

MODELAGEM MULTIESPECTRAL DA REGIÃO DE ACRÉSCIMO EM POLARES



K. M. G. da Silva, C.V. Rodrigues e J. E. R. Costa

Divisão de Astrofísica (DAS)

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE)

{karleyne, claudiavr, jercosta}@das.inpe.br



Resumo

O código CYCLOPS realiza a modelagem da emissão ciclotrônica da base da coluna de acréscimo de polares na região do óptico/infravermelho. Para o ajuste de dados, a utilização de pelo menos duas frequências é fundamental na restrição dos parâmetros do modelo. Na literatura, a emissão bremsstrahlung, que predomina em raios X, é modelada em separado da emissão ciclotrônica apesar de também se originar na base da coluna. Neste trabalho apresentamos um estudo das modificações necessárias para que o código CYCLOPS realize a modelagem de curvas de luz e de polarização no óptico em conjunto com curvas de luz em raios X.

1. Introdução

- Polares são uma subclasse das variáveis cataclísmicas (VCs) onde o acréscimo ocorre via coluna devido ao intenso campo magnético da anã branca (ver **Figura 1**, à esquerda).
- Os principais processos de emissão da região pós-choque são a emissão ciclotrônica, dominante no óptico e infravermelho, e *bremstrahlung*, dominante em raios X (ver **Figura 1**, à direita).

