

Observação e registro de ocultações de estrelas por asteróides

Breno Loureiro Giacchini
bgiacchini@yahoo.com.br

Conteúdo:

1. Introdução
2. Do que se consiste a observação de uma ocultação de estrela por asteróide
3. Fontes de sinal horário
4. Coordenadas geográficas do observador
5. Métodos visuais de observação de ocultações
 - 5.1 Tempo de Reação ou Equação Pessoal
 - 5.2. Método do Cronômetro
 - 5.3. Método do Gravador
6. Métodos não-visuais de observação de ocultações
 - 6.1. Filmagem sem inserção de tempo
 - 6.2. CCD *drift-scan* ou *drift-through*
 - 6.3. Para aqueles que dispõem de uma câmera mas não conseguem adaptá-la ao telescópio
7. Programas úteis e vídeos
8. Referências

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. Neste texto apresentaremos os procedimentos básicos para se observar e registrar uma ocultação de uma estrela por um asteróide. Os métodos de observação contemplados se dividem em duas classes, os visuais e os não-visuais. Dentre os primeiros trataremos do método do cronômetro e o do gravador. Dentre os métodos não-visuais, abordaremos a filmagem (sem inserção de tempo) e o *CCD drift-scan*.

2. Do que se consiste a observação de uma ocultação de estrela por asteróide

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 da ordem 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.

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.

3. 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 ocorrer¹. 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 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*² que, depois de sincronizado com um servidor NTP, emite sinais a cada segundo. Este programa é útil sobretudo para aqueles que observam pelos métodos do ‘gravador’ ou usam câmeras de vídeo sem inserção de tempo – como *webcams*, em geral.

4. Coordenadas geográficas do observador

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 usando um aparelho GPS ou o programa computacional *GoogleEarth*, caso não se disponha de um GPS. De modo geral, para ocultações de estrelas por asteróides, é requerida uma precisão de, no mínimo, $\pm 3''$ de latitude e longitude (o que equivale a cerca de 100m), e de 15m na altitude.

5. Métodos visuais de observação de ocultações

Trataremos nesta seção de dois métodos bem simples e muito semelhantes – que podem, inclusive, serem feitos concomitantemente em uma mesma observação. Os métodos são o do *cronômetro* e o do *gravador*. Mas antes de tratar dos métodos

¹ 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.

² A página do programa é: www.hristopavlov.net/BeeperSync

propriamente ditos, apresentaremos o conceito de “tempo de reação”, importante para as medições visuais.

5.1 Tempo de Reação ou 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-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 AOPS³ e o LOW. O primeiro é em DOS e simula uma ocultação de uma estrela por asteróide: 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. O outro programa, embora trate de ocultações lunares, permite a medição da EP simulando uma ocultação de estrela pela Lua. O procedimento, no entanto, é semelhante.

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.

5.2. 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. É desejável que esse cronômetro tenha a função *SPLIT*, que permite travar a leitura do cronômetro enquanto, internamente, o “tempo continua correndo”. Geralmente até mesmo cronômetros de

³ A página do AOPS é www.lunar-occultations.com/iota/aops.htm e a do .LOW é <http://low4.doa-site.nl>.

relógios de pulso têm essa função. [Caso o cronômetro utilizado não tenha a função *split*, uma alternativa é se utilizarem dois cronômetros.]

Este método consiste em disparar o cronômetro no momento em que a estrela desaparecer e acionar a função *SPLIT* no instante em que ela reaparecer. Em seguida, anota-se a leitura do cronômetro – que corresponde à duração da ocultação. Feito isso, desativa-se a função *split*. O marcador do cronômetro voltará a mostrar o tempo “correndo”. Agora basta travá-lo em um instante fornecido pela fonte de sinal horário. Para chegar ao horário de desaparecimento, basta subtrair do horário de travamento do cronômetro (indicado pela fonte de sinal horário) o tempo marcado no cronômetro. Para o horário do reaparecimento, basta somar a esse horário a duração da ocultação.

