

# OCULTAÇÕES TOTAIS DE ESTRELAS PELA LUA: COMO OBSERVAR E REGISTRAR

**Breno Loureiro Giacchini**

**bgiacchini@yahoo.com.br**

## **Resumo**

*Uma ocultação total de uma estrela pela Lua ocorre quando a Lua, durante o seu movimento orbital, “passa na frente” de uma estrela. Esse tipo de observação pode fornecer importantes dados tanto acerca da estrela a ser ocultada quanto da Lua. Alguns exemplos da importância da observação e registro preciso de ocultações de estrelas pela Lua são: a descoberta de estrelas duplas, o aperfeiçoamento do conhecimento do limbo lunar, a determinação da posição da Lua com grande precisão, a medição do tamanho angular de certas estrelas, a detecção de variações no movimento da Terra e a análise dos efeitos do movimento próprio do satélite Hipparcos em suas medições de posições estelares. O registro desses fenômenos não requer instrumental muito caro ou sofisticado e está geralmente ao alcance do interessado. Mesmo com pequenos telescópios (ou binóculos) é possível realizar esse tipo de observação. Outro fator de incentivo à observação das ocultações lunares é que, por ser o tipo mais fácil de observação/registo, fornecerá uma boa experiência para os interessados em outras técnicas ou tipos de ocultações de maior relevância, como as ocultações por asteróides. O objetivo deste trabalho é apresentar, de maneira geral, a metodologia utilizada para se observar e se reportar ocultações totais de estrelas pela Lua. Os métodos de registro a se apresentar são o do cronômetro e o do gravador. Observar uma ocultação de uma estrela pela Lua vai além da simples observação do fenômeno. Deve-se, também, determinar o horário de ocorrência do fenômeno com precisão de, no mínimo, décimos de segundo, o que é feito pelo método do cronômetro, basicamente, com o uso de um telescópio, um cronômetro e uma fonte precisa de sinal horário. Apresentaremos as principais fontes de sinal horário disponíveis no Brasil, além de técnicas para se determinar o tempo de reação do observador.*

## **1. Introdução**

Em astronomia chamamos de ‘ocultação’ ao fenômeno de desaparecimento temporário de um astro devido à passagem de outro, com diâmetro aparente superior, à sua frente. Uma ocultação de uma estrela pela Lua ocorre quando a Lua, durante o seu movimento orbital, ‘passa na frente’ de uma estrela. Ocultações lunares podem ser de dois tipos: totais ou rasantes. As do primeiro tipo são as mais frequentes e ocorrem quando a estrela desaparece de um lado e reaparece do outro lado da Lua. Uma rasante é um tipo peculiar que ocorre nas proximidades dos pólos lunares. Como a Lua passa tangenciando a estrela, a estrela desaparece e reaparece algumas vezes devido ao relevo (montanhas e vales) daquela região do nosso satélite. Chamamos cada um desses desaparecimentos ou reaparecimentos de *eventos*. Uma ocultação total de estrela pela Lua conta com apenas dois eventos (um desaparecimento e um reaparecimento) separados por um intervalo de tempo mais ou menos longo (variando de alguns minutos até cerca de uma hora). É sobre as ocultações totais que trataremos neste artigo<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> A observação de ocultações rasantes é uma poderosa ferramenta para o estudo do relevo das regiões polares da Lua e de sistemas estelares duplos, no entanto, por envolver vários eventos em um curto período de tempo, requer técnicas de observação mais apuradas que as utilizadas, normalmente, para as

A Lua se move em uma órbita elíptica ao redor da Terra e, durante esse trajeto, é natural que ela passe na frente de algumas estrelas. As estrelas que podem ser ocultadas pela Lua são aquelas que estão em uma faixa de cerca de  $10^\circ$  centrada na eclíptica. Isso se deve à inclinação do plano orbital da Lua em  $5,2^\circ$  com relação à órbita da Terra.

## 2. Importância

Para melhor se compreender a importância das ocultações totais lunares, isto é, que tipo de informação se pode obter mediante a observação de um fenômeno como esse,

“é importante que se compreenda, primeiramente, que a observação de uma ocultação é o registro do alinhamento da estrela, do limbo da Lua, e do observador – em um horário específico. Qualquer um desses elementos (ou mesmo mais de um deles) pode ser estudado e melhorado a partir de observações de ocultações – com a atenção sendo dispensada, geralmente, no componente menos conhecido” (DUNHAM et al, 2009).

Desta maneira, à medida que nosso conhecimento sobre um desses componentes é melhorado, utilizamos esse componente para estudar os demais. Isso faz com que o alvo principal de estudos varie de tempos em tempos. Por exemplo, na primeira metade do século XX,

“a questão da rotação irregular da Terra era de grande interesse. O Observatório Real de Greenwich se tornou o ponto central de coleta de observações de ocultações lunares especificamente para determinar a existência do  $\Delta T$ ”<sup>2</sup> (DUNHAM et al, 2009).

