar?**

O diâmetro da Lua é de cerca de 3.500 km, enquanto o Sol tem em torno de 1.400.000 km de diâmetro. Uma das mais notáveis coincidências da natureza consiste em que a Lua e o Sol aparentam ser do mesmo tamanho, quando vistos da Terra, pelo fato de que, apesar de o Sol ser 400 vezes maior em diâmetro que a Lua, ele também se encontra 400 vezes mais distante da Terra que a Lua<sup>[8]</sup>.

#### d) Quantos tipos de eclipses solares existem?

Há quatro tipos de eclipses solares. Eles são classificados de acordo com a maneira como a Lua obscurece o disco solar.

Quadro 1 – Tipos de eclipses solares

<b>Tipo</b>	<b>Descrição</b>
Parcial	O Sol é parcialmente ocultado pela Lua.
Total	A Lua encobre totalmente o Sol, ou seja, ocorre a totalidade.
Anular	O centro da Lua passa em frente ao centro do Sol, enquanto a Lua se encontra próxima do apogeu. O diâmetro angular da Lua é, então, menor que o do Sol, de modo que um anel do Sol pode ainda ser visto ao redor da Lua.
Híbrido	Parte do tempo é total (Sol totalmente encoberto) e parte do tempo é anular. Na maioria dos casos, eles começam anulares, tornam-se totais e terminam anulares.

Além destes quatro tipos de eclipses solares naturais, atualmente os astrônomos são capazes de produzir eclipses artificiais, bloqueando o Sol com um “disco ocultante”, tecnicamente chamado coronógrafo, o qual fica a bordo de sondas espaciais na órbita da Terra. Este equipamento permite que os astrônomos estudem a fraca corona solar a qualquer momento e de forma contínua.

#### e) Os eclipses solares são fenômenos raros?

Não. Na verdade, eles são mais comuns que eclipses lunares. Em qualquer período anual, há pelo menos cinco eclipses solares, enquanto não pode haver mais que três eclipses lunares e, por vezes, nenhum. Combinando eclipses solares e lunares, é possível que, em um ano, ocorram, no máximo, sete eclipses<sup>[8]</sup>. Note-se que a referência é a eclipses solares em geral. Eclipses solares totais são fenômenos raros que ocorrem em algum ponto da superfície terrestre aproximadamente a cada 18 meses. Estima-se que eles se repitam em um determinado local apenas uma vez a cada 300 a 400 anos.

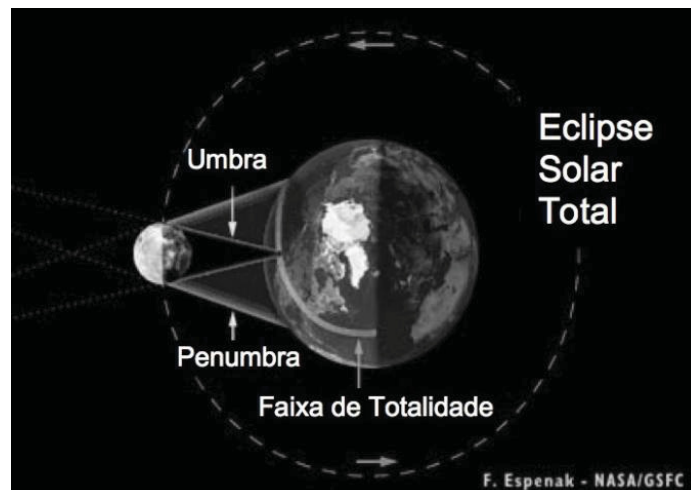
#### f) Os eclipses solares totais são fenômenos de curta duração?

Sim. Eclipses solares totais duram apenas alguns poucos minutos e representam uma oportunidade única de observar a corona do Sol sem equipamento es-

pecializado. O mais longo eclipse solar total durante o período de 8 mil anos, de 3000 a.C. ao ano 5000 de nossa era, ocorrerá em 16 de julho de 2186, quando a totalidade durará 7 minutos e 29 segundos<sup>7</sup>.

**g) Qual é a fase mais notável de um eclipse solar total?**

A *totalidade*, quando o Sol fica completamente obscurecido pela Lua. Ela nunca dura mais que 7 minutos e 40 segundos. Durante cada milênio, ocorrem menos de 10 eclipses solares totais durante os quais a fase de totalidade excede 7 minutos. Somente durante a totalidade a coroa pode ser observada sem equipamento especializado, razão pela qual os eclipses solares totais são tão importantes para os astrônomos.



*Fig. 7 - Geometria do Sol, da Terra e da Lua durante um eclipse solar. As duas sombras da Lua são a penumbra e a umbra (tamanhos e distâncias fora de escala). Extraído com permissão do site de Fred Espenak, <<http://www.mreclipse.com/>>.*

---

<sup>7</sup> Previsões de eclipses por Fred Espenak, astrônomo do Centro de Voo Espacial NASA Goddard.

#### **h) O que é a faixa de totalidade?**

A sombra da Lua é composta pela sombra externa ou *penumbra* e pela sombra interna ou *umbra*. Na região coberta pela penumbra, somente parte do Sol é ocultada. Opostamente, a umbra central, mais escura, constitui a sombra de um eclipse total. Durante um eclipse total, a umbra atravessa a Terra de oeste para leste e o curso por ela percorrido é denominado *faixa de totalidade*. Qualquer pessoa situada no interior desta zona verá o Sol completamente obscurecido pela Lua por aproximadamente sete minutos. Fora desta faixa, mas ainda na penumbra, é possível observar um eclipse solar parcial. A faixa da umbra dificilmente ultrapassa 300 km de extensão, enquanto que a da penumbra se estende por cerca de 7.000 km<sup>[8]</sup>.

#### **i) É fácil, hoje, prever um eclipse solar?**

Sim! Hoje é fácil compreender o movimento dos corpos celestes e calcular as forças atuando sobre eles com grande precisão. Programas de computador alimentados com essas informações as processam e podem determinar o período e a geometria de eclipses, tanto para o tempo futuro quanto para o tempo passado. Podem ser calculados, dentre outros, os efeitos da relatividade, precessão e marés, obtendo resultados com precisões de segundo para eclipses relativamente próximos do tempo presente<sup>8</sup>.