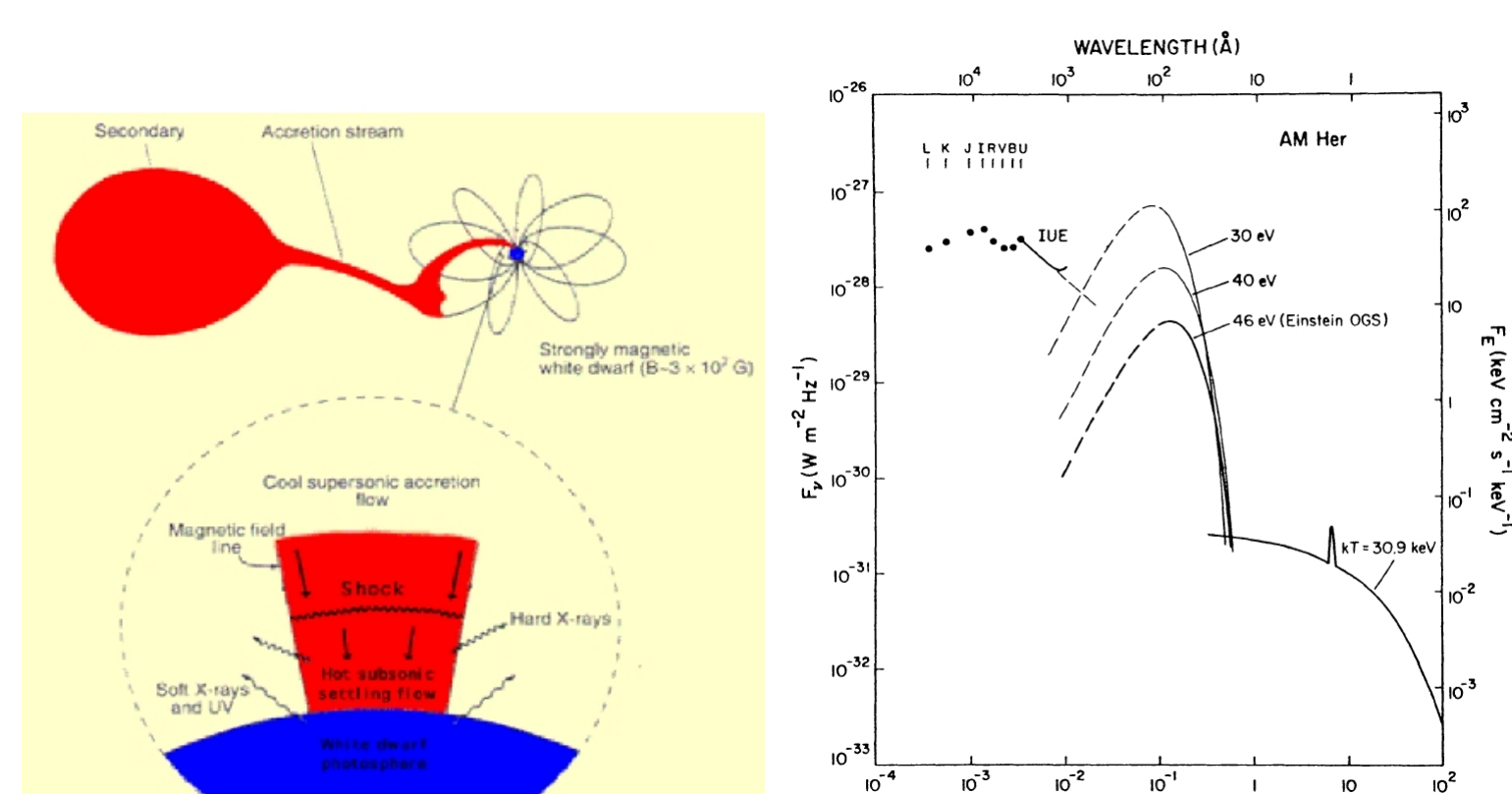


Figura 1: À esquerda, representação de uma polar e da região pós-choque. À direita, espectro da polar AM Her. Fontes: Cropper (1990) e Frank et. al. (2002).

2. O que é o projeto?

O projeto visa realizar a modelagem da emissão ciclotrônica e *bremssstrahlung* de regiões pós-choque de polares conjuntamente, utilizando o código CYCLOPS desenvolvido por Costa & Rodrigues (2009) através do ajuste de dados no óptico e infravermelho (curvas de luz e de polarização) e em raios X (curvas de luz e espectros) para obter os parâmetros físicos da coluna de acrecimento.

Apresentamos aqui o estudo das modificações para a inclusão da emissão em raios X no código CYCLOPS.

3. Inclusão da emissão em raios X no código CYCLOPS

O código CYCLOPS já realiza a modelagem da emissão ciclotrônica e o ajuste de dados de polares no óptico (Costa e Rodrigues 2009; Costa et al. 2006; Silva 2009). Adicionaremos o processo de emissão *bremstrahlung*. A seguir as etapas que seguiremos:

1. Modelos de emissão

- Nesta etapa faremos a inclusão da emissão e o transporte radiativo. A emissividade para *bremstrahlung* é dada, de acordo com Gronenschild e Mewe (1978), por:

$$j_{\lambda}(N_e, T, \lambda, g) = 2,051 \times 10^{-19} e^{\frac{1,439 \times 10^8}{\lambda T}} g N_e^2 \lambda^{-2} T^{-0,5}, \quad (1)$$

onde N_e (cm^{-3}) é a densidade numérica eletrônica, λ (Å) é o comprimento de onda da radiação, $T(\text{K})$ é a temperatura e g é o fator de Gaunt para o caso não relativístico de acordo com Mewe et al. (1986).

- A partir da equação (1) calculamos os espectros apresentados na **Figura 2** para os valores: $1 \times 10^8 < T < 1 \times 10^9 K$, $1 \times 10^{10} < N_e < 1 \times 10^{11} cm^{-3}$. Para o cálculo, a região pós-choque foi dividida em 100 partes.