Isso nos leva a dizer que em diferentes períodos históricos (entre o século XIX e as últimas décadas do século XX) ocultações de estrelas pela Lua já foram utilizadas para se determinar a posição de locais isolados geograficamente, como ilhas e desertos; para se estudar o movimento da Lua e a rotação da Terra; para a elaboração de efemérides lunares; para se medir o diâmetro angular de certas estrelas.

Atualmente, a observação de ocultações de estrelas pela Lua é utilizada para se estudar o relevo da região do bordo do disco da Lua<sup>3</sup>; para se estudar sistemas duplos estelares, sobretudo os cerrados; e para medir a posição de estrelas com grande precisão e, com isso, estudar erros sistemáticos nos catálogos confeccionados a partir de observações do satélite Hipparcos.

Vale notar que os constantes progressos na Astronomia geram, eventualmente, novas possibilidades de estudo a partir das ocultações.

## 3. Motivação

---

totais. Essas técnicas não serão discutidas neste texto, embora não difiram muito das aqui tratadas. Os interessados neste tipo de observação podem encontrar mais informações nos materiais utilizados como referência para este artigo bem como na página na *Internet* da Seção de Ocultações da REA - [www.rea-brasil.org.br/ocultacoes](http://www.rea-brasil.org.br/ocultacoes).

<sup>2</sup> Também chamado de  $\Delta T$ , é a diferença entre o Tempo Dinâmico Terrestre (TDT) e o tempo relacionado à rotação da Terra (o Tempo Universal). O  $\Delta T$  não é constante e está crescendo de maneira irregular. Entre 1970 e 1990, por exemplo, ele mudou de +40 para +57 segundos.

<sup>3</sup> Um interessante resultado do bom conhecimento do relevo do limbo lunar é a previsão das pérolas de Baily em eclipses solares: por meio da previsão, observação e análise desses fenômenos é possível medir o diâmetro do Sol com grande precisão e estudar suas eventuais variações.

As já mencionadas possibilidades de estudo a partir de ocultações lunares são por si só bons motivos para estimular a observação desses fenômenos. Não obstante, há alguns outros fatores que tornam esse tipo de ocultação de interesse, sobretudo, do astrônomo amador<sup>4</sup>. Talvez o mais significativo deles seja a simplicidade dos equipamentos necessários para se observar: mesmo com um pequeno telescópio é possível fazer ótimos registros de ocultações lunares. Alguns observadores utilizam binóculos apoiados em tripés, mas deve-se notar que o número de fenômenos visíveis a binóculos é consideravelmente menor que o observável com uso de um telescópio. Além do instrumento óptico, o interessado deve dispor de um cronômetro e de acesso a uma fonte de sinal horário (um telefone, por exemplo).

Outro fator que torna a observação de ocultações lunares atrativas é a frequência de ocorrência: de modo geral, todas as noites ocorrem ocultações. Embora muitas delas não sejam boas de serem observadas (ou por envolverem estrelas de baixo brilho ou por ocorrerem durante a fase cheia da Lua, quando o brilho impede a visualização da maioria das estrelas) pode-se dizer que no período de um mês há várias ocultações passíveis de observação.

A observação de ocultações lunares também funciona como um ótimo treinamento para outras atividades observacionais, incluindo ocultações de maior relevância, como as que envolvem asteróides.

#### **4. Do que se consiste a observação de uma ocultação total de estrela pela Lua**

A observação científica de uma ocultação transcende a simples contemplação do fenômeno. Um dos aspectos mais importantes de uma ocultação é se determinar o horário em que ela aconteceu com precisão de, no mínimo, décimos de segundo. (Com observações visuais a melhor precisão a que se pode chegar é de 0,1s - para precisão da ordem de 0,01s faz-se necessário o uso de equipamentos de vídeo.) Desta forma, sempre que nos referirmos neste texto a “observar uma ocultação” estaremos nos remetendo à observação e à determinação do horário de ocorrência do fenômeno.

Vale notar que nos casos de ocultações lunares, geralmente não se faz necessária a observação do desaparecimento *e* a do reaparecimento: a observação de um só evento já tem valor científico.