#### **j) Os eclipses solares são visíveis em qualquer parte da Terra?**

Não. Eclipses solares podem ocorrer em qualquer ponto da superfície terrestre, mas, diferentemente de eclipses lunares, nunca são visíveis em um hemisfério inteiro do planeta, mas somente em uma estreita faixa. Em outras palavras, a sombra da Lua sobre a Terra tem uma extensão limitada e, por esta razão, só os observadores nessa região apreciarão o espetáculo. Ocorre que os movimentos combinados da Lua e da Terra durante o evento fazem com que a sombra da Lua pareça caminhar ao longo da superfície terrestre descrevendo um caminho, a famosa “faixa de totalidade” (umbra). Nesta faixa, com, no máximo, cerca de 300 km de largura, os eclipses solares são visíveis de modo total e, nas demais regiões do lado iluminado da Terra, cobertas pela penumbra, o fenômeno pode ser observado de forma parcial. Quanto mais distante da faixa de totalidade, menor a parte eclipsada do Sol.

---

<sup>8</sup> Comunicação pessoal do astrônomo Louis A. Mayo, do Centro de Voo Espacial NASA Goddard.

### k) Quando ocorrem eclipses lunares?

Um eclipse lunar ocorre quando nosso planeta projeta sua sombra na Lua, ocultando-a parcial ou totalmente. O evento pode ser observado em um hemisfério inteiro da Terra, e a Lua assume uma coloração avermelhada. Se a Lua inteira for coberta pela umbra, ocorrerá um eclipse total. Se somente parte da Lua atravessa a umbra, o resultado é um eclipse parcial. Um eclipse lunar parcial pode ser difícil de detectar porque o brilho da Lua diminui de forma pouco intensa.

### l) Os eclipses lunares são visíveis em qualquer parte da Terra?

Não. O evento é visível durante a noite em um hemisfério da Terra e a totalidade geralmente dura mais de uma hora<sup>[5]</sup>. Do início ao fim, um eclipse lunar pode durar até 3 horas e 40 minutos. Seu período de totalidade é maior em comparação a um eclipse solar, pois, devido aos tamanhos e às distâncias relativas entre a Terra, a Lua e o Sol, a sombra da Terra projetada sobre a Lua é muito mais extensa que aquela projetada pela Lua sobre a Terra, por ocasião de um eclipse solar.

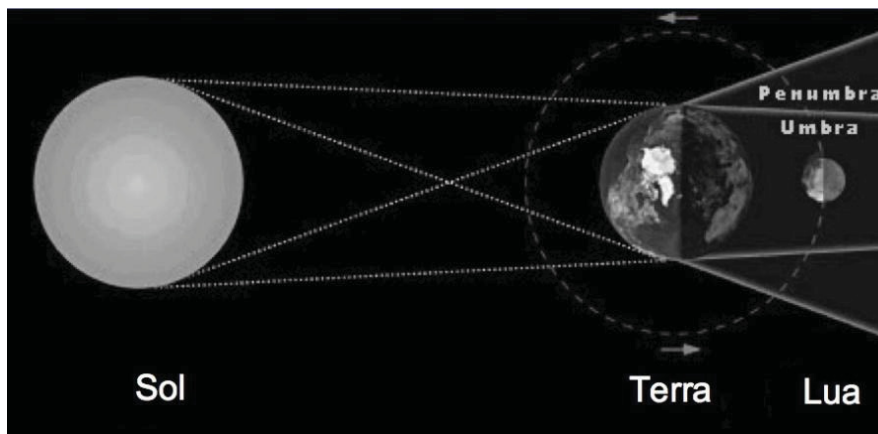


Fig. 8 – Geometria do Sol, da Terra e da Lua durante um eclipse lunar. As duas sombras da Terra são a penumbra e a umbra (tamanhos e distâncias fora de escala). Extraído com permissão do sítio de Fred Espenak, <<http://www.mreclipse.com/>>.



### m) O que são trânsitos?

Trânsitos constituem um caso especial de eclipse, que ocorre com a passagem de um planeta ao longo do disco solar. Os trânsitos observáveis a partir da Terra são os dos planetas internos (Mercúrio e Vênus), somente. Eles são bem mais raros que eclipses solares. Em média, ocorrem somente 13 trânsitos de Mercúrio a cada século. Trânsitos de Vênus, por sua vez, geralmente ocorrem aos pares, com oito anos separando os dois eventos. Há um intervalo de mais de um século entre cada par de trânsitos. O primeiro trânsito observado na História foi o do planeta Mercúrio, em 1631, pelo astrônomo francês Pierre Gassendi (1592-1655). Em 1639, os astrônomos ingleses Jerimiah Horrocks (1618-1641) e William Crabtree (1610-1644) tornaram-se os primeiros a observar um trânsito de Vênus<sup>9</sup>.



*Fig. 9 - Trânsito de Vênus. Em um bairro da Eslováquia foi obtida essa foto rara, que mostra Vênus e a Estação Espacial Internacional (ISS) transitando o Sol ao mesmo tempo. Crédito: Tomas Maruska © 2004. Fonte: NASA.*

## V. O ambiente Sol-Terra

O Sol envia energia, na forma de radiações eletromagnéticas visíveis (luz) e invisíveis (raios-x, ultravioleta, infravermelhos, microondas e ondas de rádio), para a Terra e para outros planetas de nosso sistema solar, bem como partículas

<sup>9</sup> Extraído do site das NASA sobre eclipses, <<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/eclipse.html>>.

que formam o vento solar. O espaço entre a Terra e o Sol não é vazio, mas preenchido com o que se denomina de *plasma*<sup>10</sup> – também conhecido como o quarto estado da matéria – uma espécie de “gás” eletricamente condutor, de energia elevadíssima e rarefeito, sendo composto por uma imensa quantidade de elétrons e íons positivos livres em quantidades praticamente iguais, e com colisões entre partículas tão frequentes que o átomo mal pode se manter coeso, sendo, portanto, fortemente influenciado por campos eletromagnéticos.

