

# Observação de Estrelas Simbióticas do Hemisfério Sul para pequenos telescópios

*Ednilson Oliveira - IAG/USP - São Paulo/SP*

## 1. Introdução.

Estrelas Simbióticas são variáveis de longo período orbital, consistindo de dois regimes distintos de temperaturas.

O que proponho aqui é o estudo sistemático de um grupo de simbióticas brilhantes visíveis no Hemisfério Sul, para pequenos telescópios. Estes sistemas são muito pouco estudados no Hemisfério Sul e para a maioria não se sabem ainda nem o seu período orbital.

Um estudo qualitativo e quantitativo para se caracterizar melhor sua curva de luz se faz necessário e a determinação de alguns parâmetros importantes, como o período orbital, variações irregulares e estudo de cores UBVRI é igualmente importante.

Nos itens 2, 3, 4 e 5 veremos um pouco da Astrofísica envolvida nos sistemas simbióticos, nos itens 6 e 7 veremos a proposta, a metodologia e a análise dos dados.

## 2. O que são Estrelas Simbióticas?

As estrelas simbióticas são geralmente aceitas como sendo sistemas binários de longo período orbital ( $P \sim 200$  dias - 10 anos). Elas compreendem uma pequena classe de variáveis eruptivas que mostram um espectro simultâneo de estrela fria (forte contínuo vermelho, banda em absorção TiO e VO, linhas em absorção de metais ionizados simples e neutros) e de uma componente quente (linhas em emissão da série de Balmer, He I e [O III] e linhas em emissão altamente ionizadas como He II e [Fe VII] e um fraco contínuo azul (Boyarchuk 1969, 1975).

O modelo binário consiste em uma gigante de tipo tardio (G-M), ocasionalmente uma supergigante, transferindo material via vento estelar, ou por extravasamento via preenchimento do lóbulo de Roche pelo ponto interno de Lagrange, para um objeto compacto e quente. O perfil tipo tardio é associado com uma gigante vermelha e a estrela quente tem uma intensa radiação ultravioleta que ioniza uma parte da nebulosa que a envolve, dando assim origem às linhas em emissão (Kenyon 1986).

## 3. Esquemas de classificação.

O número de combinações possíveis de possibilidades de tipos de estrelas gigantes e também da estrela compacta faz com que a diversidade natural esperada seja grande. Se não vejamos.

A estrela gigante pode estar no Ramo das Gigantes Vermelhas (RGB) ou no Ramo Assintótico das Gigantes (AGB). As estrelas do AGB podem estar na fase de pulsos térmicos, ou não. Já a estrela compacta pode ser da sequência principal ou ser uma anã branca. Neste caso pode sofrer queima nuclear hidrostática na superfície, ou não (Tutukov e Yungelson 1982).

Pode haver uma queima nuclear explosiva, (Novas Recorrentes - RN, caso de RS Oph) resultado de transferência de matéria por vento ou pelo ponto interno de Lagrange. As possibilidades de combinações são grandes o que explica a diversidade observada.

### 3.1. Tipos S e D.

Webster e Allen (1975) dividiram as estrelas simbióticas em dois tipos: S e D. Para o tipo S (stellar) a temperatura da gigante vermelha normal é de aproximadamente 2.500 K e para o tipo D (dusty) a estrela tem um excesso no infravermelho e acredita-se que a temperatura da poeira seja aproximadamente 1.000°K.

O sistema tipo D tem uma variável “Mira” com fortes bandas em absorção CO e H<sub>2</sub>O. Em geral os períodos orbitais das estrelas tipo S são de 1 a 5 anos e as do tipo D são > 5 anos, o que mostra uma natural separação para as simbióticas com períodos orbitais distintos, de acordo com os tipos S e D (anos versus décadas). Os períodos longos são típicos de binárias do tipo D, porém temos poucos exemplos de estrelas tipo D, pois cerca de 80 % das estrelas simbióticas são do tipo S (Boyarchuk 1993 e Kenyon 1986).

### 3.2. Novas simbióticas e novas recorrentes.

Nova simbiótica, também conhecida como nova muito lenta. Muitas explosões são comuns a alguns sistemas simbióticos, mas poucos sistemas tem uma explosão simples e demorada, como as observadas nas novas simbióticas.