Pode-se dividir a observação em três momentos distintos; o primeiro é a observação propriamente dita, isto é, ver o fenômeno e utilizar alguma técnica para se determinar a hora de ocorrência. O segundo momento é o preenchimento de um relatório (normalmente chamado de *folha de reporte* ou simplesmente *reporte*), que contém as principais informações daquela observação, tais como o horário de ocorrência do fenômeno, a estrela envolvida, as condições do céu/atmosfera, o método de registro, a fonte de sinal horário, etc. Por fim, o último momento é o envio do reporte à pessoa/instituição responsável pela coleta. Até 2008, o ILOC - *International Lunar Occultation Centre* -, sediado nos últimos anos no Japão, era o responsável pela coleta, análise e arquivamento, em nível internacional, de observações de ocultações lunares. Nesse ano, o ILOC transferiu à IOTA - *International Occultation Timing Association* - a responsabilidade sobre as ocultações lunares. A IOTA trabalha com representantes em diversos países e, no Brasil, o representante é o coordenador da Seção de Ocultações da REA (Rede de Astronomia Observacional).

---

<sup>4</sup> Por esse termo, *astrônomo amador*, nos referimos ao interessado em Astronomia que dispõe de algum equipamento, telescópio ou binóculo, e que faz (ou ao menos intenciona fazer) algum tipo de observação sistematizada e com algum tratamento científico.

Consideramos, pois, de fundamental importância que os três momentos ocorram corretamente, isto é, que a observação seja feita, registrada e enviada para análise e arquivamento. É sobre esses três momentos que trataremos, de forma específica, no restante do texto. Mas, antes de passarmos às técnicas de observação, faremos algumas considerações sobre fontes de sinal horário, equação pessoal, coordenadas do observador e obtenção das previsões de ocultações.

## 5. Fontes de sinal horário

Para se determinar horário de ocorrência de uma ocultação o observador deve, de forma hipotética, olhar para um relógio no momento em que a ocultação ocorrer<sup>5</sup>. Este relógio deve estar muito bem acertado e ser muito preciso para poder marcar a hora corretamente. Na prática, um relógio com essas características não está ao alcance dos observadores. Desta forma, o observador deve buscar uma fonte precisa de sinal horário - uma forma de se inteirar do horário com a melhor precisão possível. As fontes precisas de sinal horário mais difundidas no Brasil são a linha telefônica e a rádio mantidas pelo Observatório Nacional<sup>6</sup> e programas computacionais que utilizam servidores de NTP para calibração de relógios.

A linha telefônica mantida pelo Observatório Nacional (XX-21-2580-6037) informa a hora falada a cada dez segundos. Após o anúncio do horário ouvem-se três “bips” (um a cada segundo) e o quarto deles (de maior intensidade) é o referente ao instante anunciado. Nas proximidades do minuto inteiro não se ouvem os três últimos *bips* e o sinal do minuto exato é mais longo.

O Observatório Nacional também emite sinais horários por rádio na faixa de 10MHz (ondas curtas). O sinal horário é semelhante aos emitidos pelo telefone. Vale advertir que, por ser transmitido em ondas curtas, esse sinal está sujeito a flutuações devido a condições atmosféricas.

Para se determinar a hora por meio do computador, deve-se tomar muito cuidado com a precisão. Via de regra, *sites* na *Internet* que exibem a hora “certa” são passíveis de imprecisão no sinal. O mais indicado é o uso de programas de NTP e, mesmo assim, convém verificar a exatidão do mesmo comparando-o com o sinal emitido, por exemplo, pelo serviço da hora do Observatório Nacional. Há um bom programa desenvolvido por Hristo Pavlov chamado *Beeper Sync*<sup>7</sup> que, depois de sincronizado com um servidor NTP, emite sinais a cada segundo.

## 6. Equação Pessoal

Para se determinar o horário de ocorrência de uma ocultação com boa precisão deve-se considerar, quando utilizados alguns métodos de registro, a *equação pessoal* (EP) do observador. Também chamada de *tempo de reação*, é o tempo que transcorre entre a ocultação ocorrer, o observador perceber e reagir, por exemplo, disparando um cronômetro. Um estudo feito por Mitsuru Sôma apontou que a equação pessoal de um observador médio é de cerca de 0,3s. Raramente um observador consegue ter EP menor que 0,2s.

O tempo de reação varia de momento para momento, consoante o estado físico-

---

<sup>5</sup> Na realidade não é assim que se determina o horário de ocorrência de uma ocultação, conforme será visto mais adiante. Este é um mero exemplo para se mostrar a importância de uma fonte precisa de sinal horário.

<sup>6</sup> O Observatório Nacional, sediado no Rio de Janeiro, é o responsável pela determinação da hora oficial no País, o que é feito com relógios atômicos de grande precisão.

<sup>7</sup> A página do programa é: [www.hristopavlov.net/BeeperSync](http://www.hristopavlov.net/BeeperSync) .

emocional do observador e as condições ambientes. Deve-se, destarte, medi-lo alguns minutos antes (ou depois) da observação do fenômeno.