Em um gás comum, os átomos contêm quantidades iguais de cargas positivas e negativas; as cargas positivas no núcleo estão cercadas por um número igual de elétrons negativamente carregados e cada átomo é eletricamente neutro. Um gás se torna um plasma quando a adição de calor ou outra forma de energia faz com que uma quantidade significativa de átomos liberem alguns ou todos os seus elétrons. As partes restantes de tais átomos ficam com uma carga positiva e os elétrons se movimentam livremente. Aqueles átomos e o gás eletricamente carregado resultante chamam-se “ionizados”. Quando há um número suficiente de átomos ionizados a ponto de afetar as características elétricas do gás, ele passa a se chamar plasma<sup>11</sup>.

Plasmas existem em temperaturas elevadíssimas da ordem de milhares ou talvez milhões de kelvin. Nestas temperaturas, os átomos se quebram e partículas elementares individuais são liberadas no espaço<sup>[9]</sup>. A fração de partículas não carregadas em um plasma varia substancialmente, de mais de 95% na ionosfera baixa a menos de 1% no vento solar – o fluxo contínuo de plasmas emanados do Sol. Os plasmas, todavia, conduzem eletricidade e possuem outras propriedades que os tornam mais que um simples tipo de “gás” elétrico<sup>12</sup>.

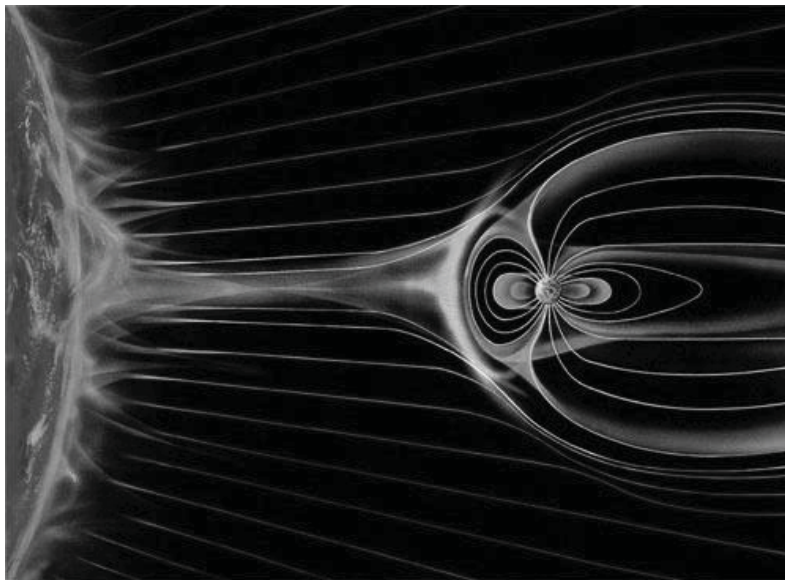
A matéria no interior do Sol se encontra em estado plasmático. Este astro ejetta continuamente enormes quantidades de plasma, formando a corona e o vento solar. A radiação energética neste plasma emanado do Sol seria perigosa para a vida na superfície da Terra se nosso planeta não fosse protegido pela atmosfera e por um campo geomagnético<sup>[10]</sup>, além de seu ambiente de plasma total, a magnetosfera.

---

<sup>10</sup> Mais informações no *site* Plasmas.org, <<http://www.plasmas.org/>>.

<sup>11</sup> Extraído do *site* <<http://www.plasmacoalition.org/>>.

<sup>12</sup> Extraído do *site* mantido pela Coalizão para a Ciência de Plasmas ©1999, 2000, <<http://www.plasmascoalition.org/>>.



*Fig. 10 - Ambiente de plasma espacial do Sol e da Terra. Explosão de energia magnética próxima à superfície solar ejeta plasmas para fora do Sol. Estruturas de campo magnético aparecem em cinza claro. Fonte: NASA.*

A magnetosfera e a ionosfera da Terra constituem um sistema de plasma. Trata-se da região definida pela interação de plasmas solares com o campo magnético da Terra em forma de dipolo, que se estende em cerca de 85 km acima da superfície terrestre para mais de 60 mil km na direção do Sol e para muitas centenas de raios da Terra na direção oposta à do Sol<sup>[11]</sup>. O vento solar interage com a magnetosfera, de modo que o lado voltado para o Sol é comprimido e o lado oposto ao Sol é alongado. A magnetosfera protege a Terra contra os efeitos do clima espacial – vento solar, explosões solares, ejeções de material coronal, partículas solares energéticas, dentre outros.

Fluxos de plasma emanados do Sol, associados a “flares” solares<sup>13</sup> ou ejeções de material coronal<sup>14</sup> podem, por vezes, ocasionar distúrbios na magnetosfera,

---

<sup>13</sup> O termo vem do inglês “solar flare”. Um “flare” consiste na explosão mais intensa, repentina e rápida que ocorre na superfície do Sol, de onde são liberadas quantidades enormes de energia durante um breve intervalo de tempo. Tais explosões podem durar de poucos minutos a algumas horas, sendo ocasionadas pela colisão de manchas solares de polaridades opostas. Os “flares” liberam plasmas aquecidos a milhões de kelvin e energia equivalente a bilhões de bombas de hidrogênio.

causando tempestades magnéticas ou auroras<sup>[12]</sup>. As auroras brilham nas regiões polares da Terra; elas são, também, conhecidas como luzes aurais ou boreais<sup>15</sup>. De acordo com Peratt e Strait<sup>[13]</sup>, auroras são “cortinas não definidas, ondulatórias que se movem e dançam (...) são a manifestação visível de enormes e invisíveis correntes elétricas abraçando a Terra. A aurora é um *show* natural de luz de plasma.” Estas exibições resultam de plasmas do vento solar filtrados pelo campo magnético que envolve a Terra, eventualmente colidindo e excitando átomos e moléculas ionosféricas e fazendo com que eles irradie cores diferentes. Elas são mais comumente observadas no lado escuro da Terra em latitudes elevadas.