A escala de tempo para que uma nova simbiótica atinja o máximo de luminosidade pode ser de 50 a 200 anos com uma temperatura efetiva em torno de aproximadamente 100.000 K.

Sete novas simbióticas (AG Peg, RT Ser, AS 239, RR Tel, V1329 Cyg, V1016 Cyg e HM Sge) foram listadas por Allen (1980). A evolução destes objetos é explicado por uma detonação termonuclear na superfície da anã branca (Kenyon 1986).

Todas as novas simbióticas com exceção a RR Tel, tem sido descobertas durante as explosões. Alguns sistemas aumentaram o seu brilho em doze anos e a diminuição deste pode demorar uns 100 anos aproximadamente (Kenyon 1992).

Erupções em nova recorrente são extremamente rápidas (poucos meses). Cerca de oito novas recorrentes são conhecidas, mas somente T CrB e RS Oph parecem conter estrelas gigantes tipo tardio (Webbink 1978).

No estado quiescente estes sistemas aparecem normais, com perfis em absorção tipo tardio e linhas em emissão. T CrB tem um período orbital muito bem determinado, com 227 dias. T CrB apresentou-se com duas explosões, a primeira em 1866 e a segunda em 1946, enquanto RS Oph apresentou erupções em 1898, 1933, 1958, 1967 e 1985.

Os modelos aceitos dizem que podem haver uma rápida ejeção de matéria na superfície da anã branca, a detonação termonuclear aparece como um promissor mecanismo para as explosões de novas clássicas. Nestes objetos o material perdido pela estrela fria flue para o disco. Eventualmente o aumento de densidade na base do material acretado inicia a queima do hidrogênio, conduzindo um rápido aumento de energia em curta escala de tempo. O resultado é uma explosão espetacular, que aumenta a luminosidade em um fator de 1.000.000 em poucos dias (Tutukov e Yungelson 1982).

Depois deste abrupto aumento de brilho, a estrela retoma ao seu estado original e o ciclo pode recomeçar. A escala de tempo da recorrência é de 10.000 a 1.000.000 de anos, contudo para estrelas anãs brancas massivas (1,4 massas solares) o tempo de recorrência pode ser da ordem de 30 anos (MacDonald 1983).

### **3.3. Simbióticas amarelas e vermelhas.**

Existem bem poucas estrelas simbióticas

com tipo espectral F-G (cerca de um pouco mais de uma dúzia entre um total de mais de 200 simbióticas conhecidas). Estas estrelas tem sido chamadas de estrelas simbióticas amarelas por Glass e Webster (1973). Alguns exemplos podem ser as estrelas M1-2 (tipo G2), HD 330036 (F5III-IV), HD 149427 (tipo F), V417 Cen (tipo G) e DT Ser (tipo G).

## **4. Os períodos orbitais e “Miras”.**

Quando não se sabe o valor do período orbital de um sistema binário, sabe-se, de fato, muito pouco sobre ele. Conhecemos hoje cerca de 200 estrelas simbióticas na Galáxia. Destas, apenas sabemos o período orbital de 10 %, sendo que vários são incertos ou duvidosos. Deve-se salientar que a maior parte dos sistemas com período orbital conhecido pertence ao Hemisfério Norte apesar de a maior parte das estrelas estar no Hemisfério Sul, com grande concentração no bojo da Galáxia (Oliveira 1999 e referências), ou seja temos em nosso Hemisfério um grande filão, no qual o astrônomo amador pode ajudar e muito.

Se quisermos avançar de forma significativa no estudo desta classe, é fundamental que sejam determinados os períodos orbitais de um número significativo (30 - 50%) de estrelas.

Muitas das estrelas simbióticas cuja estrela gigante está em fase avançado do AGB são estrelas com pulsações do tipo “Mira”. “Miras” são gigantes vermelhas, pulsantes de longo período, com classes espectrais M, C e S, caracterizadas pela presença nos seus espectros de bandas moleculares em absorção e linhas em emissão. Este fenômeno se manifesta mais em comprimentos de onda longo (infravermelho) do que o azul.

