

A sonda Kaguya e o limbo lunar (II): uma reflexão sobre a importância das ocultações lunares no passado e na atualidade

A sonda Kaguya trará algumas importantes inovações no que tange às ocultações lunares (principalmente as rasantes). Traduzimos aqui um texto escrito por David Dunham (EUA), Dave Herald (Austrália) e Mitsuru Sôma (Japão) sobre a importância das ocultações lunares em diferentes períodos da história e como os dados obtidos pela Kaguya interferem no panorama atual e projetam o futuro desse ramo da astronomia observacional.

22/04/2009 - David Dunham, Dave Herald e Mitsuru Sôma
Tradução: Breno Loureiro Giacchini
bgiacchini@yahoo.com.br

Muitas pessoas têm questionado o valor das ocultações rasantes lunares desde que Mitsuru Sôma mostrou alguns resultados preliminares da missão Kaguya¹.

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, normalmente, no componente menos conhecido. Dessa maneira, no século XVIII, o horário tinha uma grande incerteza. No século XIX já havia métodos de medida de tempo com maior precisão e a efeméride lunar era a maior incerteza. Durante o 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 ΔT ².

¹ A sonda Kaguya (Selene) foi lançada no dia 14/09/2007 pela JAXA (Agência Japonesa de Exploração Espacial) objetivando o estudo da Lua, sua origem e evolução, e o desenvolvimento de tecnologia para exploração lunar. A missão consistia de um satélite principal e dois menores. O satélite principal, após órbitas sucessivamente mais baixas, foi impactado na Lua no dia 10/06/2009. Um dos instrumentos a bordo do módulo principal era o LALT, um altímetro laser, que elaborou um mapa topográfico global da Lua de grande precisão. *N.T.*

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

- com a questão da rotação irregular da Terra resolvida, a melhoria das efemérides da Lua ganhou prioridade.

- as Cartas de Watts³ foram criadas permitindo que as ocultações pudessem ser utilizadas para melhor determinar a longitude do observador, particularmente em alto mar ou em ilhas.

- pérolas de Baily⁴ durante eclipses solares foram observadas e analisadas para se determinar variações seculares no diâmetro do Sol, assumindo que o limbo lunar era conhecido com precisão suficiente.

Em todas essas pesquisas, a informação que era obtida a partir de uma ocultação lunar era, normalmente, relativa ao elemento menos conhecido. Por exemplo, vinte anos atrás, a maior incerteza em uma ocultação rasante era a posição da estrela, logo a posição catalográfica de uma estrela era um importante resultado da observação de uma ocultação. Com os catálogos Hipparcos e Tycho2⁵, a incerteza na posição da estrela se tornou menor que as incertezas do limbo da Lua e da posição da Lua.

Recentemente, vários avanços mudaram o objetivo da informação obtida a partir de uma ocultação lunar.

Primeiramente, as efemérides lunares melhoraram consideravelmente após o uso de medições da posição da Lua com *lasers*⁶. Também, os catálogos Hipparcos, Tycho2

³ Publicadas em 1963 pelo astrônomo americano Chester B. Watts, as Cartas de Watts são o resultado de um longo trabalho iniciado na década de 1940. Watts mediu centenas de fotografias do limbo da Lua e mapeou quase todos os possíveis perfis (considerando as librações). O resultado do trabalho foi um total de 1800 cartas representando o relevo do limbo lunar. *N.T.*

⁴ As pérolas de Baily são pontos de luz do Sol visíveis por entre montanhas e vales lunares no limbo da Lua durante um eclipse solar. O nome vem de Francis Baily, quem primeiro descreveu esse fenômeno durante o eclipse solar de 1836. *N.T.*

⁵ O Catálogo Hipparcos (ou HIP) foi elaborado a partir dos dados obtidos pelo satélite europeu homônimo lançado em 1989 com o objetivo de medir com grande precisão a posição e o movimento próprio de 118.000 estrelas. Já o catálogo Tycho2 foi confeccionado a partir de dados do projeto Hipparcos e de outros catálogos. Contém informações sobre as 2,5 milhões estrelas mais brilhantes do céu. *N.T.*

⁶ Durante as missões Apollo, da NASA, foram colocados refletores na superfície da Lua de modo que raios *lasers* emitidos da Terra sejam por eles refletidos. Medindo o tempo de retorno, pode-se determinar a distância e a posição da Lua com grande precisão. *N.T.*

e UCAC2 reduziram a incerteza na posição das estrelas. Com isso, nos últimos dez anos a maior incerteza era o limbo lunar.