*Fig. 11 - Aurora. Esta imagem, obtida em janeiro de 2005, mostra uma espetacular aurora boreal sobre uma paisagem gélida no Alasca, EUA. Fonte: NASA.*

Plasmas oriundos do vento solar também viajam aos confins de nosso sistema solar. Além do vento solar, o ambiente espacial que circunda os planetas e sa-

---

<sup>14</sup> Ejeções de material coronal são explosões que expõem plasmas solares da coroa do Sol, em forma de bolha de plasma superaquecida. Esta bolha se expande para além da coroa, preenchendo o meio interplanetário com seus fragmentos e campo magnético. Cada ejeção libera de 1 a 10 bilhões de toneladas de plasma, levando de 2 a 3 dias para chegar até a Terra.

<sup>15</sup> Extraído do *site* Tradições do Sol, mantido por UC Regents ©2005, <[http://www.traditionsofthesun.org/chaco\\_book\\_eng/index.html](http://www.traditionsofthesun.org/chaco_book_eng/index.html)>.

télites está preenchido por plasmas, incluindo os raios cósmicos (partículas carregadas de alta energia) bem como partículas capturadas em magnetosferas planetárias. Todos os planetas, bem como o próprio sistema solar, possuem seus próprios ambientes de plasma espacial.

De fato, mais de 99% do Universo visível se encontra no estado plasma, de onde deriva a metáfora de Tony Peratt, “Universo Plasma”<sup>[11]</sup>. Podem ser encontrados plasmas no meio interestelar e intergaláctico, em formas difusas, tais como nebulosas e em formas mais quentes e condensadas, como estrelas ou supernovas<sup>16</sup>.

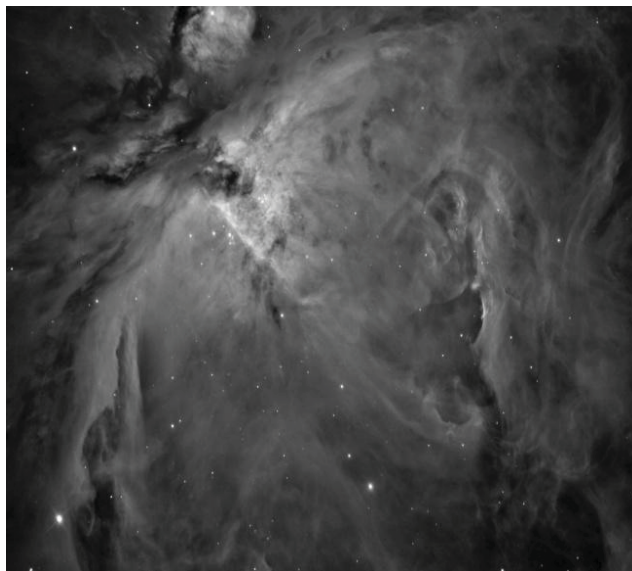
O clima espacial se refere à interação de plasmas oriundos do Sol (via vento solar) com o ambiente espacial da Terra<sup>[14]</sup>. Em outras palavras, ele resulta do comportamento do Sol, da natureza do campo magnético da Terra e do ambiente espacial, bem como de nossa localização no sistema solar. Por meio de complexas conexões, o Sol, o vento solar, a magnetosfera e a ionosfera podem influenciar o desempenho e confiabilidade de sistemas tecnológicos espaciais e terrestres<sup>[15]</sup>. Durante períodos de intensa atividade solar (tempestades solares), o Sol libera quantidades gigantescas de energia ejetadas no estado de plasma.

Campos magnéticos na superfície do Sol ajudam a acelerar os plasmas energéticos, especialmente próximos a manchas solares e o fluxo resultante através do vento solar pode impactar o ambiente espacial da Terra. Em um intervalo de tempo de um a quatro dias, plasmas vindos do Sol deformam a magnetosfera terrestre, comprimindo-a no lado voltado ao Sol, enquanto que o lado oposto é estendido no espaço, fazendo com que ela assuma a forma de um cometa com cauda muito alongada. Parte deste plasma é filtrado através das fronteiras externas de nossa magnetosfera e seguem o campo magnético da Terra em direção às regiões polares norte e sul, onde as partículas plasmáticas (especialmente elétrons) colidem com a alta atmosfera para gerar as auroras polares<sup>[16]</sup>.

Alguns efeitos nocivos de clima espacial são tempestades solares, que ocorrem quando partículas energéticas e fótons ameaçam atividades humanas na Terra e no espaço, podendo atingir astronautas em atividades extraveiculares, e tripulações de passageiros em aeronaves. Tempestades geomagnéticas graves podem interferir em sistemas de navegação e comunicação, reduzir o tempo de vida útil de satélites de observação e comunicação. Elas podem, ainda, perturbar órbitas de naves espaciais e provocar blecautes de energia.

---

<sup>16</sup> Extraído do *site* “Perspectives on Plasmas - the fourth state of matter”, mantido por Dr. Timothy E. Eastman, Plasmas Internacional ©1999, 2004, <<http://www.plasmas.org/>>.



*Fig. 12 - O universo plasma. Regiões intensas de nascimento de estrelas no centro da nebulosa de Órion aparecem nesta imagem Hubble. Todas as regiões visíveis aqui e a maior parte das regiões entre elas são dominadas por plasmas contendo partículas neutras, íons, elétrons e campos elétricos e magnéticos. Fonte: NASA.*

Em função dessas condições climáticas, astronautas no espaço precisam monitorar o Sol e ter acesso a boletins de clima espacial para proteger a si mesmos e a seus sistemas espaciais. Cientistas que estudam o clima espacial, similarmente a meteorologistas estudando padrões de temperatura na atmosfera terrestre, procuram entender e prever quando e onde tempestades espaciais devem ocorrer. As previsões dependem da pesquisa sobre a natureza complexa do Sol, seu ambiente de plasma e da resposta da magnetosfera terrestre<sup>[16]</sup>.

## **VI. Observando o Sol com segurança com o método da projeção**

Os eclipses solares são fenômenos bastante populares e, em todo o mundo, pessoas se reúnem para apreciar o disco solar brilhante ser obscurecido pela Lua em plena luz do dia. Entretanto, é necessário ter cautela acerca dos riscos de observar o Sol sem proteção adequada para os olhos e adotar medidas de segurança

para assegurar que tal experiência inspiradora não resulte em dano visual sério e irreparável, ou mesmo em cegueira. Nesta seção, apresentamos métodos para observação de eclipses solares e oferecemos detalhes sobre o método que consideramos mais seguro, qual seja, a projeção.

