

## ESTRELLAS DUPLAS, SISTEMAS MÚLTIPLES E SISTEMAS PLANETARIOS

Diomar César Lobão  
Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA  
Depto. Astronomia  
12.200 - São José dos Campos-SP, BRASIL

**R**iccioli (1598-1671) um aluno de Galileu, descobriu em 1650 com uma luneta mais forte que a usada por este, que a somente 14 segundos de arco de Mizar =  $\zeta$  (Zeta) Ursa Major existe uma estrelinha que a olho nu não era visível. Em 1664 Roberto Hooke (1635-1703) achou a mesma coisa a 8" de  $\gamma$  (Gamma) Taurus. Herschel (1738-1822) observando Castor =  $\alpha$  (Alfa) Geminis e sua companheira Castor B, notou que esta orbitava lentamente a 6" em torno de Castor A.

Nasceu neles a idéia de haver estrelas duplas ou binárias, formando dois sois girando um em torno de outro de acordo com a Lei de Atração Gravitacional de Newton.

Em 1889 se descobriu por espectrometria que Mizar A tinha mais uma companheira (Mizar A2), e mais tarde que também Mizar B tinha outra (Mizar B2). ¡Mizar é uma estrela quádrupla, da mesma forma que Castor provou ser a final uma estrela sêxtupla! (ver Figura 1 e 2).

Os argumentos físicos usados para tentar explicar a origem e formação de tais sistemas só surgiu mais tarde, quando as teorias do mecanismo e formação estelar foram estabelecidas pela Astrofísica.

Os cálculos detalhados do colapso das nuvens da matéria interestelar, incluem os efeitos de gravitação e também os da força centrífuga. As nuvens não só se movem umas em relação as outras como também giram sobre si mesmas, mais o menos rapidamente. Como consequência disso, aparece uma força (força centrífuga), perpendicular a o eixo de rotação e que se opõe a gravidade. Ela pode inclusive, chegar a dividir a nuvem.

Muitos embriões estelares se fragmentam. Assim se formam os sistemas múltiplos de duas ou mais estrelas que giram em torno de um centro comum e permanecem ligadas devido a sua mútua atração gravitacional. Algumas são instáveis e acabam por se destruir. Os mais frequentes são os sistemas duplos. Nestes a estrela de massa maior chama-se primária, e a menor, secundária.

Quase metade das estrelas da nossa galáxia faz parte de sistemas duplos, os quais fornecem enorme quantidade de dados acerca da estrutura das mesmas. Permitem em muitos casos, determinar as suas massas, e a influência da atração de uma estrela sobre a estrutura da outra.

