



[Artigo publicado no **Journal of Double Star Observations**,
Vol. 9, No. 2, 130-134, 2013.]

Descoberta da duplicidade de TYC 6223-00442-1 durante uma ocultação por (52) Europa

Breno Loureiro Giacchini

breno@ceamig.org.br

Seção de Ocultações, Rede de Astronomia Observacional - REA-Brasil

Centro de Estudos Astronômicos de Minas Gerais - CEAMIG

Departamento de Física, ICEx, Universidade Federal de Minas Gerais

International Occultation Timing Association - IOTA

Brad Timerson

International Occultation Timing Association - IOTA

Tony George

International Occultation Timing Association - IOTA

Scott Degenhardt

International Occultation Timing Association - IOTA

Dave Herald

International Occultation Timing Association - IOTA

Resumo: a ocultação de TYC 6223-00442-1 pelo asteroide (52) Europa observada em 12 de agosto de 2012 em Belo Horizonte, Brasil, revelou essa estrela como sendo um sistema binário. A magnitude da componente primária foi estimada em $11,3 \pm 0,1$, e a da secundária em $12,4 \pm 0,1$. Como a ocultação foi observada de apenas um local não foi possível obter uma solução única para o ângulo de posição e a separação do par. As quatro soluções possíveis apresentadas neste artigo foram obtidas considerando um modelo do formato do asteroide.

Observação

Em 12 de agosto de 2012, em Belo Horizonte (Brasil), Giacchini observou a ocultação de TYC 6223-00442-1 pelo asteroide (52) Europa. De acordo com a previsão, Belo Horizonte situava-se a 71 km da linha central. A trajetória prevista para a ocultação bem como o local de observação estão mostrados na Figura 1. A duração máxima prevista era 81,4 s, com uma queda de 1,4 magnitudes.

A observação foi realizada usando um telescópio newtoniano motorizado de 18 cm de abertura, uma câmera Watec 902H2 Ultimate e um KIWI-OSD *time inserter*. A ocultação foi gravada em uma fita digital. A curva de luz obtida (Figura 2) mostra claramente duas quedas de fluxo. Na Tabela 1 está informada a posição do observatório, enquanto que a Tabela 2 contém os horários dos eventos registrados. A ocultação da estrela A teve duração $D_A = (78,78 \pm 0,04)$ s, enquanto a da estrela B foi de $D_B = (59,3 \pm 0,2)$ s.

A estrela TYC 6223-00442-1 não constava no Fourth Interferometric Catalog, tampouco no Washington Double Star Catalog.

Tabela 1: Posição do observatório (WGS-84, MSL)

Longitude	43° 57' 29.7" W
Latitude	19° 51' 20.1" S
Altitude	823 m

Tabela 2: Horários dos eventos registrados

Evento	Horário (TU)
Começo da observação	01 ^h 21 ^m 14,0 ^s
Estrela B desaparece	01 ^h 24 ^m 32,0 ^s ± 0,2 s
Estrela A desaparece	01 ^h 24 ^m 34,68 ^s ± 0,02 s
Estrela B reaparece	01 ^h 25 ^m 31,34 ^s ± 0,04 s
Estrela A reaparece	01 ^h 25 ^m 53,46 ^s ± 0,02 s
Fim da observação	01 ^h 30 ^m 00,0 ^s