É muito importante que estes períodos (“Miras”) sejam bem determinados e discriminados dos períodos orbitais. Isto pode gerar confusões. No caso de R Aqr, por exemplo, se julgou que os períodos eram idênticos (380 dias). Sabemos, hoje que o período orbital é muito mais longo, com cerca de aproximadamente 16060 dias e o período “Mira” com aproximadamente 387 dias. No caso de RR Tel assume-se, ainda, que os períodos sejam iguais, o que precisa ser verificado, apesar de ser uma das simbióticas mais bem observada.

## **5. Pulsações coerentes e incoerentes.**

Algumas simbióticas tem mostrado variações incoerentes de curto período nas suas curvas de luz.

Outras foram sugeridas como tendo pulsações periódicas do tipo rotor assíncrono (polar intermediário) Hoard (1993), Dobrzycka et. al. (1996) e

Rodgers et. al. (1997).

Dobrzycka et. al (1996) sugerem que algumas estrelas simbióticas apresentam variações fotométricas periódicas com amplitudes de 0,1 mag e períodos de 500-4000s, similares às encontradas nas polares intermediários. Patterson (1994) mostrou uma relação entre a amplitude do pulso ótico e a rotação da anã branca. Curiosamente três estrelas simbióticas; CH Cyg, RS Oph e MWC 560 aparecem com a mesma relação das apresentadas pelas polares intermediários, o que sugere que os fenômenos possam estar relacionados.

## **6. A Proposta.**

### **6.1. Objetivo.**

O trabalho consiste na realização de um estudo sistemático de estrelas simbióticas do Hemisfério Sul.

Seus principais objetivos são:

- Determinar o período orbital dos sistemas estudados.
- Determinar o período “Mira” dos objetos simbióticos.
- Determinar quais objetos apresentam e quais não apresentam “flickering”.
- Realizar um estudo sistemático do “flickering” das simbióticas cujo período orbital seja determinado.

### **6.2. Metodologia.**

Selecionei as Estrelas Simbióticas que é acessível para pequenos telescópios, ou seja as mais brilhantes, incluindo, é claro, as estrelas de comparações que sejam acessíveis para tais instrumentos, pois não adianta não ter estrelas de comparação relativamente brilhantes, e além disso selecionei campos relativamente pouco densos em estrelas, para uma melhor análise fotométrica.

Por serem relativamente brilhantes, precisamos no entanto, de um telescópio de pequeno porte, telescópios de 0,20 m são bastante viáveis para o projeto, principalmente aqueles com bons CCDs.

#### **6.2.1. Fotometria Diferencial Mensal com CCD.**

O ideal será fazer imagens CCD (camêra direta) nos filtros UBVRi, ou somente BVRI

de Johnson-Morgan, das estrelas simbióticas. Onde as medidas fotométricas será tratada devidamente tirando-se o “flatfield” e “bias” das imagens, após o tratamento das imagens CCD realiza-se a fotometria diferencial, onde em geral são selecionados além da estrela variável mais três estrelas de comparação, isto é fundamental.

Aqueles que efetivamente quiserem se empenhar nesta interessante tarefa, estarei a disposição para trocar informação, será de muita importância que as estrelas de comparações, escolhidas, sejam as mesmas a qual tenho usado ao longo desses anos.

No caso pretendo (após obtidas estas imagens e feita sua cosmética) estar realizando a análise da fotometria diferencial (para as estrelas obtidas pelos astrônomos amadores que queiram participar do projeto), o que poderia ser feito, é você me disponibilizar os dados, imagens, e eu farei as devidas reduções.

A proposta é observar as Estrelas Simbióticas selecionadas, mês a mês. Como são de longo período orbital, uma medida a cada 15 ou 30 dias já é suficiente, o trabalho é de longo prazo e sua análise completa pode demorar alguns anos, por isso a pressa na redução dos dados não é tão crítica.

#### **6.2.2. Fotometria Diferencial Mensal visual.**

Se o método não for por CCD, mas sim por observação visual direta, algumas coisas terão que ser levadas em conta. Primeiro o CCD é muito mais sensível do que o olho e por isso escolhi campos onde temos estrelas de comparação relativamente brilhantes, para serem visíveis também.