Há vários modos para se determinar a EP momentânea de um observador. Existem programas computacionais que simulam ocultações e medem o tempo de reação; recomendamos o LOW e o AOPS<sup>8</sup>. O primeiro, além de testar a equação pessoal, gera previsões de ocultações. O último é em DOS e simula uma ocultação de uma estrela por asteróide. O procedimento, no entanto, é semelhante: quando a ocultação simulada ocorre, a pessoa aperta determinada tecla e o programa fornece o tempo transcorrido entre fazer a ocultação e a tecla ser pressionada. Deve-se fazer algumas medições e tirar a média - que é o valor da EP.

Sugerimos que o observador proceda essas medições antes da ocultação, visto que essas simulações funcionam como um ótimo treinamento para a observação real, levando a uma cronometragem mais precisa.

Para os que não dispuserem de computadores no momento da ocultação, também é possível determinar o tempo de reação utilizando um cronômetro. O observador dispara o cronômetro e estipula um tempo para pará-lo, digamos, dez segundos. Quando a pessoa *vir* a marcação “10,00s” escrita no cronômetro, deve travá-lo. Suponhamos que, depois de travado, o cronômetro exiba “10,43s”: isto quer dizer que o tempo de reação foi de 0,43s. O observador deve tomar o cuidado de não ficar contando (mentalmente) o tempo e só deve travar o cronômetro quando efetivamente *ver* o momento estipulado escrito. (Também deve-se repetir o procedimento algumas vezes e tirar a média.) É patente que este método é menos preciso que aqueles que utilizam programas computacionais, devido à dificuldade em travar o cronômetro somente quando *vir* o horário escrito.

## 7. Coordenadas geográficas do observador e obtenção das previsões de ocultações

Para qualquer método de observação de ocultações, o observador deve conhecer as coordenadas geográficas (latitude e longitude) e a altitude do local de onde observa. Isso pode ser feito por meio do uso de um aparelho GPS. O programa computacional *GoogleEarth* também pode ser utilizado, possuindo uma precisão para oferecer as coordenadas suficiente para a maior parte desses fenômenos. De modo geral, para ocultações lunares, é requerida uma precisão de  $\pm 0,5''$  de latitude e longitude (o que equivale a cerca de 15m), e de 15m na altitude.

Também é de grande utilidade que o observador esteja de posse das previsões de ocultações, isto é, que ele saiba em que dia, a qual horário, que estrela será ocultada. Atualmente há excelentes programas computacionais (gratuitos) que geram previsões de ocultações. Os mais utilizados para ocultações lunares são o *Occult*<sup>9</sup>, desenvolvido e mantido por David Herald, e o *Lunar Occultation Workbench*<sup>10</sup> (*LOW*), criado por Eric Limburg.

O *Occult* possui vários recursos tanto para a previsão de ocultações quanto para a análise das observações. Gera previsões de ocultações lunares, por asteróides, eventos mútuos entre os satélites de planetas jovianos, e pérolas de Baily para eclipses solares. Também permite o envio do relatório da observação para o coordenador local responsável. Neste programa estão disponíveis todos os arquivos de observações de ocultações reportados ao RGO (Observatório Real de Greenwich), ao ILOC e à IOTA.

<sup>8</sup> A página do *LOW* é <http://low4.doa-site.nl> e a do *AOPS* é [www.lunar-occultations.com/iota/aops.htm](http://www.lunar-occultations.com/iota/aops.htm) .

<sup>9</sup> A página do programa é [www.lunar-occultations.com/iota/occult4.htm](http://www.lunar-occultations.com/iota/occult4.htm) .

<sup>10</sup> Disponível em <http://low4.doa-site.nl> .

Por sua vez, o LOW trabalha apenas com ocultações lunares, mas é muito útil sobretudo para estrelas duplas, por mostrar a configuração das componentes no momento da ocultação. Ele também possui um ótimo simulador de ocultações que permite a determinação da equação pessoal do observador, conforme foi dito anteriormente.

Em geral, uma previsão de ocultação lunar contém as seguintes informações: data e horário de ocorrência do fenômeno, o tipo de fenômeno (desaparecimento, reaparecimento, ocultação rasante ou *miss*<sup>11</sup>), o limbo da Lua (se o evento ocorrerá na parte escura ou na iluminada do disco lunar), o número de identificação da estrela (geralmente nos catálogos ZC, SAO e/ou XZ), algumas informações sobre a estrela (magnitude, tipo espectral, duplicidade), algumas informações sobre a Lua (percentual iluminado do disco, altura, azimute, alongação) e valores de alguns ângulos que relacionam a Lua com a estrela (como os ângulos de vértice, de posição, de cúspide e axial). Não entraremos em detalhes, neste texto, no formato das previsões e em seu conteúdo. Na página<sup>12</sup> na *Internet* da Seção de Ocultações da REA há uma tabela que explica cada uma das informações.