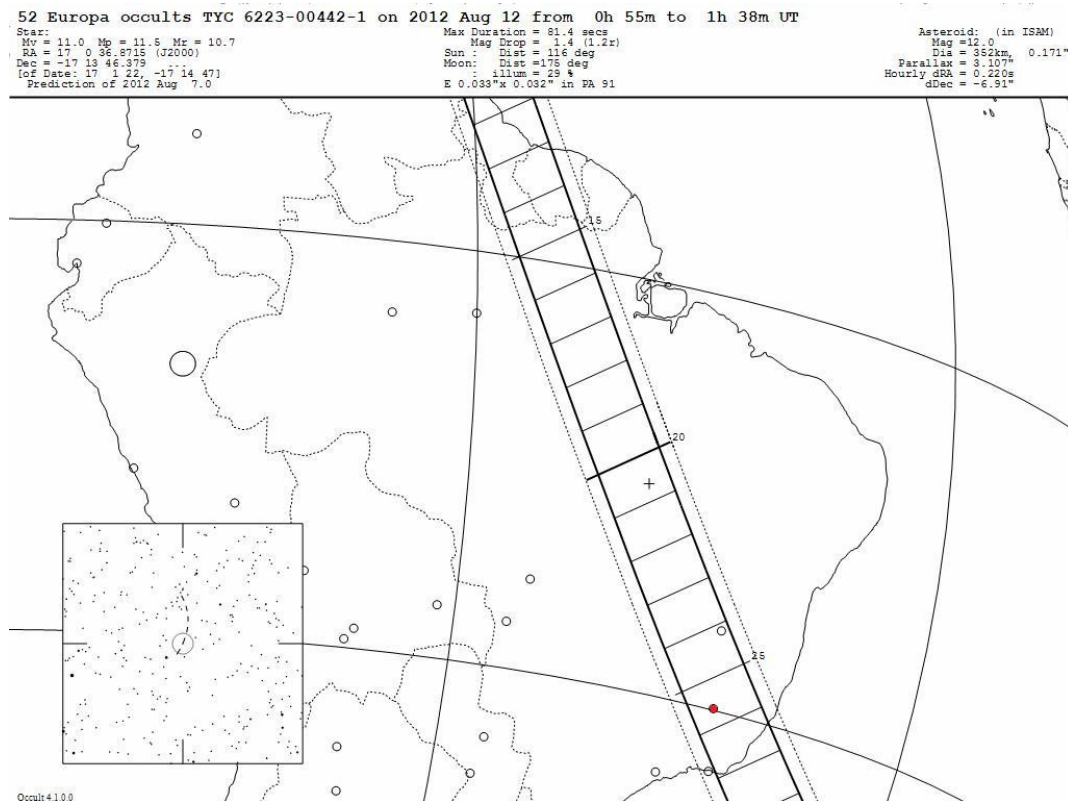


Figura 1: Trajetória prevista e detalhes da ocultação [Herald, 2012]. Belo Horizonte está indicada em vermelho.

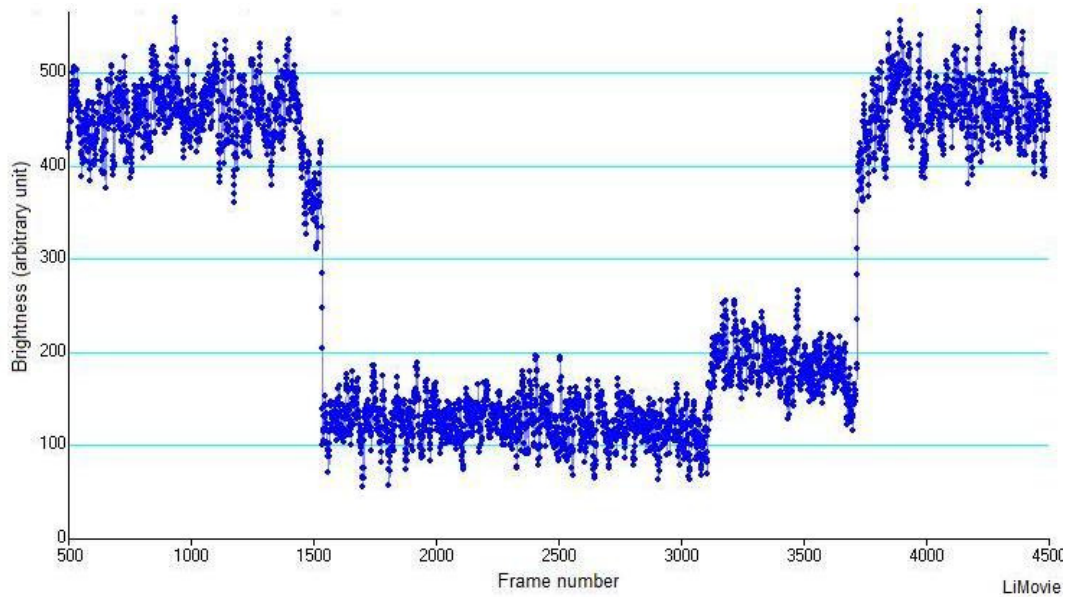


Figura 2: Curva de luz da estrela entre 1:23:56 e 1:26:58 TU.

Análise dos dados

A determinação que segue dos parâmetros do sistema é baseada em [Herald *et al.* 2010] e foi realizada por meio do programa Occult4.1.0 [Herald, 2012]. Como a ocultação foi observada em apenas uma estação, não é possível assegurar se nosso observatório estava ao norte ou ao sul da linha central. Tampouco é possível distinguir se a estrela secundária estava no mesmo lado do asteroide que a componente primária. Se considerarmos que o asteroide tem o formato esférico, teremos quatro diferentes soluções para a separação e o ângulo de posição do par.