O método de estimativa visual (exemplo método de Pogson), pode naturalmente ser usado, porém teremos que tomar cuidado, pois cada observador tem seu próprio critério, e as medidas terão que ser as mais homogêneas possíveis, para serem somadas ao longo dos anos.

É muito importante observar nos Filtros UBVRi ou BVRI, assim poderemos fazer várias curvas de luz em cor e estimar vários parâmetros e determinar a física do sistema, porém em não tendo todos os filtros a observação poderá ser feita da mesma forma, só que daí analisaremos somente uma determinada curva de luz, exemplo filtro V.

No caso, se a observação visual não se utilizar filtros, observando no Clean, teremos que tomar cuidado com o efeito Purkinje (1).

#### **6.2.3. Monitorias.**

Um estudo que pode ser feito, somente

## Lista (1): Estrelas simbióticas selecionadas para o trabalho.

ESTRELA	A.R.(2000)	Delta (2000)	Mv	Tipo Espectral e	
				Tipo S/D	
RX Pup	08:14:12	-41:42:28	11	M - D	
AS 201	08:31:42	-27:45:32	11	G - D	
RW Hyd	13:34:18	-25:22:49	10	M2 - S	
BD-21° 3873	14:16:34	-21:46:51	0.5	G - S	
RS Oph	17:50:13	-06:42:27	11.5	M2 - S	
AS289	18:12:22	-11:40:07	10.5	M3 - S	
AR Pav	18:20:28	-66:04:48	11	M3 - S	
Hen1761	19:42:25	-68:07:41	10.5	M3 - S	
RR Tel	20:04:18	-55:43:34	14	M - D	
CD-43° 14304	21:00:06	-42:38:50	10	K3 - S	
R Aqr	23:43:50	-15:17:02	5.8	M5 - M8 - S	

com CCD ou fotômetro fotoelétrico, é a medida ao longo de uma noite de curta escala de tempo de integração, a fim de estimar pequenas variações intrínsecas que possam aparecer. Estas variações podem ser periódicas ou não e podem estar associada ao disco de acreção das simbióticas (quando houver). Assim faz se necessário realizar monitorias nos filtros BVRI, separadamente.

O objetivo é tentar carterizar melhor as estrelas que possuem ou não as pequenas flutuações, como “flickering”.

No caso será selecionada uma noite para cada objeto e para cada filtro, quanto maior a escala de tempo da monitoria, melhor será o banco de dados daquela noite. O ideal será ter um sítio contendo vários telescópios e fazer a monitoria do mesmo objeto, só que cada telescópio estará observando uma banda, ou seja um filtro, daí comporemos uma curva de Luz BVRI da noite toda, porém no caso de ser feita com apenas um telescópio o ideal será fazer no filtro V.

O tempo de exposição da monitoria será calculada dependendo do telescópio, do CCD e da Noite, terá que ser respeitada uma boa relação sinal ruído, para todas as estrelas, ou seja, variável mais comparações.

### 7. Análise de dados.

Para a determinação dos períodos pretende-se usar programas que usam a análise de Fourier e pelo procedimento “CLEAN” fornecido por Roberts et. al. (1987) e usaremos também o método de “Minimização de Dispersão em Fase” (PDM) desenvolvido por Stelligwerf (1978) a partir da técnica de Lafler e Kinman (1965).

Depois de várias medidas e obtidas os períodos orbitais, faremos um estudo de correlação dos períodos com o tipo espectral, tipo S/D, “flickering”, localização na galáxia etc, com as respectivas interpretações teóricas e compararemos com as minhas medidas que tenho realizado ao longo desses anos.

Este trabalho é de extrema importância e um estudo deste tipo não foi ainda realizado, e temos

aqui no Hemisfério Sul um grande Campo para o estudo das Estrelas Simbióticas, onde o Astrônomo Amador Variabilista, munido de um modesto instrumental poderá reinar e ajudar e muito nesta área do conhecimento.

Estarei a inteira disposição daqueles que queiram se empenhar nesta árdua mas, gratificante tarefa e poderemos juntos analisar cuidadosamente seus dados.

Eu estou estudando o assunto e observando as Simbióticas a algum tempo e pretendo fazé-lo ainda por vários anos, estou compilando os dados de todas as Estrelas Simbióticas do Hemisfério Sul e sua ajuda será muito bem vinda.

