

ANÁLISE DE VARIABILIDADE EM CURVAS DE LUZ EM SISTEMAS ESTELARES COM EXOPLANETAS

Tereza Cristina Santos Torres¹; Marildo Geraldete Pereira²

1. Bolsista PROBIC, Graduando em Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: tereza_fisica@yahoo.com.br
2. Orientador, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: marildogp@gmail.com

PALAVRAS-CHAVE: Estrelas, Exoplaneta, Trânsito.

1. INTRODUÇÃO

A descoberta dos primeiros planetas fora do Sistema Solar foi realizada na década de 90. Wolszczan & Frail (1992) descobriram dois planetas orbitando em torno do pulsar PSR1257+12. Em 1995, Mayor & Queloz (1995) descobriram o primeiro planeta orbitando em torno de uma estrela da sequência principal. Desde então, o número de descobertas destes objetos, chamados de exoplanetas, tem crescido, atingindo hoje um número superior a 800. Dentre as técnicas de detecção dos exoplanetas se destacam as de medidas de Velocidade Radial, obtidas através de observações espectroscópicas, e a de Trânsito Planetário, realizada por meio de fotometria. A técnica de trânsito consiste na observação fotométrica da passagem do planeta sobre o disco de sua estrela hospedeira. A observação destes trânsitos permite a determinação de sua estrutura, bem como a determinação precisa de sua efeméride através de curvas de luz (Fig. 1). Medidas de vários trânsitos permitem aferir se há outros corpos planetários no sistema perturbando a órbita do planeta conhecido. Pesquisas buscando por variações de instantes de trânsito devido à perturbações gravitacionais provocadas pela presença de outros corpos com massas planetárias são adequadas para sistemas planetários eclipsantes com períodos de curta duração. Neste sentido, a técnica de Variação de Instante de Trânsito (sigla no inglês TTV) se mostra uma importante ferramenta para este tipo de análise. Uma das ferramentas computacionais utilizadas para este tipo de análise é o Pacote de Análise de Trânsito (TAP – Transit Analysis Package) (Gazak et al., 2012). Este pacote é baseado no programa EXOFAST (Eastman, Gaudi & Agol, 2013) e utiliza uma interface gráfica IDL. A Fig. 2 mostra a estrutura de funcionamento do TAP.

Um problema surge quando se deseja identificar se perturbações de baixa amplitude provocadas por planetas de baixa massa podem ser detectadas dentro dos limites observacionais. Desta forma, este trabalho apresenta os procedimentos e análises utilizando o TAP para medir instantes de trânsitos em curvas de luz em busca de novos exoplanetas. O objetivo é determinar a amplitude dos erros associados com as medidas dos instantes de centro de trânsito (T_c) e o grau de confiabilidade destas medidas. São analisadas curvas de luz de luz fotométricas das fontes CoRoT-2b, Kepler-17b.

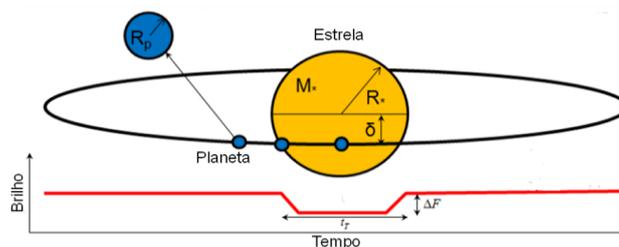


Figure 1. Esquema mostrando o trânsito de um planeta em torno de uma estrela.