Frequentemente uma das estrelas do par é praticamente invisível, podendo contudo

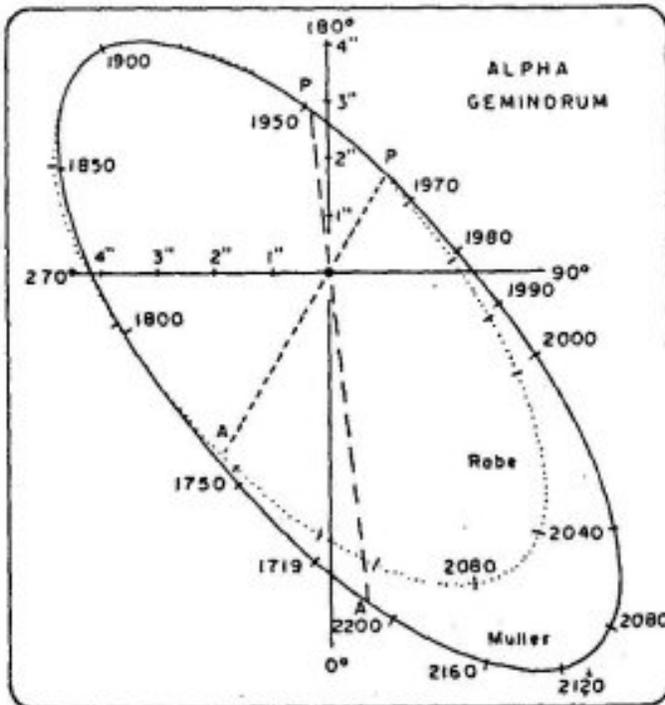


Figura 2. As duas órbitas de Castor A-B, calculadas por Rabe e Muller, quase coincidem durante os últimos 200 anos. Estas duas estrelas vem separando-se desde 1980, o que permitira distinguir entre as duas órbitas nos próximos anos. Rabe dá um período de 420 anos, y Muller de 511 anos. ¡El sistema merece ser observado cuidadosamente!

detetar-se devido aos seus efeitos sobre a órbita da outra. Por vezes a força centrífuga não provoca fragmentação em duas ou mais estrelas, e dá origem a uma espécie de disco, muito achatado e com uma condensação central, animado de um movimento de rotação. As heterogeneidades do disco podem ocasionar instabilidades que levam a matéria a condensar-se por um lado, no centro, e por outro em vários corpos que rodarão em órbitas à volta do núcleo central. Este dará lugar a uma estrela. Os outros corpos de menor tamanho, darão origem a um sistema planetário.

**Q**ue a condensação da matéria de origem a uma estrela ou a um planeta, depende da massa implicada no fenómeno. Se possuir uma massa um pouco maior, o planeta Jupiter por exemplo poderia produzir no seu interior a energia suficiente para manter uma luminosidade própria. Dessa forma o nosso sistema solar teria constituído uma estrela dupla.

As investigações estatísticas mostram que a proporção de sistemas múltiplos entre as estrelas que são no mínimo duplas, é bastante alta, e está entre um quarto e um terço, provavelmente.

O número de estrelas duplas que são conhecidas hoje e podem ser distinguidas e examinadas com o auxílio de um telescópio, já é superior a 70.000. Embora, apenas 1% delas tem suas órbitas conhecidas. A este número devem-se juntar ainda, milhares de estrelas duplas que foram descobertas através do espectroscópio.

Considere o seguinte: dentro de uma distância de 5 parsecs (16 AL), 40% de todas

as estrelas são duplas ou múltiplas.

Dentro de uma distância de 200 parsecs (65 AL), existem 690 estrelas isoladas e 348 estrelas que possuem um sistema duplo ou múltiplo

Um exemplo ainda mais extremo é que das seis estrelas mais semelhantes ao Sol, cinco são duplas ou múltiplas.

### SISTEMAS PLANETARIOS

Nas últimas décadas tem surgido fortes suspeitas de outras estrelas além do Sol, possuir planetas. Existe a possibilidade de detecção desses planetas. Tal como a Terra e a Lua se movem em volta do "centro de massa", uma estrela e seus companheiros planetários também se moveriam em volta do seu centro comum de gravidade (Figura 3). Se o planeta em questão tivesse suficiente massa, o movimento em volta de seu centro de massa a gravidade apareceria como uma oscilação no movimento da estrela.

Todavia, mesmo que esse fosse o caso, seria completamente impossível observar tais planetas diretamente por meio de telescópios, pois eles seriam demasiado pequenos e pálidos.

Em 1942 foi descoberto que uma das componentes da estrela 61 Cygni, faz exatamente isso. A estrela 61 Cygni é visível a olhos nus e, em 1838 foi a primeira estrela a ter sua distância medida com grande precisão. Encontra-se a 11.1 anos-luz (AL) e é uma estrela dupla na qual seus componentes, ambos mais pálidos do que o Sol, se



Figura 3. O que se vê no céu, e o que acontece realmente. O centro da massa do sistema estrela-planeta se desloca em linha reta. Mas o planeta é invisível. O único que se vê é um movimento de oscilação da estrela no céu.