Os resultados preliminares da missão Kaguya que Mitsuru nos mostrou indicam que a Kaguya é capaz de produzir perfis do limbo da Lua muito mais precisos que as Cartas de Watts – ainda que a resolução angular seja um pouco grosseira. Então, qual a atual serventia das observações de ocultações?

Assumindo que os dados da Kaguya são capazes de gerar correções confiáveis no limbo da Lua, o elemento de maior incerteza novamente muda. Mais notadamente, o sistema de referência estabelecido pelo Hipparcos na posição das estrelas está aberto para algumas questões fundamentais. Sobre isso Mitsuru Sôma escreve:

É dito que as posições e movimentos próprios no Catálogo Hipparcos se referem ao Sistema de Referência Celeste Internacional (ICRS - *International Celestial Reference System*), que é definido pelas coordenadas de fontes rádio extragalácticas. A precisão informada é de 0,25 mas/ano. Entretanto, uma vez que o Hipparcos não era capaz de observar fontes extragalácticas de rádio (o programa Hipparcos incluiu o quasar mais brilhante, 3C273, mas ele era muito pouco brilhante para contribuir no vínculo), o vínculo [entre os sistemas de coordenadas] teve de ser feito indiretamente e, portanto, é possível que o sistema de referência do Hipparcos tenha alguma rotação com relação ao ICRS. De fato, a comparação direta entre os movimentos próprios do Hipparcos e do FK5 (Feissel and Mignard, 1998, A&A 331, L33) forneceu resultados inconsistentes com o erro de precessão de -3 mas/ano do FK5, que foi obtido independentemente pelo VLBI, *lasers* lunares e análises de movimentos próprios. Agora que as posições da Lua nas últimas efemérides lunares e planetárias do JPL, como a DE405/LE405, têm o grau de precisão de mas com referência ao ICRS, o problema pode ser resolvido pela análise de ocultações lunares usando essas efemérides e o Catálogo Hipparcos. Em 2000 Sôma apresentou um resultado preliminar dessas análises no Colóquio 180 da UAI, no Observatório Naval dos Estados Unidos, evidenciando erros muito maiores no sistema de referência do Hipparcos que a precisão alegada. Se os erros das correções do limbo lunar forem realmente melhorados pelas observações da sonda japonesa Kaguya, é esperado que o resultado dessas análises seja também melhorado.

Para contextualizar: com uma videocâmera PAL de 25 quadros por segundo rodando a uma resolução de 1-quadro, o horário final do evento (ocultação) é

determinado com precisão de 0,04s. Como o movimento relativo da Lua em direção à estrela é, tipicamente, da ordem de 0,3"/s, o vídeo facilmente nos fornece uma precisão de posição relativa de 0,01". Isso é menor que as incertezas do catálogo UCAC2 (normalmente cerca de 0,03"), e é de grau de precisão suficiente para que erros sistemáticos no sistema de referência do Hipparcos possam ser estudados.

Além do mais, os dados obtidos pela Kaguya não têm a mesma resolução espacial que as observações de ocultações lunares rasantes – dessa forma é pouco provável que a Kaguya possa substituir as ocultações rasantes no processo de análise de pérolas de Baily.

Ainda, existem grupos de observadores na Oceania, Ásia e América do Norte que estão começando a usar ocultações lunares para medir detalhes de estrelas duplas – separação, ângulo de posição e magnitude relativa (que é pouco conhecida para a maioria das duplas cerradas).

Então – a observação de ocultações lunares é atualmente obsoleta? A resposta é um retumbante NÃO. Toda essa mudança faz parte da natureza das pesquisas que podem ser feitas a partir das observações. E o que vivenciamos atualmente é só mais uma mudança no objetivo das ocultações, fato que vem ocorrendo nesses últimos 380 anos de observações.

David Dunham, Dave Herald, Mitsuru Soma.

Tradução: Breno Loureiro Giacchini

Referências das notas do tradutor:

Chasing the Shadow – The IOTA Occultation Observer's Manual – The complete guide to observing lunar, grazing and asteroid occultations. Published by the International Occultation Timing Association. ISBN 9780615291246. Richard Nugent, Editor. 2007. Disponível gratuitamente em: <http://www.poyntsource.com/IOTAManual/Preview.htm>

ROBINSON, Walt & POVENMIRE, Hal. *Occultation observer's handbook – An introduction to occultations.* Publicação do Canaveral Area Graze Observers, 2006.

http://www.kaguya.jaxa.jp/index_e.htm

Estudando a Correção Delta T, Helio de Carvalho Vital:
http://lunar.astrodatabase.net/estudando_deltat.htm