É perigoso observar o Sol a qualquer momento, quando quaisquer partes de sua fotosfera estiverem visíveis. O Sol emite intensos fluxos de radiação eletromagnética, incluindo infravermelha, ultravioleta e luz visível. Observar o Sol sem proteção adequada pode causar danos irreparáveis para a visão. Quando a retina é exposta à luz visível intensa, ela pode ser danificada de forma irreparável, embora a pessoa não sinta dor no momento da observação<sup>17</sup>.

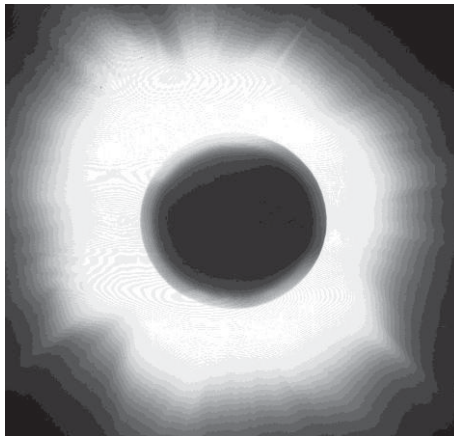


Fig. 13 – Eclipse total do Sol. Essa imagem, de 1937, exibe a corona solar. Fonte: Observatório Solar Mauna Loa, <[http://mlso.hao.ucar.edu/mlso\\_eclipses.html](http://mlso.hao.ucar.edu/mlso_eclipses.html)>.

A despeito de alguns indivíduos se sentirem tentados a observar o Sol diretamente durante eclipses solares, este procedimento é bastante arriscado. Uma alta incidência de dano visual é registrada durante eclipses solares, pois muitos indivíduos desconhecem métodos apropriados para a observação segura do fenômeno. Alguns métodos observacionais bastante conhecidos, apesar de populares, são pouco seguros. Por exemplo, observar o Sol diretamente através de qualquer tipo de aparato ótico – binóculo, telescópio ou luneta – pode ser muito perigoso. Da mesma forma, óculos de sol padrão ou polaroides não são filtros solares. Apesar de

---

<sup>17</sup> Extraído do *site* NASA Eclipse, <<http://eclipse.gsfc.nasa.gov/SEhelp/safety2.html>>.

propiciarem algum alívio visual em um dia ensolarado, eles nunca devem ser utilizados para observar diretamente o Sol. De fato, o uso de óculos de sol para observar eclipses é de pouca utilidade porque eles são ineficientes em filtrar a radiação invisível e danosa que pode causar sérios danos à retina. Mesmo polaroides cruzadas não podem ser utilizadas para observar o Sol durante as fases parciais de um eclipse solar porque elas não oferecem proteção alguma para este fim<sup>18</sup>. Outros métodos improvisados, tais como observar o Sol em um balde com água, ou olhar através de plásticos escuros, tais como chapas radiográficas, são igualmente perigosos.

Estritamente falando, é seguro observar a fase total de um eclipse solar quando a fotosfera se encontrar totalmente encoberta pela Lua. A corona do Sol será visível, assim como a cromosfera e, possivelmente, os “flares” solares (tempestades em sua superfície). Entretanto, mesmo sob tais condições, existe considerável risco em se tentar ver, sem proteção, o final da fase de totalidade e o retorno do Sol “exposto”, porque todas as partes do disco solar brilham com semelhante intensidade e as pupilas dos olhos do observador, por estarem recebendo pouca luz, se encontram ainda totalmente abertas. Visualizar mesmo uma pequena fração do disco solar pode causar dano permanente à visão. Com efeito, um por cento da superfície solar é cerca de 4 mil vezes mais brilhante que a lua cheia<sup>[17]</sup>. Por não ser seguro, não é recomendável observar a fase total de um eclipse solar por meio de binóculo, telescópios, ou mesmo a olho nu.

Em quaisquer circunstâncias, diversas precauções devem ser tomadas para proteger os olhos durante observações do Sol. Há uma vasta gama de métodos utilizados para a observação direta do Sol. Um deles consiste em utilizar filtros apropriados para bloquear a radiação perigosa. Estes filtros devem ser apropriadamente fabricados e certificados. Entretanto, uma pequena imperfeição nestes equipamentos pode causar danos irreparáveis para os olhos. Logo, esse tipo de observação deve ser sempre, e somente, realizada pelo profissional de astronomia com o equipamento adequado, e filtros devidamente fabricados para este fim.

Dos vários métodos utilizados para observar o Sol, os mais seguros são os denominados *métodos de projeção indireta*<sup>19</sup>. Um deles consiste em projetar a imagem do Sol em um pedaço de papel branco utilizando binóculo com uma das lentes cobertas, ou fazendo um pequeno furo (cerca de 1 mm de diâmetro) em um

---

<sup>18</sup> Extraído do *site* Mr. Eclipse, mantido por Fred Espenak, <<http://www.mreclipse.com/>>.

<sup>19</sup> Ver “Observando Eclipses de Forma Segura”, <<http://www.mreclipse.com/Totality/TotalityCh11.html>>.



pedaço de alumínio colado em um tubo de papel, geralmente chamado câmara escura ou “pinhole”. A maior vantagem destes métodos é que eles evitam quaisquer riscos de dano visual, devido ao fato de que eles não requerem qualquer contato dos olhos com a radiação solar. Na medida em que o observador não olha para o Sol diretamente em momento algum, mas somente para uma imagem projetada do Sol em uma superfície, os riscos de dano visual são totalmente evitados. Entretanto, é necessário ser cauteloso para assegurar que os alunos não olhem diretamente através do projetor (telescópio, binóculo, etc.), pois isso poderia causar dano visual irreparável. É necessário tomar cuidados especiais se crianças estiverem participando das observações.