Como exemplo do uso desse método, consideraremos uma ocultação hipotética. No momento em que a estrela desapareceu, o cronômetro foi disparado. Alguns segundos depois, a estrela reapareceu. Neste instante a função *SPLIT* foi acionada. O observador anotou que a o visor do cronômetro marcava **7,23s**. *Essa era a duração da ocultação*. Anotado esse valor, o observador desativou a função *split*, e o marcador voltou a mostrar o tempo “correndo”. Em seguida, o observador ligou para o Observatório Nacional e, ao soar o sinal de $19^{\text{h}}43^{\text{m}}20^{\text{s}}$, travou o cronômetro, que indicava $0^{\text{h}}03^{\text{m}}43,72^{\text{s}}$. Isto significa que o desaparecimento da estrela ocorreu $3^{\text{m}}43,72^{\text{s}}$ antes do momento indicado pela fonte de sinal horário. Subtraindo⁴ esse tempo do indicado pelo Observatório Nacional temos:

$$19^{\text{h}}43^{\text{m}}20^{\text{s}} - 0^{\text{h}}03^{\text{m}}43,72^{\text{s}} = 19^{\text{h}}39^{\text{m}}36,28^{\text{s}}.$$

Sabendo que a equação pessoal do observador naquele momento era de 0,4s, subtraímos a EP do horário acima, encontrando que o desaparecimento ocorreu às **19:39:35,88**.

Como a ocultação durou 7,23s, temos que o reaparecimento foi às: $19:39:35,88 + 7,23\text{s} = \mathbf{19:39:43,11}$.

Como para observações visuais a precisão máxima alcançada é de décimos de segundo, arredondamos o valor encontrado para o décimo mais próximo, ou seja: desaparecimento às **19:39:35,9** e reaparecimento às **19:39:43,1**.

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). Supondo que essa ocultação foi observada no Paraná, cujo fuso 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 de desaparecimento foi **22^h39^m35,9^s**, em TU.

5.3. 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)

⁴ 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.

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” para o “desaparecimento”, ou usa um apito para sinalizar os eventos). 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 uma ocultação hipotética. 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 desapareceu, o observador emitiu um sinal sonoro (disse “foi!”). Alguns segundo depois a estrela reapareceu, e o observador emitiu novo sinal. Em seguida, desligou o gravador. Ouvindo a gravação, pode-se notar que o sinal emitido pelo observador para o desaparecimento ocorreu entre o toque de $23^{\text{h}}22^{\text{m}}17^{\text{s}}$ e o de $23^{\text{h}}22^{\text{m}}18^{\text{s}}$ (em horário local). Isso significa que a estrela desapareceu entre esses dois horários. Já o toque do reaparecimento é ouvido entre os sinais de $23^{\text{h}}22^{\text{m}}21^{\text{s}}$ e o de $23^{\text{h}}22^{\text{m}}22^{\text{s}}$.

A determinação dos décimos de segundo pode ser feita usando programas de computador. No caso da gravação ser feita em um meio analógico – como fitas K7 – há outros métodos de se determinar os décimos (ver seção 8.11 do Manual de Ocultações da IOTA⁵).

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.

Uma variante do método do gravador pode ser feito com uma filmadora. Nesse caso, utiliza-se uma fonte visual de sinal horário – por exemplo, a tela de um computador bem sincronizado com o tempo padrão. Filma-se a tela do computador e grava-se o sinal sonoro emitido pelo observador. A determinação dos instantes da ocultação é feita comparando o a imagem do sinal horário com o áudio, o som emitido pelo observador indicando a ocorrência do fenômeno.

⁵ Disponível em: http://www.poyntsource.com/IOTAManual/IOTA_Observers_Manual_all_pages.pdf

6. Métodos não-visuais de observação de ocultações

A principal vantagem dos métodos não-visuais de registro de ocultações é a maior precisão obtida. Isso se deve, sobretudo, à eliminação do tempo de reação. Um dos métodos mais precisos é a filmagem com inserção de tempo nos quadros da gravação. Isto é, em cada quadro (*frame*) aparece o horário correspondente. Porém, o sistema de inserção de tempo ainda não é muito difundido no Brasil, e os observadores buscam técnicas alternativas. Dentre elas estão a observação por filmagem sem inserção de tempo e o *drift-scan*.

6.1. Filmagem sem inserção de tempo

Este método pode ser feito por um observador que dispõe de algum tipo de câmera de vídeo que pode ser acoplada ao telescópio e que tenha a sensibilidade necessária para detectar a estrela a ser ocultada. As câmeras comumente utilizadas são as *webcams*.

O sincronismo com a fonte horária pode ser feito de dois modos diferentes.

O primeiro é feito filmando, no início da gravação, uma fonte segura de sinal horário (por exemplo o programa *BeeperSync*, ou outros programas de sincronismo, como o *AboutTime*). Em seguida, e sem interrupção na gravação, filma-se a ocultação e, antes de finalizar a gravação, filma-se novamente a fonte de sinal horário. Desta forma, no filme ficarão gravadas duas vezes a fonte de sinal horário, uma antes e outra depois da ocultação. Como a velocidade de gravação é constante, pode-se determinar os horários de ocorrência da ocultação pela contagem dos quadros, por exemplo.