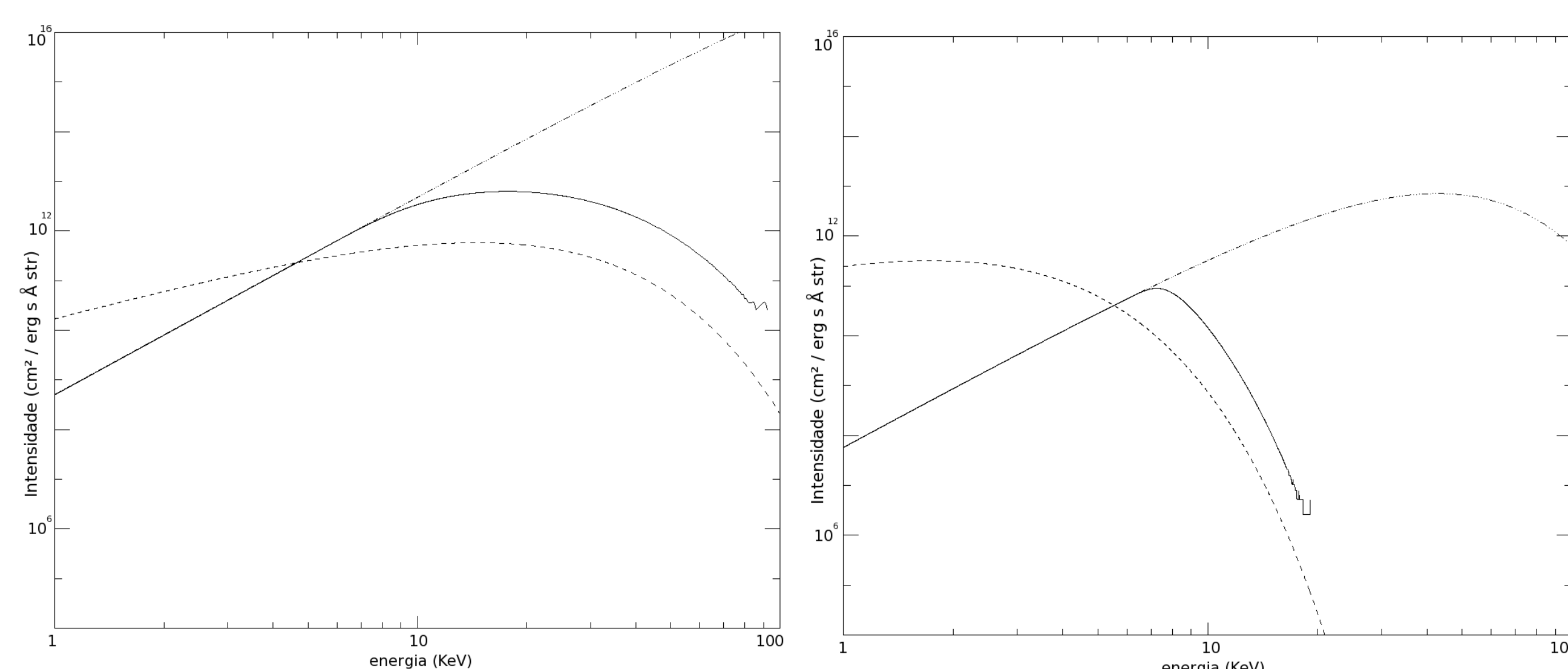


Figura 2: À direita, espectro para temperatura e densidade variável linearmente de acordo com a altura da coluna de acréscimo. À esquerda, espectro com temperatura e densidades constantes e iguais aos seus valores máximos de acordo com a altura. A linha cheia é a emissão total. A linha traço-ponto representa emissão de corpo negro com temperatura igual à temperatura máxima da região. A linha tracejada é a emissividade para a densidade máxima da região.

2. Análise e visualização

- Nesta etapa, serão modificadas as ferramentas de visualização de modelos do CYCLOPS e dos dados.
- Serão incluídos os efeitos de absorção e espalhamento em raios X, necessários para reproduzir curvas de luz como as apresentadas na **Figura 3**.