## 8. Métodos de observação

Conforme dito anteriormente, ao se observar uma ocultação deve-se, além de simplesmente “ver” o fenômeno, determinar o horário em que ele ocorreu. Para tanto há vários métodos, que vão desde os mais simples (como o do cronômetro) até os que envolvem equipamentos de vídeo e sistemas de inserção da hora nos quadros da gravação. Trataremos neste artigo de dois métodos bem simples e muito semelhantes - que podem, inclusive, ser feitos concomitantemente em uma mesma observação. Os métodos são o do *cronômetro* e o do *gravador*.

### 8.1. Método do Cronômetro

O método do cronômetro requer, além de um telescópio ou um binóculo, um cronômetro com precisão de, no mínimo, décimos de segundo. Este método consiste em disparar o cronômetro no momento da ocultação e travá-lo em um instante fornecido pela fonte de sinal horário. Para chegar ao horário de ocorrência do fenômeno, basta subtrair do horário de travamento do cronômetro (indicado pela fonte de sinal horário) o tempo marcado no cronômetro.

Como exemplo de uso desse método utilizaremos a ocultação da estrela ZC1906 pela Lua, ocorrida em 06/08/2008 e observada em Belo Horizonte. No momento em que a estrela desapareceu atrás da Lua, o cronômetro foi disparado. Em seguida, o observador ligou para o Observatório Nacional e, ao soar o sinal de 19<sup>h</sup>43<sup>m</sup>20<sup>s</sup>, travou o cronômetro, que indicava 0<sup>h</sup>03<sup>m</sup>43,72<sup>s</sup>. Isto significa que a ocultação ocorreu 3<sup>m</sup>43,72<sup>s</sup> antes do momento indicado pela fonte de sinal horário. Subtraindo<sup>13</sup> esse tempo do indicado pelo Observatório Nacional temos:

$$19^h43^m20^s - 0^h03^m43,72^s = \mathbf{19^h39^m36,28^s}.$$

Sabendo que a equação pessoal do observador naquele momento era de 0,4s,

---

<sup>11</sup> Chama-se de *miss* a uma não-ocultação (ou quase-ocultação): a Lua passará próxima da estrela mas não a ocultará. Em geral, isso indica a ocorrência de uma ocultação rasante em locais próximos.

<sup>12</sup> [www.rea-brasil.org/ocultacoes](http://www.rea-brasil.org/ocultacoes).

<sup>13</sup> Deve-se ter atenção ao efetuar essa subtração, pois a hora, o minuto e o segundo estão em sistema sexagenal, isto é, uma hora são 60 minutos, um minuto são 60 segundos. Mas a fração de segundo (décimos e centésimos) estão em sistema decimal: um segundo são 10 décimos de segundo e 100 centésimos de segundo. Assim, por exemplo, 10 minutos menos 0,1s são 9 minutos e 59,9 segundos.

subtraímos a EP do horário acima, encontrando que a ocultação ocorreu às 19:39:35,88.

Como para observações visuais a precisão máxima alcançada é de décimos de segundo, arredondamos o valor encontrado para o décimo mais próximo, ou seja: 19:39:35,9.

Vale notar que este horário está em tempo local, visto que o Observatório Nacional informa a hora de Brasília (GMT-3 ou GMT-2, essa última em caso de vigência do horário de verão). Como o fuso horário de Belo Horizonte é -3 e a observação foi feita em agosto, portanto sem horário de verão, adicionamos três horas ao horário encontrado para obtê-lo em Tempo Universal (TU). Desta forma, o horário de ocorrência da ocultação foi **22<sup>h</sup>39<sup>m</sup>35,9<sup>s</sup>**, em TU.

Nota: o método do cronômetro também pode ser feito em ordem contrária: dispara-se o cronômetro ao toque do sinal horário e o trava no momento da ocultação. Neste caso, deve-se *somar* a leitura do cronômetro ao horário de início de contagem do tempo. Este processo inverso tem por única vantagem a feitura de uma soma ao invés de uma subtração. Por outro lado, em se utilizando-o, caso haja algum problema no instante de travar o cronômetro (ocorrência da ocultação), a observação é perdida por completo.

## 8.2. Método do gravador

O método do gravador, como o próprio nome sugere, faz uso de um gravador de áudio (atualmente estão disponíveis vários gravadores digitais tais como aparelhos MP3 e câmeras). Este método consiste na gravação contínua do sinal horário durante a observação de uma ocultação e na emissão de um som (por parte do observador) indicando o instante de ocorrência do fenômeno. Para tanto, é preciso utilizar uma fonte de sinal horário contínua e com marcações bem audíveis a cada segundo. Essa fonte poderia ser um rádio receptor de ondas curtas ou o já mencionado programa *Beeper Sync* - desde que certificada a boa qualidade do seu sincronismo.

