



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

ESPECTROSCOPIA DE VARIÁVEIS CATACLÍSMICAS (V1082 SAGITTARII)

RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC/CNPq/INPE)

Cleber Abrahão de Souza (UNESP, Bolsista PIBIC/CNPq)
E-mail: cleber@das.inpe.br

Dr. Francisco José Jablonski (DAS/CEA/INPE, Orientador)
E-mail: chico@das.inpe.br

Julho de 2007

Índice

Resumo.....	2
Introducao	2
Resumo do plano de trabalho.....	4
Atividades de pesquisa.....	4
Resultados para V1082 Sagittarii.....	5
Estudo Dirigido.....	7
Atividades Futuras.....	8
Referências.....	8

Resumo

Apresentamos neste trabalho resultados da análise de 154 espectros obtidos com espectroscopia CCD para o sistema binário V1082 Sagittarii. Obtivemos uma curva de velocidade radial de boa qualidade consistente com período orbital de 0,85 dias. Na região entre 5880 e 5900 Å, o espectro de V1082 Sgr apresenta o dubleto do sódio (Na I) em absorção e a linha do He I 5876Å em emissão. Estas linhas foram estudadas em mais detalhe. A intensidade das linhas do Na I obtidas por Cieslinski (1990) permite uma estimativa para o tipo espectral, e conseqüentemente da massa da estrela secundária, se esta pertencer à seqüência principal. Comparamos a posição mais provável da estrela secundária no diagrama massa versus tipo espectral com dados publicados na literatura.

Introdução

As variáveis cataclísmicas são binárias muito cerradas onde uma estrela preenche seu lóbulo de Roche e conseqüentemente, perde matéria para outra componente, uma anã branca. A presença ou ausência de campo magnético forte (5 – 100 MG) na anã branca define a maneira como se dá a captura do material, podendo ser através de funis de acreção na região dos pólos magnéticos ou através de um disco de acreção em torno do objeto compacto Warner (1995). Tanto as colunas de acréscimo quanto os discos de acréscimo emitem copiosamente radiação contínua e em linhas. A Figura 1 representa esquematicamente uma variável cataclísmica.

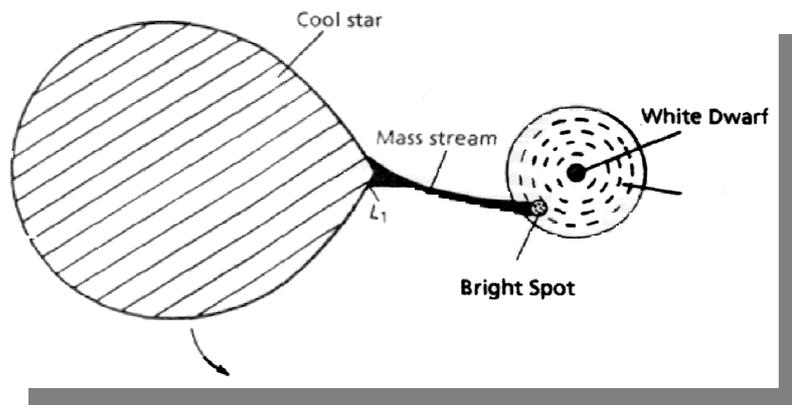


Figura 1: Representação esquemática de uma Variável Cataclísmica (Warner 1995)

Neste trabalho tratamos principalmente de ferramentas e procedimentos para se obter informações sobre a binária V1082 Sagittarii a partir dos estudos das linhas espectrais presentes no seu espectro, o que nos permitiu obter a curva de velocidade radial para esse sistema. A curva de velocidade radial é uma tabulação do deslocamento Doppler das linhas espectrais da fonte em função do tempo, ou da fase orbital. Na região entre 5880 e 5900 Å, o espectro de V1082 Sagittarii apresenta o duplete do Sódio (NaI D) em absorção e a linha do He I 5876 Å em emissão. Estas linhas foram estudadas em maior detalhe. Podemos definir três grandezas que são parâmetros importantes no estudo das variáveis cataclísmicas, esses parâmetros são período orbital, fase e amplitude da velocidade radial.

Período orbital: O período orbital é o tempo em que as componentes do sistema binário levam para dar uma volta completa em torno do centro de massa comum ao sistema.

Fase: A fase é simplesmente a fração de um ciclo orbital. Ela é calculada através da relação

$$\Phi = \frac{t - t_0}{P_{orb}} - \text{int}\left[\frac{t - t_0}{P_{orb}}\right] \quad (1)$$

onde t é o instante da observação, t_0 é a época de referência, P_{orb} é o período orbital. O valor inteiro $\text{int}\left[\frac{t - t_0}{P_{orb}}\right]$ é o número de ciclos desde a época de referência. A época t_0 e o tempo t são expressos em dias julianos heliocêntricos.