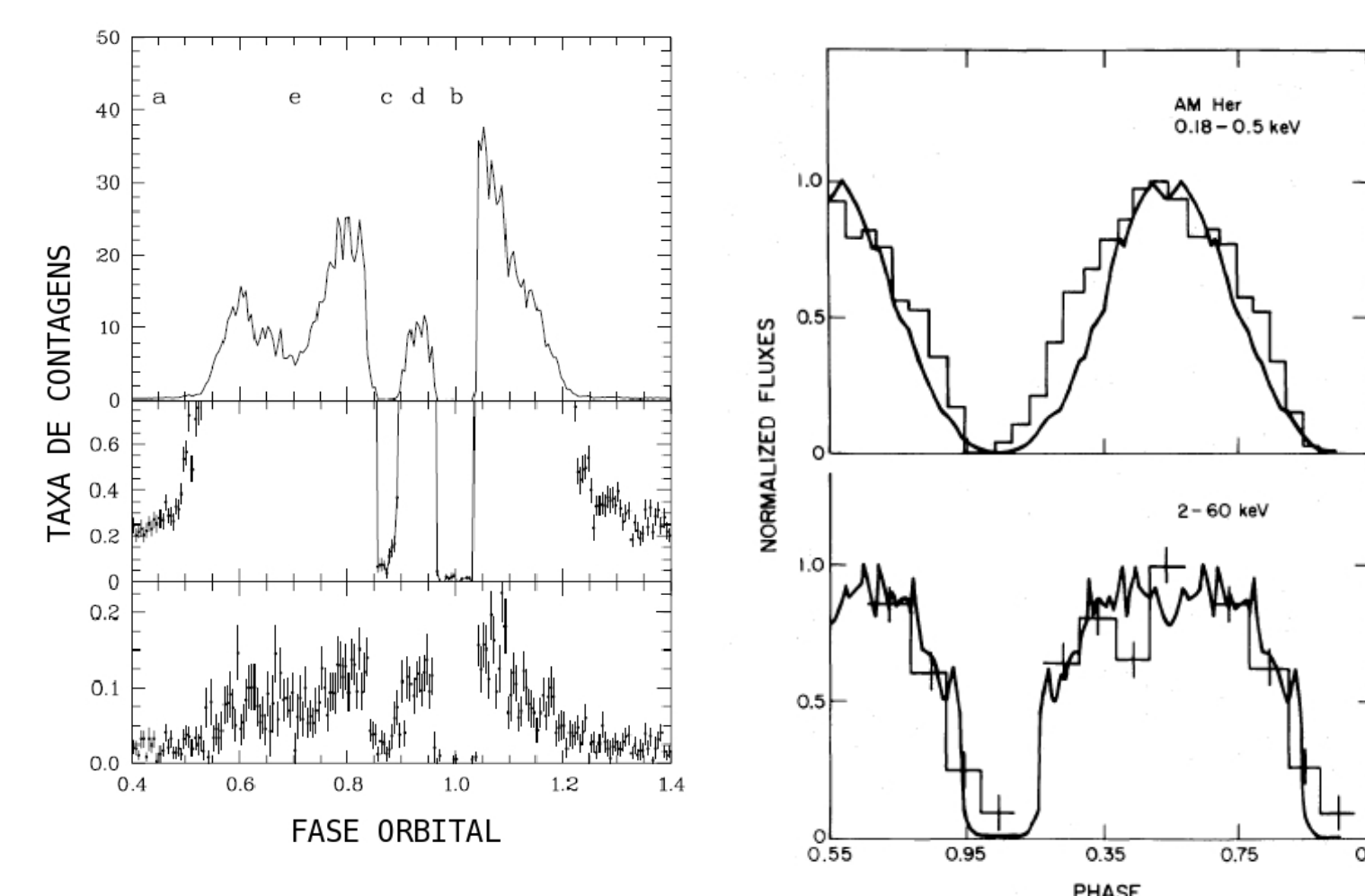


Figura 3: À direita, curva de luz de HU Aqr (as letra da figura indicam: a, auto-eclipse, b, eclipse pela secundária. c, d e e de visio absorção do material no plano orbital e na região pré-choque. À direita, curva de luz de AM Her. Fontes: Schwobe et al. (2001) e Imamura (1984).

3. Busca de ajustes

- Nesta etapa modificaremos as rotinas que realizam a comparação entre dados e modelos e a busca do melhor modelo.
- Será necessário ampliá-las para considerar os dados adicionais em raios X.

Resultados esperados

A modelagem da emissão **bremsstrahlung** fornecerá informações adicionais sobre:

- a distribuição de temperatura e densidade ao longo da região pós-choque,
- a altura máxima da região pós-choque e da massa da anã branca,
- a taxa de acréscimo do sistema,
- a localização da região emissora e
- a densidade do material acima da região emissora, a partir da absorção observada.

4. Datos de polares

Os dados que utilizaremos para realizar ajustes com o código CYCLOPS são:

- curvas de luz e polarização no óptico que cubram todo o período orbital em pelo menos 2 frequências e com boa resolução temporal. Exemplos de dados obtidos utilizando o Observatório do Pico dos Dias por nosso grupo são Rodrigues et al. (2006) (vide **Figura 4**, à direita), Costa et al. (2006) e Silva (2009) (vide **Figura 4**, à esquerda);
- curva de luz em raios X e espectro em várias fases obtidos no mesmo estado de brilho que o óptico. Os dados de raios X utilizados são os disponíveis na literatura.