Iniciada a gravação do sinal horário alguns minutos antes do horário previsto para a ocultação, no momento de ocorrência do fenômeno, o observador diz algo (por exemplo, “d”, de “desaparecimento”). Após o fenômeno ter ocorrido, cessa-se a gravação. Para determinar o horário de ocorrência da ocultação, deve-se ouvir a gravação algumas vezes e precisar entre quais segundos a fala do observador foi feita.

Como exemplo utilizaremos a ocultação de ZC2892 pela Lua, no dia 28/09/2009, observada em Belo Horizonte. Cerca de quatro minutos antes do horário previsto para a ocultação, o observador, utilizando um computador com acesso à *Internet*, abriu o programa *Beeper Sync* e telefonou para o Observatório Nacional para verificar o sincronismo entre as duas fontes horárias. Confirmada a exatidão do *Beeper Sync*, iniciou a gravação. Quando a estrela foi ocultada, o observador emitiu um sinal (sonoro) e, depois, desligou o gravador. Ouvindo a gravação, pode-se notar que o sinal emitido pelo observador ocorreu entre o toque de 23<sup>h</sup>22<sup>m</sup>17<sup>s</sup> e o de 23<sup>h</sup>22<sup>m</sup>18<sup>s</sup> (em horário local, dia 27/09/09). Isso significa que a ocultação aconteceu entre esses dois horários.

Para se determinar os décimos de segundo do horário, pode-se utilizar um círculo graduado. (O círculo é feito desenhando-se, em uma folha de papel, uma circunferência com cerca de cinco centímetros de diâmetro e graduando-a de 0 a 9, em sentido horário.) O observador ouve a gravação enquanto, com um lápis, acompanha a circunferência, sincronizando o seu movimento para que complete uma volta a cada segundo e para que a batida do segundo ocorra próximo à marca do zero (no círculo).

Quando se ouve o sinal indicando a ocorrência da ocultação, o observador vê entre quais graduações do círculo a ponta do lápis estava. Deve-se repetir esse procedimento algumas vezes e tirar a média para se determinar os décimos de segundo.

No nosso exemplo, quando se ouvia o sinal do observador, a ponta do lápis estava nas proximidades da graduação “7”. Isto significa que a ocultação ocorreu às  $23^{\text{h}}22^{\text{m}}17,7^{\text{s}}$ . Sabendo que o tempo de reação do observador naquele momento era de 0,4s, subtrai-se esse valor encontrando:  $23^{\text{h}}22^{\text{m}}17,3^{\text{s}}$ . Transformando para o horário de Greenwich (somando três horas), temos que a ocultação ocorreu às  **$02^{\text{h}}22^{\text{m}}17,3^{\text{s}}$** , do dia 28/09/09, em TU. (Durante a transformação de hora local para TU, deve-se ficar atento a eventuais mudanças na data, como neste caso.)

Algumas das vantagens do método do gravador são a possibilidade de se ouvir várias vezes a gravação - o que pode ser útil para solucionar eventuais problemas ou dúvidas na determinação do horário - e o fato de permitir ao observador fazer comentários durante a observação, descrevendo as condições de transparência e turbulência atmosférica ou algo que pudesse interferir na precisão da observação, dentre outros fatores.

Nota-se, ainda, que o método do gravador pode ser feito junto com o do cronômetro numa mesma observação, para conferência do resultado. Muitos cronômetros emitem um som quando acionados ou travados. O observador deve realizar, previamente, testes de gravação para se certificar de que o *bip* do cronômetro é audível quando confrontado com os toques de segundo da fonte de sinal horário. Caso o som do cronômetro possa ser ouvido na gravação, não se faz necessário o observador emitir um som vocalizado quando da ocorrência do fenômeno.

## **9. Preenchimento do formulário de reporte**

Uma vez determinado o horário de ocorrência de uma ocultação, faz-se necessário preencher um formulário com as principais informações da observação, para que o resultado obtido seja devidamente analisado. A IOTA, responsável pela coleta de reportes de ocultações, possui um formulário padrão para ocultações lunares.

As informações a se reportar são divididas em três partes: dados do observador, do telescópio e da observação.

Os dados do observador a se reportar são o seu nome, sua cidade, país e endereço de *e-mail*, para contato.

Do telescópio é importante que se informe a sua localização (latitude, longitude e altitude, conforme dito anteriormente), o tipo de instrumento utilizado (refrator, newtoniano, cassegrainiano, *etc*), a montagem (altazimutal ou equatorial) e a forma de guiagem (manual ou com dispositivo tipo *clock-drive*).