Em síntese, a observação de eclipses constitui uma oportunidade singular de apreciar a beleza do Cosmos e pode ser realizada de forma segura, contanto que as devidas precauções sejam tomadas. Nas próximas páginas, é apresentada uma atividade educativa para montagem e utilização de aparatos de projeção indireta, seguidas de recomendações pedagógicas. A ideia consiste em envolver os alunos na observação de eclipses para que eles se tornem interessados por ciências espaciais e pelas demais disciplinas científicas.

### **Métodos de projeção**

Os métodos de projeção para a observação segura do Sol podem ser utilizados por professores do nível básico como uma estratégia eficiente para explorar muitas questões sobre o Sol e fenômenos a ele relacionados, que podem permear a imaginação dos estudantes: “O que é o Sol? Se ele é uma estrela, por que ele é tão mais brilhante que aquelas que são vistas durante a noite? Se o Sol é tão maior que a Lua, por que estes dois astros parecem ser do mesmo tamanho, quando observados a partir da Terra (este fato fica ainda mais explícito durante um eclipse solar total, quando a Lua oculta totalmente o Sol, deixando visível somente sua corona)? Por que não ocorre um eclipse solar a cada lua nova? Os eclipses solares são visíveis em todo o planeta? Qual a diferença entre o mecanismo de eclipses solares e lunares? Para estimular o debate acerca de tais questões, serão apresentados detalhes de construção e operação de três aparatos de observação indireta do Sol. Eles são fáceis de montar e os materiais necessários são acessíveis e de baixo custo.

### **Observação Indireta do Sol**

Aqui, apresentamos três aparatos que permitem observar uma imagem do Sol projetada em uma superfície. Mesmo sem contato visual direto com o Sol, a qualidade desta imagem é suficientemente boa para que se observe a sequência de

um eclipse solar, bem como manchas solares na superfície do Sol, por exemplo, com a vantagem de não oferecer riscos para a visão.

**Objetivos:**

- Promover conscientização sobre os riscos de observar o Sol sem proteção adequada.
- Explorar métodos para a observação segura de eclipses solares, de manchas solares e outros elementos presentes na superfície do Sol.
- Promover o emprego do método científico na construção e no teste de aparatos de observação indireta do Sol.
- Despertar o interesse dos alunos por pesquisa científica sistemática.
- Motivar o estudo de conteúdos em Astronomia e Física.

**Aparato 1 – Método de Projeção Simples**

**a) Materiais**

- 01 folha de cartão opaco;
- 01 folha de papel claro para receber a projeção;
- 01 prego ou outro dispositivo perfurante.

**b) Construção do aparato e procedimentos observacionais**

- i. Faça um furo de cerca de 2 mm no cartão opaco, por exemplo, uma cartolina ou outra superfície mais resistente. Este furo não precisa ter necessariamente uma forma definida.
- ii. Segure o cartão ou folha em branco na direção do Sol e voltado para a folha de papel claro ou outra superfície branca para receber a projeção do Sol.
- iii. A imagem do Sol aparecerá projetada sobre a superfície escolhida e poderá ser observada sem riscos para a visão.

**Aparato 2 – Método da câmera escura ou Pinhole**

**a) Materiais**

- 01 caixa retangular (por exemplo, uma caixa de sapato);
- 01 prego ou outro dispositivo perfurante;
- papel branco;
- tesoura;
- cola.

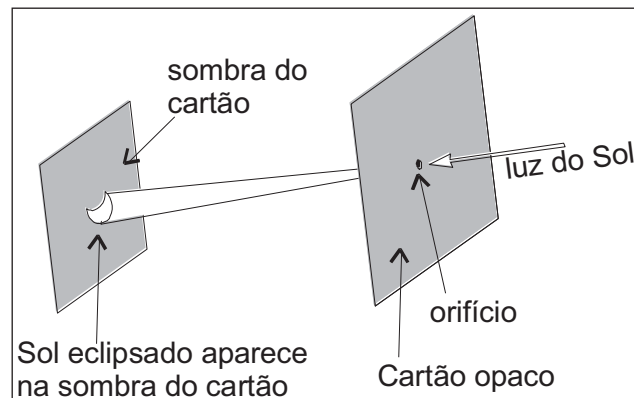


Fig. 14 – Cartão de projeção. Crédito: Pedro S. Baldessar (UTFPR).

#### b) Construção do aparato e procedimentos observacionais

- i. Usando tesoura, faça uma abertura na parte central superior da superfície da caixa (conforme mostrado na figura), de modo que esta abertura forme uma tampa que os alunos possam abrir para observar a imagem projetada.
- ii. Usando um prego ou outro instrumento perfurante, faça um pequeno orifício em uma das superfícies quadradas do aparato.
- iii. Alinhe o fundo da caixa e o orifício na direção do Sol.
- iv. Oriente os alunos a observarem, pela abertura feita na caixa, a imagem projetada do Sol na superfície da caixa oposta àquela na qual o pequeno orifício foi feito.

Observe a imagem projetada do Sol nesta superfície e note que ela é mais precisa que aquela fornecida pelo aparato descrito anteriormente, devido ao fato de que o ambiente de projeção se encontra fechado.

#### Aparato 3 - Método de projeção utilizando binóculo ou luneta

##### a) Materiais

- binóculo ou luneta;
- 01 folha de papel;
- 01 cartão escuro;
- 01 cartão branco.

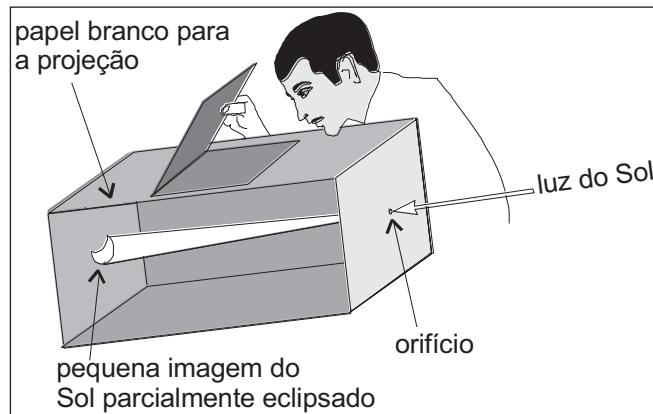


Fig. 15 - Caixa de projeção da câmera pinhole. Crédito: Pedro S. Baldesar (UTFPR).