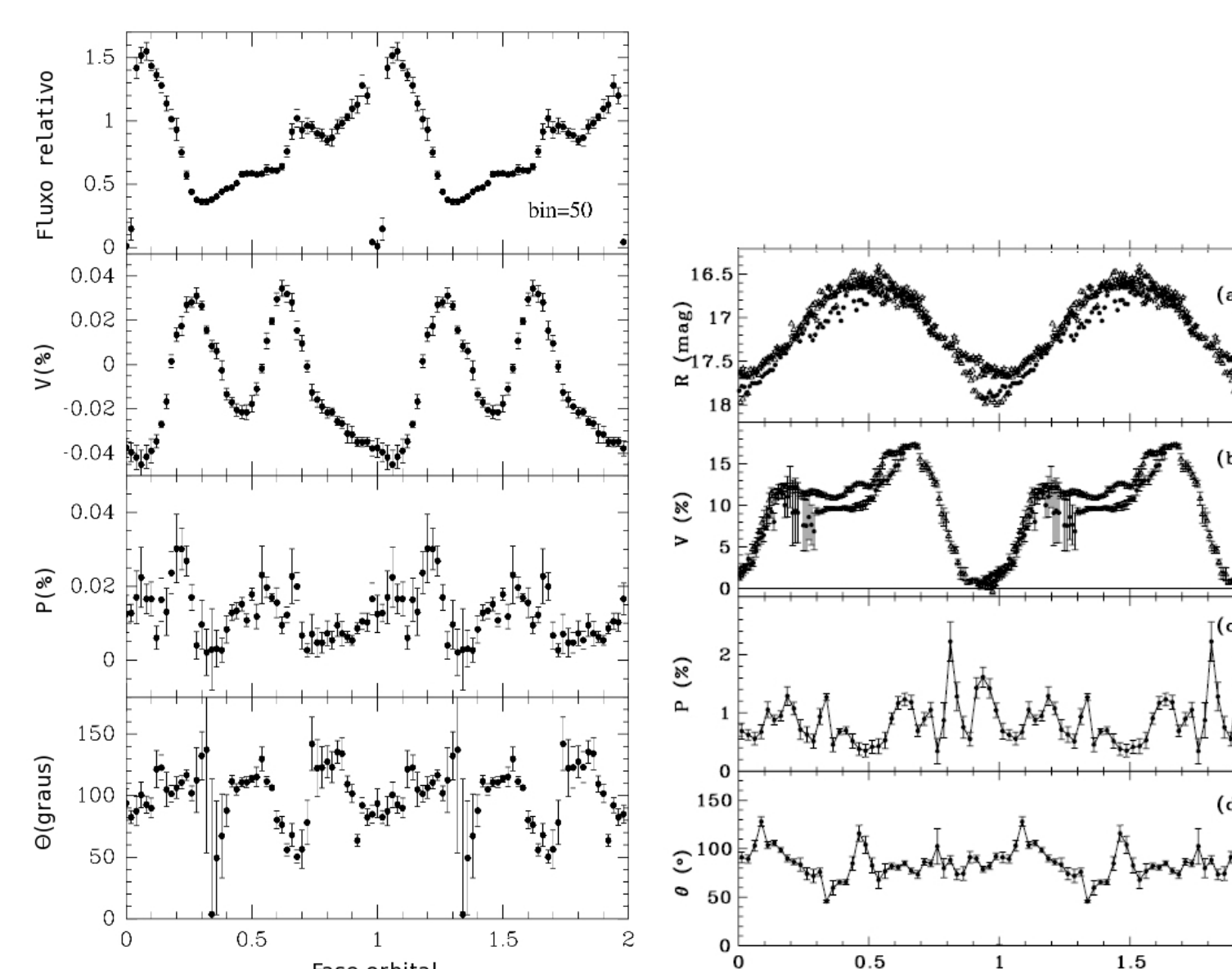


Figura 4: À direita, curva de luz e polarização de FL Cet para banda R. À esquerda, curvas de luz e polarização de 1RX J231603.9-052713 (b, c e d são as curvas de polarização na banda R). Dados obtidos por nosso grupo utilizando o Observatório do Pico dos Dias. Fontes: Silva (2009) e Rodrigues et al. (2006).

5. Sumário

- A inclusão da emissão em raios X aumentará os vínculos observacionais nos ajustes, sem a inclusão de mais parâmetros na modelagem.
- Realizaremos a modelagem auto-consistente da emissão da coluna em diferentes regiões do espectro.
- Precisamos de curvas de luz e de polarização completas, em pelo menos duas bandas e no mesmo estado de brilho dos dados de raios X da literatura.
- O OPD é uma fonte importante de dados para este projeto.
- O aumento da eficiência na obtenção de dados do OPD com um instrumento como SPARC4 traria grandes benefícios para este projeto.

Referências

- [1] Cropper M., The polars, SSR, v. 54, p. 195-295, 1990.
- [2] Costa et al., Solução em um campo dipolar da emissão ciclotrônica de sistemas AM Herculis. XXXII Reunião da Sociedade Astronômica Brasileira, 2006
- [3] Costa & Rodrigues, MNRAS, v. 398, p. 240-248, 2009.
- [4] Frank et al., Accretion Power in Astrophysics, 2 ed., Cambridge University Press, 1992.
- [5] Imamura, ApJ, v. 285, p. 223-331, 1984.
- [6] Mewe et al., A&A , v.65, p. 551-536, 1986.
- [7] Rodrigues et al., MNRAS, v.369, p. 1972-1982, 2006.
- [8] Schwope et al., A&A ,v.375, p. 419-433, 2001.
- [9] K. M. G. Silva, Polarimetria óptica e modelagem da polar FL Ceti, dissertação de mestrado, INPE, 2009.