Sobre o fenômeno (evento) observado, deve-se informar a data e horário de ocorrência (sempre em tempo universal), a precisão da observação, que tipo de fenômeno foi observado (desaparecimento ou reaparecimento, para ocultações totais), o limbo da Lua (limbo escuro, iluminado ou se a observação foi feita durante um eclipse lunar), o objeto que foi ocultado (número da estrela em algum catálogo de referência), o método de registro (cronômetro ou gravador, por exemplo), a fonte de sinal horária utilizada, o valor da equação pessoal do observador, a estabilidade telescópica da imagem e transparência do céu (classificação em “boa”, “regular” ou “ruim”). Há, também, um campo para se informar se houve alguma condição digna de nota (que pudesse interferir na observação). Essas condições são: ocultação gradual, limbo escuro

lunar visível, observação por visão indireta, estrela de baixo brilho, presença de nuvens finas, muitas nuvens, vento forte, observação durante crepúsculo ou, ainda, observação diurna. Também há campos específicos para ocultações envolvendo estrelas duplas, bem como um espaço para o observador deixar algum comentário que possa ser útil durante a análise da observação.

Dentre as informações citadas no parágrafo anterior, convém dar mais esclarecimentos na precisão do registro. A precisão da observação é um valor de tempo a ser precedido pelo sinal  $\pm$  (“mais ou menos”) e que informa o intervalo de tempo no qual a ocultação ocorreu. Por exemplo, se a estrela desapareceu às  $22^{\text{h}}39^{\text{m}}35,9^{\text{s}} \pm 0,2\text{s}$ , então a ocultação ocorreu entre  $22^{\text{h}}39^{\text{m}}35,7^{\text{s}}$  e  $22^{\text{h}}39^{\text{m}}36,1^{\text{s}}$ . A precisão de uma observação é um fator que apenas o observador pode estimar, e que não deve ser confundido com a equação pessoal. Muitas pessoas pensam na precisão como sendo o tempo entre a estrela desaparecer e ela disparar o cronômetro - ledô engano: isso é a EP. A precisão deve ser pensada numa margem de erro após a correção do tempo de reação. Segundo o manual de ocultações da IOTA, “a precisão é a incerteza da equação pessoal estimada combinada com outras incertezas que eventualmente afetam o horário observado”. Dentre essas “outras incertezas” está a imprecisão da fonte de sinal horário, por exemplo.

Existem alguns métodos de registro que não requerem equação pessoal, mas todos eles requerem a precisão do horário determinado. Existe uma regra-geral para observadores experientes que diz que, em média, a precisão de uma observação visual é igual à metade do valor da equação pessoal do observador. Não obstante, o observador, e somente ele, pode estimar o valor que mais lhe convier, tendo em vista as condições nas quais a observação foi feita. Por fim, deve-se reconhecer que é apenas com a prática que o observador consegue estimar a precisão com segurança.

## 10. Envio do formulário de reporte

Atualmente existem três maneiras de se preencher e encaminhar à IOTA os relatórios de observação: o programa *Occult*, uma planilha em *Excell* e um editor de reportes. O já mencionado *Occult* possui uma ferramenta para preenchimento de reportes e, caso o usuário cadastre seu endereço de *e-mail*, o programa envia o reporte para a pessoa responsável pela coleta. Dave Herald, criador do programa, também disponibilizou o editor de reportes<sup>14</sup> separadamente, para aqueles que não desejam instalar todo o *Occult*. Há, ainda, a opção de se preencher uma planilha<sup>15</sup> em *Excell*. Existe uma versão em português da planilha, com várias explicações de como efetuar o preenchimento. A planilha deve ser enviada, por *e-mail*, para a Seção de Ocultações da REA (vide endereço eletrônico na página da Seção).

## 11. Iniciando a observação de ocultações

Conhecendo-se a técnica básica de como se observa e registra uma ocultação, teremos aqui algumas considerações sobre a escolha das ocultações a se observar (o que é útil, sobretudo, para os iniciantes nesta atividade).

Primeiramente, deve-se saber que numa ocultação total de estrela pela Lua podem ocorrer, basicamente, quatro fenômenos diferentes: dois na fase crescente<sup>16</sup> da

---

<sup>14</sup> A página para se obter o Editor de Reportes, separadamente do *Occult*, é <http://www.lunar-occultations.com/occult4/lunarreport.zip> .

<sup>15</sup> A planilha em *Excell* (versão em português) pode ser obtida na página da Seção de Ocultações da REA; mais precisamente em: <http://www.rea-brasil.org/ocultacoes/reportar.htm> .

<sup>16</sup> Quando nos referimos à fase crescente da Lua, nos remetemos a todo o período entre a Lua Nova (0%

Lua e dois na fase minguante. No primeiro caso ocorrem desaparecimentos no limbo escuro e reaparecimentos no iluminado. Já na segunda situação, ocorrem desaparecimentos no limbo claro e reaparecimentos no escuro.