### 8. Referências.

- Allen, A. A., 1980, Mon. Not. Roy. Astr. Soc. 190, 75
- Boyarchuk, A. A., 1969, in L. Detre (eds.), Non-Periodic Phenomena in Variable Stars, Academic Press, Budapest, p. 395
- Boyarchuk, A. A., 1975, in Variable Stars and Stellar Evolution, IAU Symp. n° 67, edited by V. E. Sherwood and L.
- Plaut (Reidel, Dordrecht), p. 377
- Boyarchuk, A. A., 1993, The Realm of Interacting Binary Stars, 189, ed. Sahade J., et. al.
- Dobrzycka, D., Kenyon S. J., Milone A. A. E., 1996, AJ 111, 414
- Glass, I. S. e Webster, B. L., 1973, Mon. Not. Roy. Astr. Soc, 165, 77
- Graham, J. A., 1982, Pub. Astr. Soc. Pac., 94, 244
- Hoard, D. W., 1993, Pub. Astr. Soc. Pac., 105, 1232
- Kenyon, S. J., 1986, The Symbiotic Stars, Cambridge Univ. Press.
- Kenyon, S. J., 1992, Evolutionary Processes in Interacting Binary Stars, Y. Kondo et. al. (eds.), IAU Symp., p.137
- Lafler, J., e Kinman, T. D., 1965, ApJ Supp., 11, 216

732 MacDonald, J., 1983, *Astrophys J.*, 267,  
USP Oliveira, E., 1999, Master's Thesis, IAG-  
Patterson, J., 1994, *Pub. Astr. Soc. Pac.*,  
106, 209  
Roberts, D. H., et. al., 1987, *AJ*, 93, 968  
Rodgers, B., et. al., 1997, *Pub. Astr. Soc.*  
*Pac.*, 109, 1093  
Stellingwerf, R. F., 1978, *ApJ*, 224, 953  
Tutukov, A. V. e Yungelson, L. R., 1982,  
in *IAU colloquium n° 70, The Nature of Symbiotic*, ed.  
M. Friedjung e R.  
Viotti (Dordrecht: Reidel), p. 283  
Webbink, R. F., 1978, *Pub. Astr. Soc.*  
*Pac.*, 90, 57  
Webster, B. L. e Allen, D. A., 1975, *Mon.*  
*Not. Roy. Astr. Soc.*, 184, 893

Nota (1): Efeito Purkinje: Comparar o brilho de duas estrelas de cores diferentes não é fácil, algumas variáveis são bem vermelhas. Há um fenômeno chamado efeito Purkinje que pode distorcer o brilho estimado da estrela vermelha. O olho humano reage de maneira diferente para o brilho de uma estrela vermelha, a estrela vermelha parece ser um pouco mais brilhante se comparada com a azul de mesma magnitude. O que pode se fazer é desfocar a imagem do telescópio e comparar os diferentes discos, pois o efeito Purkinje é reduzido quando a luz da estrela não está concentrada em um pequeno ponto.

O brilho do fundo do céu pode também afetar o brilho aparente da estrela vermelha. A névoa ou o brilho da Lua tende a fazer com que a estrela vermelha apareça mais brilhante do que ela realmente é, quando

comparada com outras estrelas não tão vermelhas, está é uma outra manifestação do efeito Purkinje.

Johannes Evangelista Purkinje, foi um fisiologista tcheco nascido em Libochovice, Boêmia, a 17 de dezembro de 1787, e falecido em Praga a 28 de julho de 1869.

## INFORMAÇÕES

Ednilson Oliveira  
Departamento de Astronomia  
Instituto Astronômico e Geofísico  
Universidade de São Paulo  
Av. Miguel Stefano, 4.200  
04301-904 São Paulo, Brasil  
Fone: 055-11-5778599, ext. 267  
Fax: 055-11-5770270  
Cel: (0xx11)-9756-4433  
[www.iagusp.usp.br/~ednilson/](http://www.iagusp.usp.br/~ednilson/)  
index1.htm  
e-mail: [ednilson@verdi.iagusp.usp.br](mailto:ednilson@verdi.iagusp.usp.br)