encontram bastante distantes um do outro. O mais pálido dos componentes, 61 Cyni B, apresenta um movimento de oscilação. Por meio de medições astrométricas K. A. Strand em 1942 deduziu que o corpo perturbador (61 Cygni C) devia ter uma massa cerca de oito vezes maior do que a de Jupiter. Isto podera parecer extremamente grande. Considerando-se a massa, seria demasiado pequena para ser uma estrela de qualquer tipo. A menor estrela conhecida tem uma massa com mais de 40 vezes a de Jupiter. Assim parece certo que aquilo que esta perturbando 61 Cygni B é um corpo escuro sem luz propria, em outras palavras, um planeta.

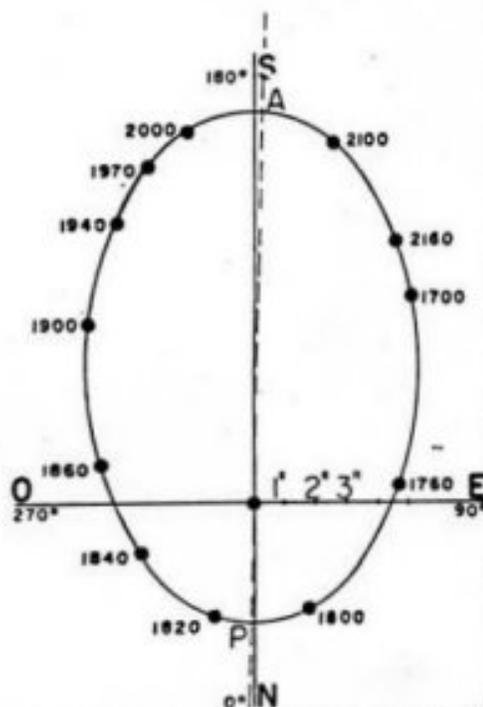
A estrela 70 Ophiuchi, também dupla, possui certas irregularidades em seu movimento. Não é bem certa em volta de qual componente do par o corpo planetario gira. Se girar em volta do componente maior, então sua massa deve ser pelo menos doze vezes a de Jupiter. Se girar em volta do componente menor, sua massa seria apenas oito vezes a de Jupiter.

A estrela "velox Barnard" encontra-se a 6 AL de distancia. E a estrela mais cercana do Sol no hemisferio Norte. Seu companheiro, descoberto por Peter Van de Kamp em 1963, tem uma massa parecida a de Jupiter. Este corpo deve ser um planeta, e na realidade gira em volta da estrela de Barnard num periodo de 11.5 anos, o seja, 2 vezes o periodo de Jupiter em volta do Sol.

$\epsilon$  (Epsilon) Eridani possui um ou talvez mais planetas, como também  $\tau$  (Tau) Ceti. Na Figura 4 mostra-se a orbita de  $\epsilon$  Eridani calculada por mim.

O mais provavel é que cada um desses planetas seja um membro de um sistema

Figura 4. A órbita de  $\epsilon$  Eridani calculada por mim, fazendo uso dos elementos orbitais de van Albada. Compare com a Figura 1 da pagina 219. A diferencia se deve que a órbita é diferente a dada por Becvar.