Nota-se que os eventos em limbo escuro são mais fáceis de se registrar, o que é devido ao contraste entre o brilho da estrela e o limbo escuro. Quando uma ocultação ocorre em limbo iluminado, a forte claridade da Lua ofusca a estrela, dificultando a determinação do instante exato de ocorrência do fenômeno. Assim sendo, é de se sugerir que o iniciante dê prioridade aos eventos no limbo escuro (que são, na fase crescente, os desaparecimentos e, na fase minguante, os reaparecimentos).

Além disso, deve-se notar que desaparecimentos são fenômenos mais fáceis de se registrar que os reaparecimentos. Em um desaparecimento, o observador inicia a observação vendo a estrela e acompanha a Lua se aproximar, até que a estrela desapareça. Já no reaparecimento, a visão inicial do observador é apenas o disco da Lua, o que pode levar, com frequência, à incerteza do local onde a estrela vai aparecer. Pode acontecer de o observador estar olhando para determinada região e a estrela surgir em outra. Ainda, os reaparecimentos em limbo escuro ocorrem, normalmente, de madrugada, não favorecendo, para muitos, a observação. Por todos esses motivos, sugere-se aos iniciantes que principiem por observar os desaparecimentos no limbo escuro.

## **12. Eventos em limbo escuro**

A observação de fenômenos que ocorrem em limbo escuro lunar são sempre favorecidos caso este esteja visível (devido à luz cinzenta, ou cinérea, refletida pela Terra). Nessas condições, percebe-se o limite do disco lunar, o que permite ao observador, em desaparecimentos, prever a proximidade do momento da ocultação e, em reaparecimentos, estimar o local onde a estrela irá surgir.

De modo geral, em um desaparecimento, cerca de cinco minutos antes do horário previsto para o fenômeno já se pode ver, com facilidade, a estrela que será ocultada próxima à Lua. Caso o limbo escuro não seja visível, possivelmente não haverá nenhuma referência visual capaz de informar o observador da iminência da ocultação. À medida que o tempo passa, a Lua vai se aproximando da estrela (o que provoca a impressão de que é a estrela que se aproxima da Lua), até elas se "tocarem" e a estrela desaparecer, finalmente, detrás do disco lunar. Normalmente as ocultações envolvendo a Lua e estrelas ocorrem de forma instantânea, isto é, muito rapidamente. Ocultações graduais podem indicar a duplicidade da estrela ou que a estrela tem grande diâmetro aparente. Caso a ocultação ocorra gradualmente, é de grande importância que o observador reporte esse fato.

Na observação de um reaparecimento, o grande complicador é o não-conhecimento do local onde a estrela surgirá. Os programas de previsões *Occult* e *LOW* geram mapas da Lua indicando a posição do reaparecimento, o que facilita a observação. O conhecimento do ângulo axial (também chamado, em certas condições, de ângulo de Watts) e do ângulo de cúspide também podem ser úteis na observação desse tipo de fenômeno.

## **13. Eventos em limbo iluminado**

O que dificulta esse tipo de observação é o forte brilho da Lua. Em fenômenos

---

do limbo iluminado) e a Lua Cheia (100% do disco iluminado). De forma equivalente, por "fase minguante" deve-se entender o todo período entre a Lua Cheia e a Nova.

como esses, apenas as estrelas mais brilhantes podem ser observadas. Como o brilho da estrela se confunde com o da Lua, é comum, nos reaparecimentos, os observadores só perceberem que a estrela surgiu quando esta está bem afastada do disco lunar, ou seja, cerca de um minuto depois. Já nos desaparecimentos, não é raro o observador “adiantar” o fenômeno, isto é, deixar de ver a estrela antes de ela ter sido ocultada de fato. Nesses casos, sugere-se o uso de telescópios com maiores abertura e aumento.

#### **14. Referências**

CAMPOS, A. R. *Introdução ao estudo das ocultações astronômicas*. Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2003.

DUNHAM, D.; HERALD, D.; SÔMA, M. *Uma reflexão sobre a importância das ocultações lunares no passado e na atualidade*. Tradução de Breno Loureiro Giacchini. Disponível em <<http://www.rea-brasil.org/ocultacoes/not004.pdf>> 2009. Título original: *The Value of Occultation Observations*.

MOURÃO, R. R. de F. *Dicionário Enciclopédico de Astronomia e Astronáutica - 2ª edição*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1995.

*Chasing the Shadow. The IOTA Occultation Observer's Manual: the complete guide to observing lunar, grazing and asteroid occultations*. Publicado pela International Occultation Timing Association. NUGENT, R. (ed.). ISBN 978-0-615-29124-6. 2007. Disponível em <[http://www.poyntsource.com/IOTAm anual/IOTA\\_Observers\\_Manual\\_all\\_pages.pdf](http://www.poyntsource.com/IOTAm anual/IOTA_Observers_Manual_all_pages.pdf)>

ROBINSON, W.; POVENMIRE, H. *Occultation observer's handbook: an introduction to occultations*. Canaveral Area Graze Observers, 2006.