O asteroide (52) Europa tem um diâmetro médio de $\delta = (350 \pm 5)$ km consoante o catálogo AcuA [Usui *et al.* 2011]. Combinamos essa informação com o perfil do asteroide no momento da ocultação (Figura 3) [Marciniak *et al.* 2012] visando encontrar as soluções possíveis para os parâmetros de estrela dupla. Para cada uma das possibilidades descritas, consideramos duas situações distintas: uma na qual o perfil do asteroide poderia inscrever um círculo de diâmetro δ , e outra na qual o perfil está quase que inteiramente contido num tal círculo. A primeira situação supõe que o asteroide é um pouco maior que o diâmetro informado por AcuA; já a segunda situação considera que o asteroide é um pouco menor.

Para cada uma dessas obtivemos a separação e o ângulo de posição do par. Como o perfil do asteroide era quase esférico, esperamos que entre essas suas situações extremas (isto é, em escalas intermediárias para o perfil), a separação e o ângulo de posição continuariam entre esses dois valores. Isso nos permite fazer uma estimativa dos parâmetros para cada uma das quatro situações possíveis. As análises gráficas estão mostradas nas Figuras 4-7 e as soluções estão apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Valores possíveis para os parâmetros de estrela dupla

Ângulo de posição (°)	Separação (mas)
32 ± 10	37 ± 6
61 ± 4	100 ± 20
268 ± 3	110 ± 20
285 ± 6	46 ± 7

A rotina de cálculo de magnitudes do programa Occult [Herald, 2012] nos permitiu determinar as magnitudes de ambas as estrelas tendo como base os níveis de

brilho da curva de luz (Figura 2). O catálogo UCAC4 [Zacharias *et al.* 2012] registra a magnitude de TYC 6223-00442-1 como sendo V-Mag = $(10,943 \pm 0,003)$.

Objetivando evitar a interferência de flutuações naturais de fluxo, calculamos a média da intensidade durante períodos de tempo próximos às variações de brilho. Consideramos, assim, seis níveis de intensidades, indicados na Tabela 4.

Período de tempo (TU)	Intensidade média (u.a.)
01 ^h 24 ^m 30.0 ^s to 01 ^h 24 ^m 32.0 ^s	460
01 ^h 24 ^m 32.0 ^s to 01 ^h 24 ^m 34.68 ^s	374
01 ^h 24 ^m 34.68 ^s to 01 ^h 24 ^m 36.68 ^s	121
01 ^h 25 ^m 29.34 ^s to 01 ^h 25 ^m 31.34 ^s	109
01 ^h 25 ^m 31.34 ^s to 01 ^h 25 ^m 53.46 ^s	187
01 ^h 25 ^m 53.46 ^s to 01 ^h 25 ^m 55.46 ^s	418

Temos, portanto, duas medições das magnitudes das estrelas: os eventos de desaparecimento fornecem os valores 12,43 e 11,26; os valores ao reaparecimento são 12,42 e 11,26. Assumindo uma ocultação assimétrica (a seqüência de estrelas envolvidas nos eventos foi B-A-B-A), as magnitudes resultantes são: Mag_A = $(11,3 \pm 0,1)$ and Mag_B = $(12,4 \pm 0,1)$.

Com base nas informações apresentadas neste artigo, as características do sistema são:

Estrela	Tycho-2	6223-00442-1		
	UCAC2	146-109152		
	UCAC4	364-078961		
Coordenadas (J2000)		RA 17 ^h 00 ^m 36,877 ^s	Dec -17°13'46,22"	[UCAC4]
V-Mag A		11,3 ± 0,1		
V-Mag B		12,4 ± 0,1		
Separação e ângulo de posição		Soluções possíveis apresentadas na Tabela 3.		

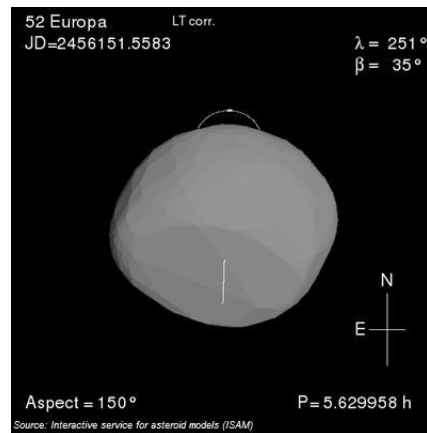


Figura 3: Modelo do asteroide no momento da ocultação [Marciniak *et al.* 2012].