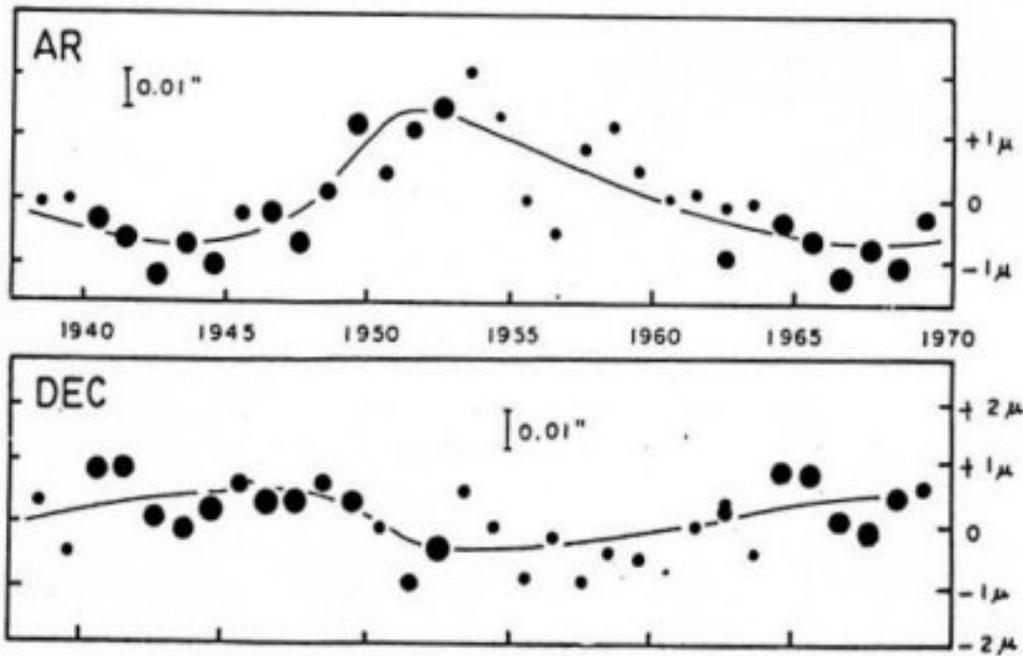


Figura 5. Desvios anuais na posição da estrela de Barnard, obtida a partir de 96 fotos (Peter van de Kamp, 1967).

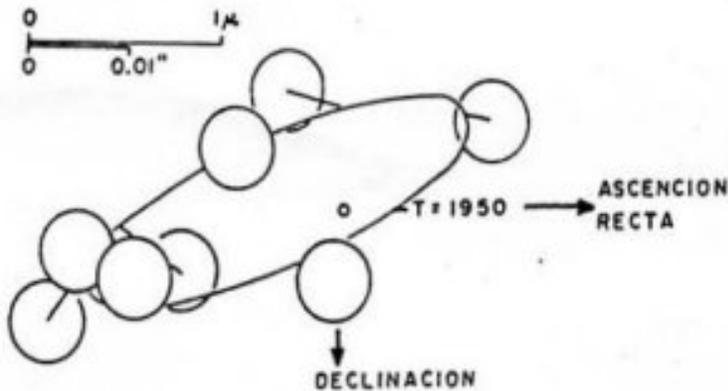


Figura 6. Órbita da estrela de Barnard em torno do centro de massa. O raio dos círculos indica o erro provável.

contendo também planetas pequenos. Muitos desses planetas devem ser estranhos e inóspitos a vida na forma humana. Mas é provável que em algum lugar haja planetas mais adequados a vida, como nós a conhecemos.

### REFERENCIAS

- Batten, A. H. *Publications Astronomical Society of the Pacific*, 82, p. 574. (1970).  
 Heintz, W. D. *M. N. R. A. S.*, 175, p. 533. (1976).  
 Strand, K. A. *Sky and Telescope*, Dezembro. (1956).  
 Van de Kamp, P. "Unseen Astrometric Companions of Stars". *Annual Review of Astronomy and Astrophysics*, 13, p. 295. (1975).

## A BINARIA $\rho$ ERIDANI

Roberto Frangetto  
 União Brasileira de Astronomia, UBA  
 Ave. Gov. Fernando Costa 223  
 11100, Santos, SP, BRASIL

**P**assei a estudar a binária  $\rho$  Eridani (GC 2030) inicialmente calculando a partir das Leis de Kepler e das propriedades da elipse, a órbita aparente da mesma. Para isso desenvolvi programas para a calculadora eletrônica HP-33E. Recentemente recebi o livro "Mathematical Astronomy With A Pocket Calculator" (Jones, 1978), que em as páginas 174 a 176 fornece programas equivalentes, e que, aplicados a esse caso deram o mesmo resultado.