#### b) Construção do aparato e procedimento observacionais

- i. Cubra uma das lentes do binóculo com um cartão opaco ou similar para utilizar apenas uma das lunetas do aparelho.
- ii. Coloque um outro cartão opaco (cartão para sombrear) para formar uma sombra no cartão branco da projeção.
- iii. Posicione o cartão de projeção, de preferência branco, para receber a luz que sai da ocular do binóculo.
- iv. Ajuste a ocular do binóculo até que seja observada uma imagem nítida da borda do Sol.

**Obs.:** Ao se optar pela luneta, devem-se seguir os itens ii. a iv.

A imagem fornecida por este aparato é ainda mais nítida que a obtida pelos experimentos anteriores, pelo fato de que as lentes do binóculo permitem uma convergência controlada da luz que vem do Sol, no cartão de projeção.

Este método permite obter uma imagem do Sol de proporções variáveis e maiores que a das montagens citadas anteriormente. Isto se dá porque há a possibilidade de alterar a posição do cartão para a projeção e melhorar a nitidez da imagem projetada ajustando a ocular do dispositivo. Como podem ser obtidas imagens grandes do disco solar, este método é perfeito para a visualização das manchas solares e dos trânsitos dos planetas interiores.

Nem todos os binóculos ou as lunetas individuais prestam-se ao experimento. Os conhecidos binóculos de teatro, formados por lunetas de Galileu, não permitem a projeção da imagem, pois sua ocular é formada por um sistema óptico divergente.

Neste último método, é necessário informar aos alunos que, em hipótese alguma, eles devem observar o Sol através das lentes do binóculo, pois isso poderia causar dano visual irreversível ou mesmo cegueira. Por motivos de segurança, recomenda-se que o professor esteja presente durante a realização dos procedimentos observacionais.

### Recomendações

É possível despertar o interesse dos alunos por Astronomia e Física a partir da construção e do teste de diferentes aparatos de observação indireta de eclipses solares, orientando-os a realizarem registros sistemáticos do fenômeno astronômico observado, seguindo o método científico. Os aparatos podem ser utilizados, também, para observar, em qualquer época, elementos na superfície do Sol, tais como manchas solares.

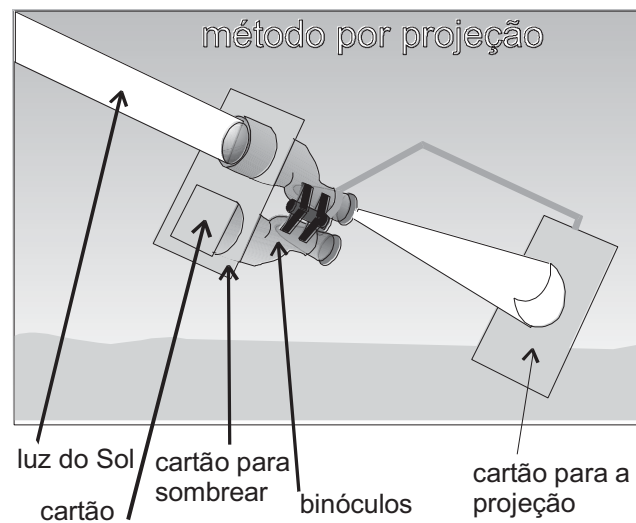


Fig. 16 - Método da projeção usando binóculo. Crédito: Pedro S. Baldessar (UTFPR).

Para a observação de eclipses solares, é, aqui, apresentada uma sugestão de atividades. Inicialmente, sob a supervisão do professor, que dará as orientações e a assistência necessária, a classe poderá ser dividida em equipes de 4 a 5 alunos que serão orientados a construir seu próprio aparato de observação (qualquer um dos três anteriormente descritos). Sugere-se que equipes diferentes construam aparatos diferentes, de modo que possam ser comparadas as vantagens e desvantagens de cada um deles.

Posteriormente, os alunos são deslocados para uma área ensolarada, onde ocorrem os procedimentos observacionais. É importante que o professor esteja presente durante as observações, para certificar-se de que os aparatos estejam funcionando adequadamente e de que os alunos estejam realizando as observações de forma adequada e segura. Sugere-se que todos os alunos possam observar a imagem projetada do Sol através de cada um dos três aparatos construídos, de modo que possam comparar as imagens fornecidas, para discussão posterior.

Durante a observação de eclipses solares, os alunos podem tirar fotos da sequência de imagens projetadas que eles observaram, registrar a hora em que a Lua começou a projetar sua sombra no disco solar (ou seja, o momento em que o eclipse tem início), medir quanto durou a totalidade e registrar o momento em que o eclipse terminou.

Depois que os registros observacionais estiverem completos, os alunos reúnem-se novamente e cada equipe apresenta seus resultados. Este processo permite a socialização de diferentes resultados e percepções coletadas durante as atividades experimentais realizadas. Tais atividades levam os alunos a compartilharem o que aprenderam, levantarem questões, discutirem métodos observacionais empregados, dificuldades encontradas, dentre outras impressões. Este retorno pode ser utilizado para melhorar aulas futuras. A par disso, na medida em que os alunos conduzem apresentações orais, eles desenvolvem habilidades de comunicação utilizadas pelos cientistas para compartilhar resultados.

Como atividades adicionais, sugere-se pesquisa sobre a história dos eclipses, seu impacto em civilizações ao longo dos séculos, estudo do clima espacial, acesso a *sites* na *internet* para se inteirar do progresso de missões espaciais atuais que estudam o Sol e suas descobertas sobre o ambiente espacial, manchas solares, trânsito dos planetas interiores (Mercúrio e Vênus), bem como visitas guiadas a planetários, museus científicos e espaciais, centros espaciais ou locais similares – dessa vez, somente para fins de entretenimento, sem tarefas relacionadas. A ciência precisa ser apreciada pelo que ela é, e os alunos do nível básico devem ser estimulados a apreciar a descoberta e a exploração.