Velocidade radial: A velocidade radial pode ser obtida através do efeito Doppler aplicado à radiação luminosa. As linhas presentes num espectro estelar podem ser identificadas a partir da posição relativa das linhas de um espectro de comparação. Nos espectros estelares os comprimentos de onda das linhas estão deslocados de um fator $\Delta\lambda$ devido ao efeito Doppler.

Uma quantidade sempre presente nas observações astronômicas é o tempo. Uma prática padrão é converter o tempo da variação das estrelas variáveis em data Juliana. De acordo com o livro *Fundamentos de Astronomia e Astrofísica* (Prof. Kepler e Profa. Marisa 1999) a data Juliana é o número de dias solares médios decorridos desde o início da era Juliana, em 1 de janeiro de 4713 a.C.. O dia Juliano muda sempre às 12 h TU. Data Juliana heliocêntrica é a data Juliana considerando que o observador esteja no centro do Sol. Como a luz viaja do Sol para a Terra em cerca de oito minutos, a correção pode ser significativa para objetos na direção da eclíptica que apresenta fenômenos oscilatórios de curto período.

Resumo do plano de trabalho

O plano de pesquisa pode ser sintetizado nos seguintes tópicos:
Preparação dos dados espectroscópicos de V1082 Sagittarii ;
Construção da curva de velocidade radial para o sistema binário ;
Discussão sobre os parâmetros orbitais;
Estudo dirigido sobre sistemas binários do tipo Variáveis Cataclísmicas.

Atividades de pesquisa

Foram obtidos dados do sistema binário V1082 Sagittarii em 1990, 2004 e 2005 com o telescópio ótico de 1,60 m localizado no Pico dos Dias, pertencente ao Laboratório Nacional de Astrofísica /MCT.

Um total de 154 espectros cobrindo a região de 4500 a 6500 Å foi analisado. A dispersão foi de 1,14 Å/pix e a resolução espectral foi de 2,85 Å.

Na redução de dados, a técnica consistiu no ajuste de uma gaussiana à cada uma das linhas de absorção do Sódio (NaI D) e à linha de emissão do Hélio neutro em 5876 Å através da tarefa *plot* do IRAF. Com esta mesma tarefa foi possível medir valores de FWHM (largura total à meia altura) e à meia profundidade (para as linhas de absorção do NaI D). A Figura 2 mostra um espectro de V1082 Sagittarii. Assim determinou-se os comprimentos de onda centrais para cada instante expresso com dia juliano heliocêntrico. Com os comprimentos de onda, obtemos a velocidade radial através da fórmula do desvio Doppler ,

$$\frac{\lambda - \lambda_0}{\lambda} = \frac{v}{c} \quad (2)$$

onde c é a velocidade da luz, λ é o comprimento de onda medido e λ_0 é o comprimento de onda de repouso. No cabeçário dos espectros foi acrescentada a data juliana heliocêntrica, HJD.