Para calcular a órbita, usei os elementos fornecidos no "Atlas Catalogue" de Becvar, Tabela I. A órbita mostrada na Figura 1, retrata o resultado desses cálculos. Note que a órbita é aparente e, por isso a estrela primária não ocupa o centro (= foco) da elipse.

De 29/11/79 a 3/1/80 realizei 5 medições completas e independentes desse par, e obtive os resultados da Tabela II. Para as medições usei um Newtoniano de 20 cms de abertura a 160 cms de distancia focal, de fabricação caseira. O micrometro é importado dos USA, e é fabricado pelo Ron Darbinian.

Recentemente estou usando o catálogo de Finsen e Worley (1970), que fornece elementos mais atualizados, calculados por Van Albada. ¡Também agora estou usando uma calculadora alfanumérica HP-41C que reduz o tempo de cálculo de 2 horas para 15 minutos!

TABELA I: ELEMENTOS ORBITAIS DA BINARIA  $\rho$  ERIDANI

GC 2030 / Dunlap 5 =  $\Delta 5 / m_1 = 6,0 / m_2 = 6,1$   
 AR  $01^h 37,9^m$  DEC  $-56^\circ 27'$  (1950,0)

Elementos do Catálogo de Becvar

P = 251 anos	T = 1821
e = 0,80	a = 8,31"
i = $120,5^\circ$	$\omega = 120,6^\circ$
$\Omega = 163,7^\circ$	

Elementos do Catálogo de Finsen/Worley

P = 483,66 anos	T = 1813,49
e = 0,534	a = 7,817"
i = 142,82	$\omega = 18,37^\circ$
$\Omega = 13,12^\circ$	

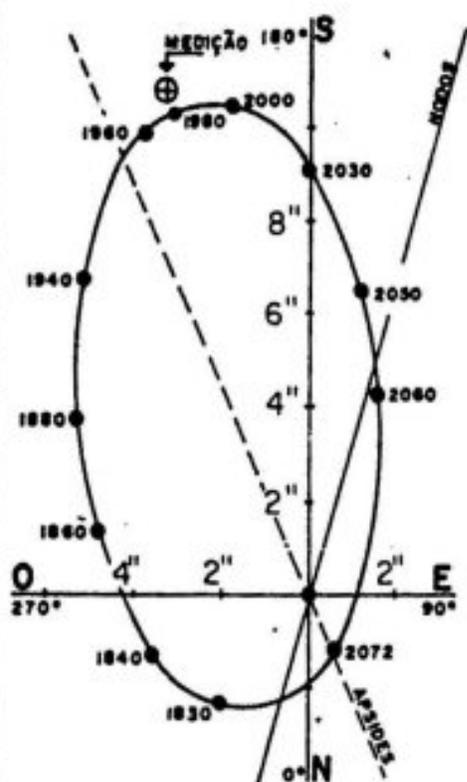


Figura 1. A órbita da binária p Eridani, calculada por mim fazendo uso dos elementos orbitais fornecidos no "Catálogo de Becvar". Compare com a Figura 4 da página 216. A diferença é devida a os elementos orbitais usados.

TABELA II: RESULTADOS DO CALCULO E DAS MEDIÇÕES

Data	Distância Aparente		Ângulo de Posição	
	Calculada	Medida	Calculado	Medido
29-11-79	11,13"	10,72°	195,4°	196,9°
7-12-79		11,78		195,4
7-12-79		11,18		195,4
2-01-80		11,13		195,4
3-01-80		11,16		195,5
Medias	11,13"	11,2"	195,4°	195,7°

### REFERENCIAS

Becvar, A. "Atlas Coeli II, Katalog". Praha. (1950).

Finsen, W. S., Worley, C. E. "Third Catalog of Orbits of Visual Binary Stars". Johannesburg, South Africa. (1970).