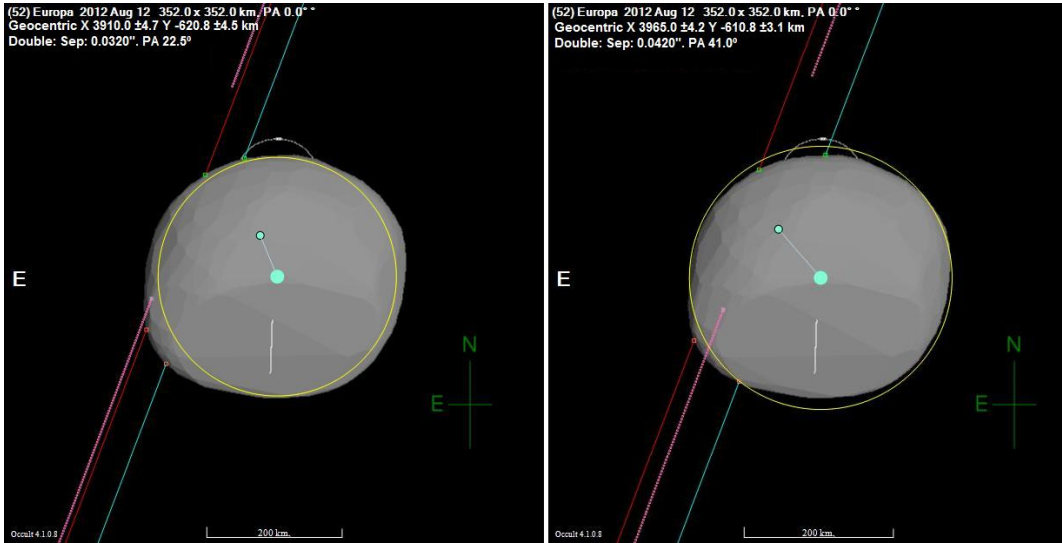


Figura 4

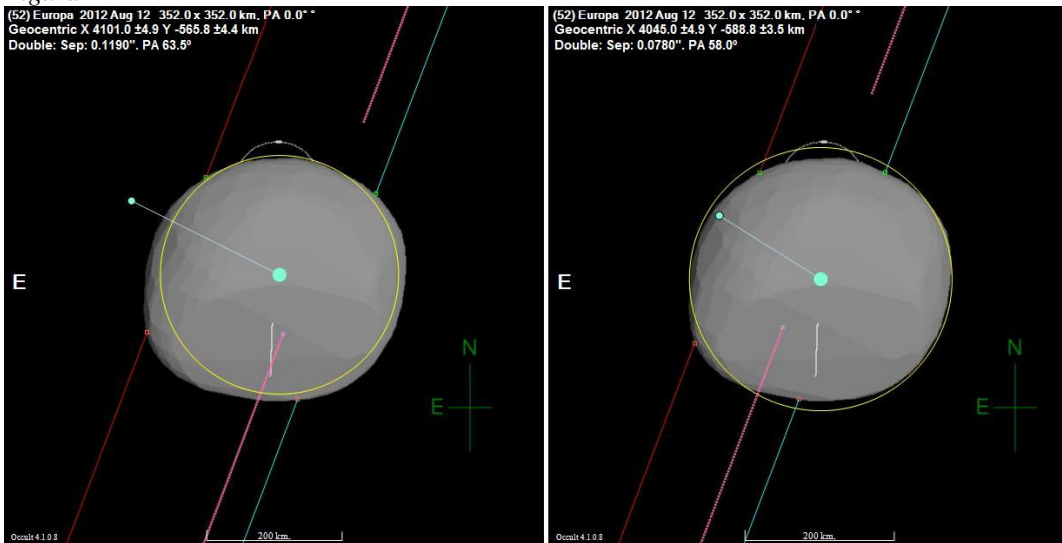


Figura 5

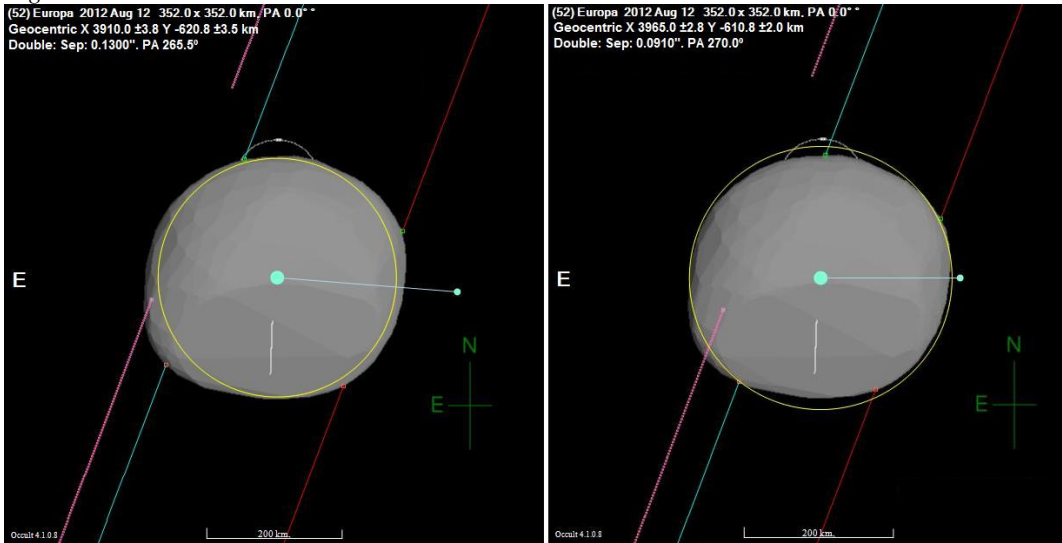


Figura 6

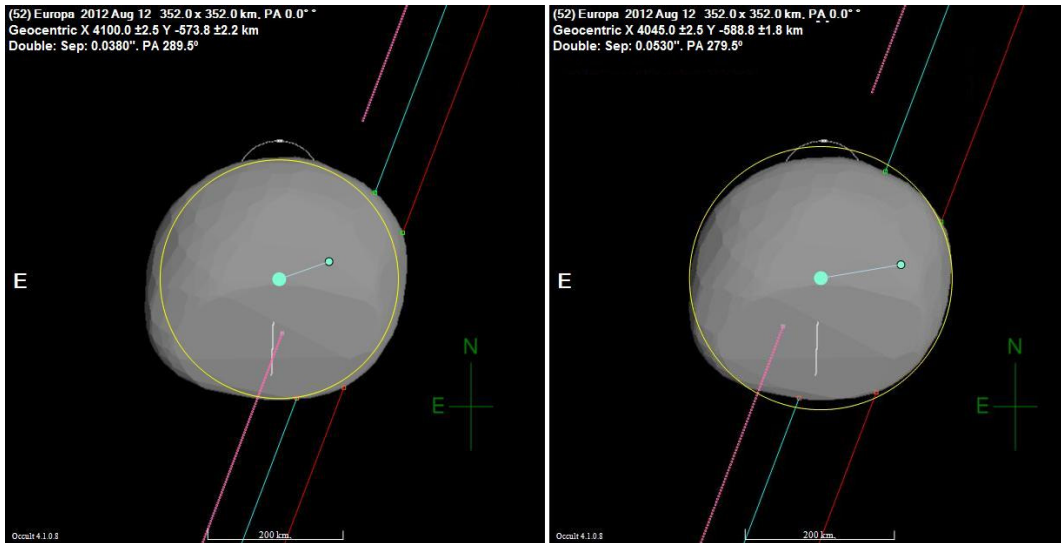


Figura 7

Figuras 4-7: Reduções gráficas da separação e ângulo de posição usando o modelo ISAM de perfil do asteróide. O círculo corresponde ao diâmetro médio $\delta = 350$ km (AcuA). A ocultação prevista está indicada pela linha rosada. Figuras à esquerda consideram que o perfil do asteróide no momento da ocultação era um pouco maior que δ ; já as imagens da direita supõem que ele era um pouco menor que δ . Nas Figuras 4 e 6 assume-se que a trajetória real da sombra foi próxima da trajetória prevista; as outras duas representam as soluções mais distantes do previsto.

Referências

Herald, D., 2012, Occult4.1.0.8, software.

Herald, D., *et al*, 2010, *Journal of Double Star Observations*, Vol. **6**, No. 1, 88-96.

Marciniak A., *et al*, 2012, “Photometry and models of selected main belt asteroids IX. Introducing interactive service for asteroid models (ISAM)”, *Astronomy and Astrophysics*, Vol. **545**.

Usui F., *et al*, 2011, “AcuA: the AKARI/IRC Mid-infrared Asteroid Survey”, *Publ. Astron. Soc. Japan*, **63**.

Zacharias N., *et al*, 2012, “The fourth U.S. Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC4)”.