Espectro de V1082 Sagittarii na região do duplete do NaI

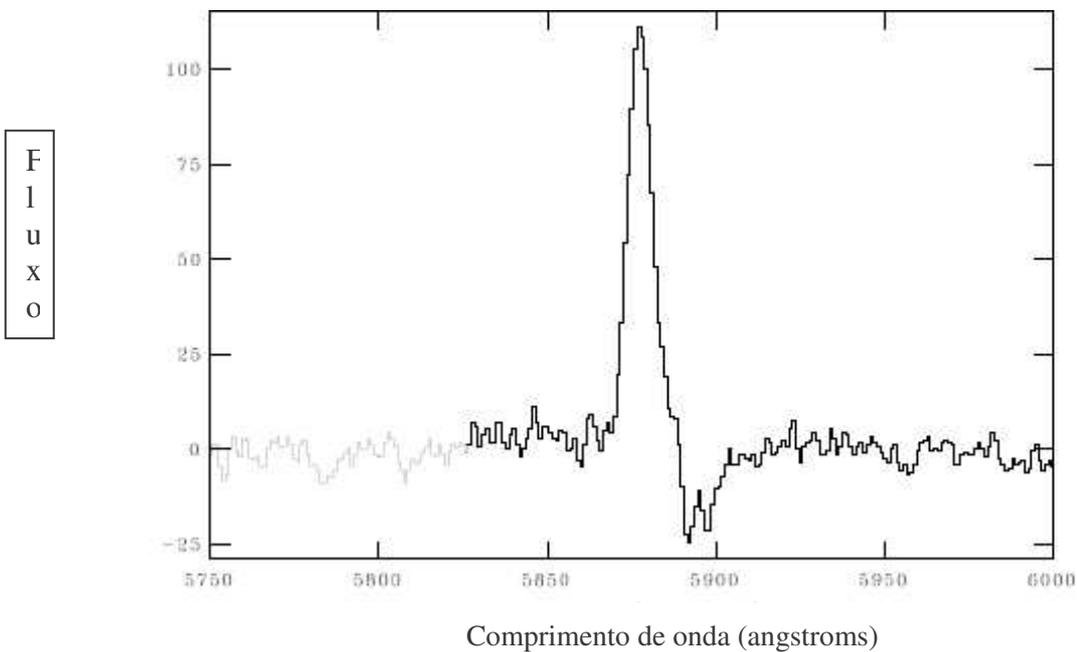


Figura 2: Espectro de V1082 Sagittarii em fluxo versus comprimento de onda.

A curva de velocidade radial é obtida com os valores de velocidade radial e da fase. O valor de HJD foi subtraído por 48752.7700 que é a época de referencia, usamos o período de 0.84566 dias que é um dos possíveis valores para o período do sistema binário V1082 Sagittarii. Para cada fase haverá um valor de velocidade radial.

Resultados para V1082 Sagittarii

A Figura 3 mostra a curva de velocidade radial para as duas linhas de absorção do sódio. Foi feita uma média das velocidades radiais dessas duas linhas. Os dados de velocidade radial são esparsos no tempo, como consequência, vários candidatos a ser o período orbital são possíveis. A curva de velocidade radial, figura 3, foi plotada para um desses candidatos, $P = 0.84566$ dias.

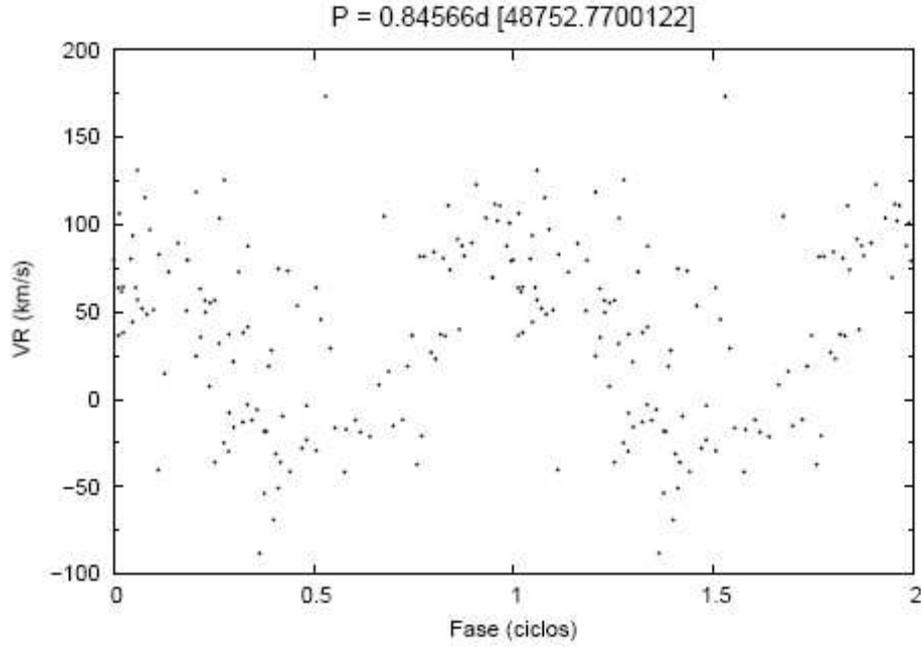


Figura 3: Curva de velocidade radial de V1082 Sagittarii

A incerteza de cada ponto é de ± 20 km/s. A amplitude da curva é de aproximadamente 150 km/s (pico a pico).

Um fator importante é a inclinação orbital i . A velocidade observada está afetada por um fator $\sin i$.

As medidas de FWHM foram 4,7 e 5,5 Å, aproximadamente, para as linhas 5890 e 5896 Å do NaI D; a partir destes valores concluímos que a rotação da estrela secundária não é responsável pelo alargamento das linhas de absorção, pois isto implicaria em períodos muito mais curtos, em torno de 0.1 dia aproximadamente. Tudo indica que há mecanismos de alargamento das linhas de absorção adicionais ao alargamento por rotação neste sistema. Supomos que a massa da estrela secundária se encontre numa faixa entre 0.53 – 0.63 massas solares, típico de uma estrela do tipo espectral K4, Smith et al. (1998).