## VII. Conclusões

Na sociedade do conhecimento, a educação científico-tecnológica e a inovação desempenham um papel fundamental no desenvolvimento acadêmico global do aluno, ajudando-o a melhor se beneficiar das Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), bem como a melhor se preparar para os atuais desafios, tanto do mundo acadêmico quanto do mundo do trabalho e para uma inserção digna na sociedade do conhecimento. Nesse sentido, investimentos consistentes nestas áreas são fundamentais para assegurar desenvolvimento sustentável às nações e bem-estar social em uma sociedade global.

Finalmente, trata-se de um direito de todo cidadão ser educado em conceitos e princípios fundamentais de ciência e tecnologia. Este conjunto de conhecimentos é usualmente chamado “alfabetização científica” ou “proficiência científica” Por tais razões, investimentos em educação científico-tecnológica constituem prioridade na agenda governamental de muitos países. Entretanto, não é sempre fácil motivar alunos a discutirem e aprenderem ciência e tecnologia. Desafios reais, questões intrigantes, contextualização, abordagem histórica, linguagem e abordagem adequadas, atividades “mão na massa”, uso pedagógico das TIC, dentre outros, são exigidos para, efetivamente, despertar o interesse dos alunos por conteúdos científico-tecnológicos.

A Astronomia é uma porta importante para a ciência e tecnologia em geral e para o ensino de Física em particular. Ela compreende explicações teóricas associadas a atividades práticas relacionadas a tópicos tais como eclipses e clima espacial, temas aqui abordados. Os alunos podem melhor entender a Física por meio de atividades educativas relacionadas à Astronomia. A aplicação de estratégias pedagógicas nesta área do conhecimento é mais atraente aos alunos que somente explorar explicações teóricas. O motivo principal para isso é que a Astronomia integra diversos campos de conhecimento, oferecendo aos alunos uma ‘visão panorâmica’ das ciências, na qual eles podem visualizar, por exemplo, princípios e conceitos físicos que estudam nos livros, em um cenário real e integrado. A atividade sobre observação do Sol por métodos de projeção que apresentamos pode contribuir para que estudantes de Física e Ciências despertem seu interesse por diversos conteúdos científicos e busquem de forma autônoma mais conhecimentos nestas áreas.

Observar o céu é certamente mais atraente que falar sobre ele, assim como viajar ao espaço deve ser muito mais atraente que observá-lo somente. Acreditamos que, quanto mais forem oferecidas aos alunos experiências educativas instigantes e práticas, como a aqui apresentada, maior a probabilidade de que eles tenham o desejo de visitar seus livros e a *internet* para explorar e aprender mais

sobre ciências espaciais e conteúdos científico-tecnológicos de uma forma geral. O desejável é que eles sejam estimulados a continuarem a aprender ao longo da vida, procurando encontrar ferramentas para resolver questões cotidianas em um mundo que se transforma rapidamente, no qual é difícil acompanhar todos os avanços em ciência e tecnologia e mais, que se sintam estimulados a observar e buscar compreender, de forma prazerosa, as maravilhas e os mistérios do Cosmos.

### **Agradecimentos**

Especiais agradecimentos da autora Norma Teresinha Oliveira Reis a Deus, pela inspiração, e a seus orientadores, Dr. Timothy E. Eastman e Dr. Louis A. Mayo, ambos cientistas no Centro de Voo Espacial NASA Goddard, por toda orientação e pelas contribuições para a elaboração da pesquisa que originou este artigo. Norma agradece, também, ao Centro de Voo Espacial NASA Goddard, onde esta pesquisa foi realizada.

### **Referências**

- [1] ANDREWS, T. **Wonders of the Sky** - Wonders of nature: natural phenomena in science and myth. Westport: Libraries Unlimited, 2004.
- [2] BRUNIER, S.; LUMINET, J. P. **Glorious eclipses: their past present and future**. Cambridge: Cambridge University Press, 2000.
- [3] DUNCAN, S. **Eclipse: the celestial phenomenon that changed the course of history**. Washington: Joseph Henry Press, 2001.
- [4] WILSON, R. **Astronomy through the ages: the story of the human attempt to understand the Universe**. London: CRC Press, 1997.
- [5] MITCHELL, M. **APS Online**, v. 26, n. 37, 1869.
- [6] SOARES, M. N. M. **Eclipse de 1919: múltiplas visões**. 2. ed. Sobral: Edições UVA, 2003.
- [7] NEWTON, R. R. **Medieval chronicles and the rotation of the earth**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1972.
- [8] ESPENAK, F. **Fifty year canon of solar eclipses**. NASA Scientific and Technical Information Office, Washington, DC, 1987.



- [9] MARGULIS, L.; PUNSET, E.; SUZUK, D. T. (Contributor) **Mind, life, and Universe**: conversations with great scientists of our time. Chelsea Green, White River Junction, 2007.
- [10] LANG, K. R. **Sun, Earth and Sky**. Berlin Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1997.
- [11] PERATT, A. L. **Physics of the Plasma Universe**. New York: Springer-Verlag, 1991.
- [12] DAVID, G.; KEVIN, B. **Living with a star**: from sunscreen to space weather - Teacher's guide for grades 6-8. Berkeley: University of California, 2003.
- [13] PERATT, A.; STRAIT, G. C. World and I. v. 14, Sept. 1999. Available at: <<http://www.highbeam.com/doc/1G1-55937486.html>>
- [14] REIS, N. T. O. *et al.* (Contributor) Education and technology for a better world. 9th IFIP TC 3 In: WORLD CONFERENCE ON COMPUTERS IN EDUCATION, 2009, Springer, Germany.
- [15] THE NATIONAL ACADEMIES PRESS. The Sun to the Earth and beyond: a decadal research strategy in solar and Space Physics. Solar and Space Physics Survey Committee, National Research Council Washington, DC, 2003. Available at: <<http://www.nap.edu/catalog/10477.html>>.
- [16] GARCIA, L.; EASTMAN. T. **Space weather. About Plasmas**. The Coalition for Plasma Science, 2009. Available at: <<http://www.plasmacoalition.org>>.
- [17] LITTMAN, M.; WILLCOX, K.; SPENAK, F. **Totality**: Eclipses of the Sun. ed. 2 New York, Oxford: Oxford University Press, 1999.