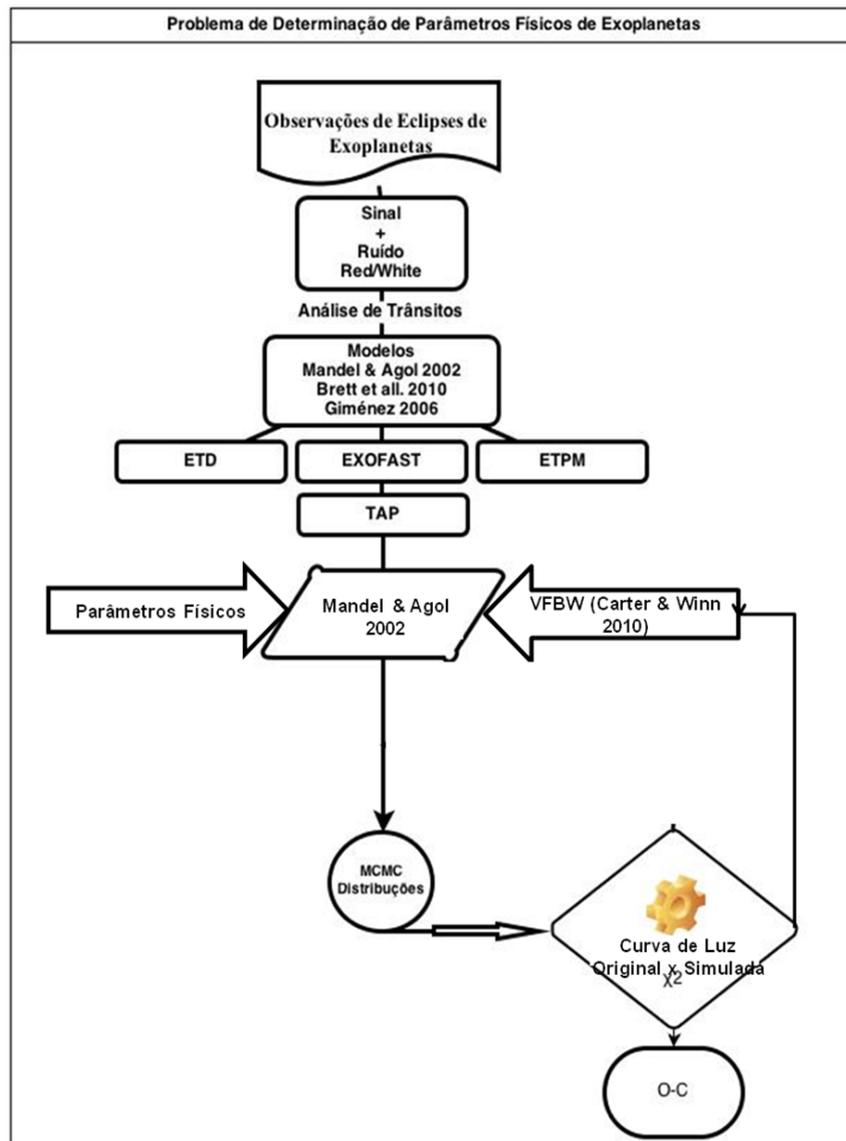


Figure 2. Esquema funcional do TAP.

2. Análise e Resultados

2.1 – Dados

As fontes utilizadas neste trabalho foram os exoplanetas CoRoT-2b e Kepler-17b, ambos detectados por meio do método de trânsito. O sistema CoRoT2b foi descoberto por meio das missões CoRoT em 2007, é constituído por uma estrela tipo G7V e possui um planeta em sua órbita com $1,4 R_J$, um período de 1.7429964 (Huber, 2010). O sistema Kepler-17b foi detectado por meio das missões Kepler em 2011, é constituído por uma estrela do tipo G2V e possui em sua órbita um planeta com $1,3R_J$, seu período é de $1.4857108d$ (Désert, 2011). Os dados de CoRoT-2b e Kepler-17b são dados públicos do Exoplanet Transit Database (disponível em: <http://var2.astro.cz/ETD/>).

2.2 – Resultados

Utilizando o banco de dados do ETD foram construídas curvas de luz por meio do TAP. Após a inicialização do tratamento das curvas de luz com o TAP foram geradas tabelas contendo os parâmetros físicos. Foram obtidas também como resultado deste processo as curvas de luz normalizadas, como mostra a Fig. 3(b) e os parâmetros físicos, entre eles o meio de trânsito.

Foi realizada uma comparação entre os instantes de centro de trânsito obtidos pelo TAP e os obtidos na interface de análise do ETD (Tab. 1 e 2).

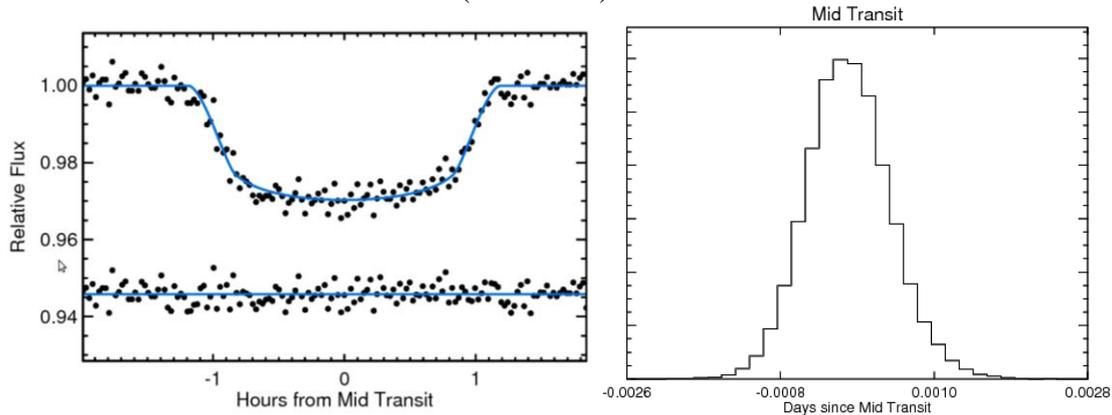


Figura 3: CoRoT-2b. (a) Curva de luz do trânsito (curva superior). A curva inferior mostra os resíduos entre os dados observacionais. (b) Histograma da distribuição produzida para o instante de T_c .