Outro modo de fazer o sincronismo é usando uma fonte *sonora* de sinal horário – como o programa *BeeperSync* ou o telefone do Observatório Nacional. Neste caso, a gravadora deve gravar, além da imagem do telescópio, o áudio da fonte. No caso do *BeeperSync*, que emite sinais sonoros a cada segundo, a análise fica facilitada pois a determinação do segundo é imediata, restando, apenas, os décimos e centésimos – o que pode ser feito com auxílio de um programa computacional.

6.2. CCD *drift-scan* ou *drift-through*

O registro por CCD *drift-scan* consiste em manter o telescópio apontado exatamente para a região onde ocorrerá a ocultação. Alguns instantes antes do horário previsto para a ocultação, inicia-se a exposição. Como o telescópio está sem a guiagem (*clock-drive*), a estrela a ser ocultada será registrada como um “traço”. Caso ocorra a ocultação, esse traço se mostrará interrompido – ou com uma região mais “fraca”, dependendo da magnitude combinada estrela+asteróide.

Para um registro bem sucedido, deve-se realizar, previamente, vários testes para determinar o tempo gasto para a estrela “atravessar” o campo da CCD. Esse tempo é importante para que a ocultação “caiba” toda dentro do campo. Também deve-se estar atento à fonte de sinal horário ao iniciar a exposição, para garantir que a exposição irá ocorrer próximo ao instante previsto para a ocultação.

A determinação dos horário de início e término da ocultação são feitos com uma simples regra de três. São conhecidos o comprimento da lacuna gerada pela ocultação (basta medir a imagem) e os horários de início e término da exposição. Com essas informações chega-se nos instantes desejados.

Para mais informações sobre esse método sugerimos o Manual⁶ do Observador de Ocultações, da IOTA, seção 8.9 – em inglês. Na página abaixo pode-se encontrar algumas imagens obtidas com essa técnica:

<http://www.asteroidoccultation.com/observations/DriftScan/Index.htm>

6.3. Para aqueles que dispõem de uma câmera mas não conseguem adaptá-la ao telescópio

Caso o observador disponha de uma câmera mas, por algum motivo, não a consegue adaptar ao telescópio, sugerimos a feitura de um método visual, como a versão modificada do “gravador”. Para mais informações, ler o item 5.3, o último parágrafo em especial.

7. Programas úteis e vídeos

Colocamos aqui alguns programas computacionais úteis para observações de ocultações de estrelas por asteróides e alguns vídeos de fenômenos desse tipo, para que o observador saiba o que esperar na observação.

Vídeos:

Ocultação de estrela por (924) Toni – Giancarlo Ubaldo Nappi:

<http://www.youtube.com/watch?v=hPOJ0SMCcko>

Ocultação de estrela por (99) Dike – David Dunham: (estação central)

<http://www.youtube.com/watch?v=E8v0Y2eYK8g>

Ocultação de estrela por (99) Dike – David Dunham: (estação ao Sul)

<http://www.youtube.com/watch?v=dR9KMhIilTc>

Ocultação de estrela por Phocaea - Brad Timerson:

http://www.youtube.com/watch?v=reQ_YNAA05A

Ocultação de estrela por (762) Pulcova (estrela de brilho semelhante ao do asteróide) - Bruce Berger:

<http://www.youtube.com/watch?v=H0tyQdX-q8c>

Programas:

AOPS (simulador de ocultação e medidor de tempo de reação):

<http://www.lunar-occultations.com/iota/aops.htm>

Beeper Sync (fonte de sinal horário):

<http://hristopavlov.net/BeeperSync/>

OccultWatcher (predições de ocultações):

<http://hristopavlov.net/OccultWatcher/OccultWatcher.html>

⁶ Disponível em: http://www.poyntsource.com/IOTAMannual/IOTA_Observers_Manual_all_pages.pdf

Occult (predições, análise e reporte de ocultações):

<http://www.lunar-occultations.com/iota/occult4.htm>

Google Earth (mapas):

<http://earth.google.com.br/>

8. Referências

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, Richard (ed.). ISBN 978-0-615-29124-6. 2007. Disponível em <http://www.poyntsource.com/IOTAManual/IOTA_Observers_Manual_all_pages.pdf>

Ocultações totais de estrelas pela Lua: como observar e registrar. GIACCHINI, Breno Loureiro. 2009. Disponível em <http://www.rea-brasil.org/ocultacoes/Ocultacoes_totais_de_estrelas_pela_Lua.pdf>