Combinando a terceira lei de Kepler com a semiamplitude da curva de velocidade radial obteve-se a relação

$$\frac{(m_1 \sin i)^3}{(m_1 + m_2)^3} = \frac{PV_2^3}{2\pi G} \quad (3)$$

então fixamos m_1 como sendo $0.6 M_{\odot}$ (Kepler , Alex e Odilon) para a massa da primária e usou-se o valor de 75km/s para a semi-amplitude da curva de velocidade radial, o período orbital utilizado foi de 0.84566 dias e variou-se a inclinação orbital i de 15 à 85 graus. Para cada valor de inclinação orbital obtemos um valor para a massa da estrela secundária m_2 , G é a constante da gravitação universal. Os valores mais prováveis para a massa da estrela secundária ficam na faixa de $0.45\text{-}0.90 M_{\odot}$ para inclinações orbitais de $35, 40$ e 45 graus, respectivamente. Estes valores são consistentes com as observações de Smith et al. (1998) para outros sistemas binários semelhantes. O diagrama massa da estrela secundária versus tipo espectral junto com os nossos valores está representado na Figura 4.

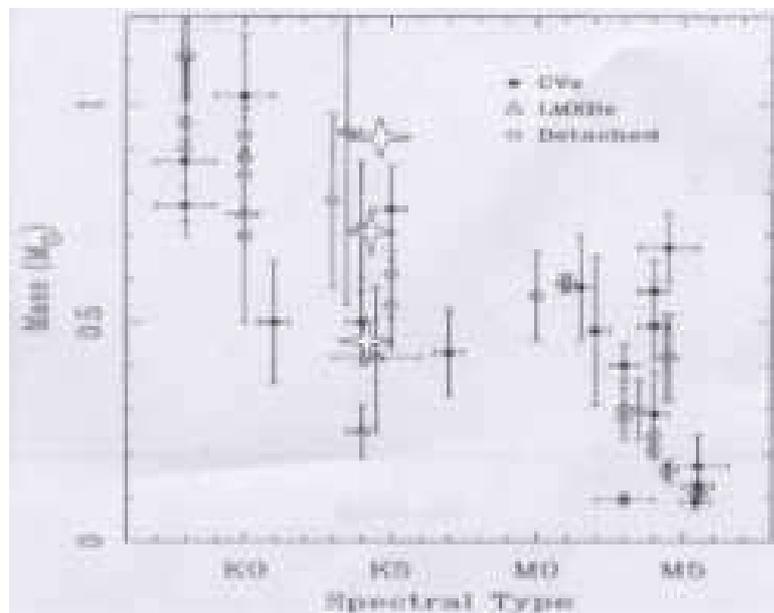


Figura 4: O plano massa da estrela secundária versus tipo espectral de Smith et al.(1998) com as nossas estimativas para a massa da secundária à diferentes inclinações orbitais (de baixo para cima $35, 40$ e 45 graus respectivamente).

Estudo Dirigido

O estudo dirigido realizado paralelamente a este trabalho de pesquisa tem como objetivo auxiliar na compreensão desta pesquisa, bem como o aprofundamento em astrofísica.

Foi estudado os capítulos 13 e 14 do livro *Introductory Astronomy and Astrophysics* (Gregory & Zelik 1997), que fala sobre a evolução estelar no diagrama HR e de relações entre raio, massa e tipo espectral de sistemas binários.

Atividades Futuras

Como desenvolvimento futuro, planejamos explorar sistematicamente uma faixa de períodos ampla, utilizando vários métodos de busca. Igualmente, serão analisados dados fotométricos existentes para este objeto na forma de diagramas de fase utilizando o período espectroscópico de 0.84566 dias como teste. Será realizado um cálculo mais elaborado do alargamento das linhas do NaI D utilizando como base um espectro sem rotação proveniente de uma biblioteca de espectros sintéticos.

Referencias

- Smith D. A. and Dhillon V. S., 1998, *The Secondary stars in cataclysmic variables and low – mass X – ray binaries*, MNRAS; 301, 767-781 (1998)
- Hellier, C., 2001, *Cataclysmic Variable Stars*, Springer
- Kepler S.O.F., Maria F.O.S., 1999, *Fundamentos de Astronomia e Astrofísica*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- D. Scott Birney, 1991, *Observational Astronomy*, Cambridge University Press
- Gregory A. S., Zelik M., 1997, *Introductory Astronomy and Astrophysics*, Thomson Brooks/Cole .
- Warner B., 1995, *Cataclysmic Variables Stars*. Cambridge Univ. Press, Cambridge