Tabela 4: T_c do trânsito de CoRoT-2b, encontrados por meio do método não-linear de mínimos quadrados de Levenberg-Marquardt e pelo TAP. E suas respectivas comparações, mostrando a variação percentual dos erros $\% \Delta \sigma_T$ e a variação do T_c em dias Juliano e em segundos.

Data	T_m TAP (DJ)	T_c ETD (DJ)	$\% \Delta \sigma_T$	ΔT_c (DJ)	ΔT_c (s)	Nº de pontos
28/08/2012	2456137.39585 (+0.00050-0 / -0.00046)	2456137.39573±0.00030	+0.02 / - 0.016	0.00012	10.368	155
26/07/2010	2455401.85113 (+0.00063 / -0.00063)	2455401.85656±0.00045	±0.018	0.00543	469.154	166
23/08/2009	2454976.56283 (+0.00045 / -0.00045)	2454976.56625±0.00025	±0.02	0.00342	295.488	404
20/08/2009	245058.48170 (0.0014 / 0.0013)	2455058.48640±0.00060	+0.0586 / -0.0587	0.00470	406.080	188

Tabela 2: T_c do trânsito de Kepler-17b, encontrados por meio do método não-linear de mínimos quadrados de Levenberg-Marquardt e pelo TAP. E suas respectivas comparações, mostrando a variação percentual dos erros $\% \Delta \sigma_T$ e a variação do T_c em dias Juliano e em segundos.

Data	T_c TAP (DJ)	T_c ETD (DJ)	$\% \Delta \sigma_T$	ΔT_c (DJ)	ΔT_c (s)	Nº de pontos
20/06/2012	2456090.43800 (+0.03200 / -0.03600)	2456093.43879 ± 0.00204	+2.996 / -3.396	0.00079	68.256	78
15/08/2011	2455781.45070 (+0.0019 / -0.0018)	2455781.45051±0.00112	+0.078 / - 0.068	0.00017	16.416	77
15/10/2012	2456209.33040 (+0.0057 / -0.0035)	2456209.33025±0.00143	+0.427 / -0.207	0.00015	12.96	114
29/08/2012	2456142.47820 (+0.0013 / -0.0013)	2456142.47804±0.00094	±0.036	0.00016	13.824	80

As análises realizadas neste trabalho visam determinar principalmente os instantes do centro dos trânsitos (Mid Transit). Foram realizadas simulações com várias configurações buscando obter a redução do erro associado com as medidas do centro dos trânsitos. Os parâmetros físicos foram delimitados pelos valores conhecidos na literatura (Carter & Winn, 2009; Gazak et al, 2012). Foram realizadas simulações variando o número de cadeias, de forma a obter uma boa amostragem das distribuições a posteriori dos parâmetros livres, como mostrado na Fig. 3(b). Os valores dos instantes do centro do trânsito são compatíveis com os valores

obtidos com outros métodos (Kallrath et al., 1998). Entretanto, os valores dos erros associados σ_T estão se apresentam-se sistematicamente maiores (~50%) (Nikolov et al. 2012).

3. REFERÊNCIAS

Almeida, L. A., Jablonski, F. & Pereira, M. G., Sagan Summer Workshop: Working with Exoplanet Light Curves, CALTECH, 2012.

Carter, J. A. & Winn, *Ap.J.*, **704**, 51-67, 2009.

Eastman, J., Gaudi, B. S.; Agol, E., *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, Vol. **125(923)**, 83-112, 2013.

Gazak, J. Z. et al., *Advances in Astronomy*, Vol. **2012**, Article ID 697967, 8 pages, 2012.

Kallrath, et al., *Ap. J.*, **508**, 308-313, 1998.

Mandel , K. & Agol, E., *Ap. J.*, **580**, L171-L175, 2002.

Mayor, M. & Queloz, D., *Nature* **378**, 355 – 359, 1995

Nikolov N., Henning T., Koppenhoefer J., Lendl M., Maciejewski G., Greiner J., *Astron. Astrophys*, **539**, A159, 2012.

Thorsett, S. E., Arzoumanian, Z., & Taylor, J. H. , *ApJ Letters*, **412**, L33, 1993.

Wilson, D. M.D. *et al.*, *ApJ*, **675**, L113, 2008.

Wolszczan, A. & Frail, D. A., *Nature*, **355**, 145, 1992.

4. ENDEREÇOS ELETRÔNICOS

Amateur Exoplanet Archive. Disponível em: <<http://brucegary.net/AXA/x.htm>>. Acesso em: 06 de jun. de 2012.

Enciclopédia dos Planetas Extra-solares. Disponível em: <<http://exoplanet.eu/catalog-all.php?mdAff=stats#tc>> Acesso em: 13 de jun. de 2012.

ETD – Exoplanet Transit Database. Disponível em: <<http://var2.astro.cz/ETD/>>. Acesso em: 20 de mai. de 2012.

<http://archive.stsci.edu/kepler/kepler_fov/search.php>. Acesso em: 20 de jan. de 2012.

NStED. Disponível em <<http://nsted.ipac.caltech.edu/index.html>> Acesso em: 04 de fev. de 2012.