

Instituto Nacional de pesquisas Espaciais
Divisão de Astrofísica
Workshop da DAS

**Busca por Luas e Anéis
em Órbita de Planetas Extrassolares
Utilizando os Telescópios Espaciais
Kepler e CoRoT**

Luis Ricardo Moretto Tusnski

Orientadora: Dra. Adriana Válio

Introdução

- Trânsitos Planetários: quando um exoplaneta passa diante de sua estrela hospedeira, causando um decréscimo na luminosidade observada da estrela.

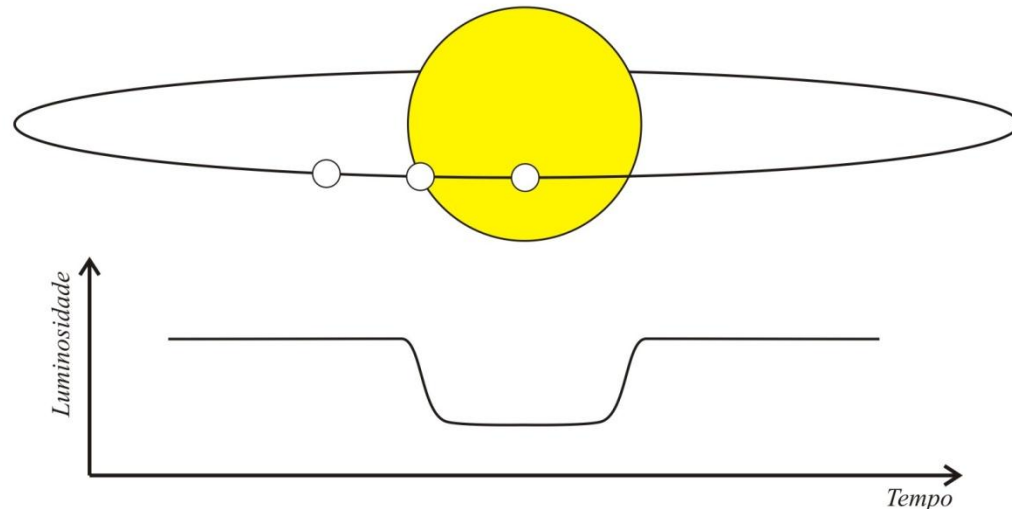


Figura 1: Detecção de planetas por trânsitos planetários.

- Planetas detectados por trânsitos e velocidades radiais possuem todos os parâmetros medidos, inclusive o ângulo de inclinação orbital, que deve ser próximo a 90° .
- Dos 760 exoplanetas detectados, 230 estão em trânsito (30%).
- Duas missões espaciais estão detectando exoplanetas pelo método dos trânsitos:
 - CoRoT (CNES + colaboradores, inclusive o Brasil);
 - Kepler (NASA).

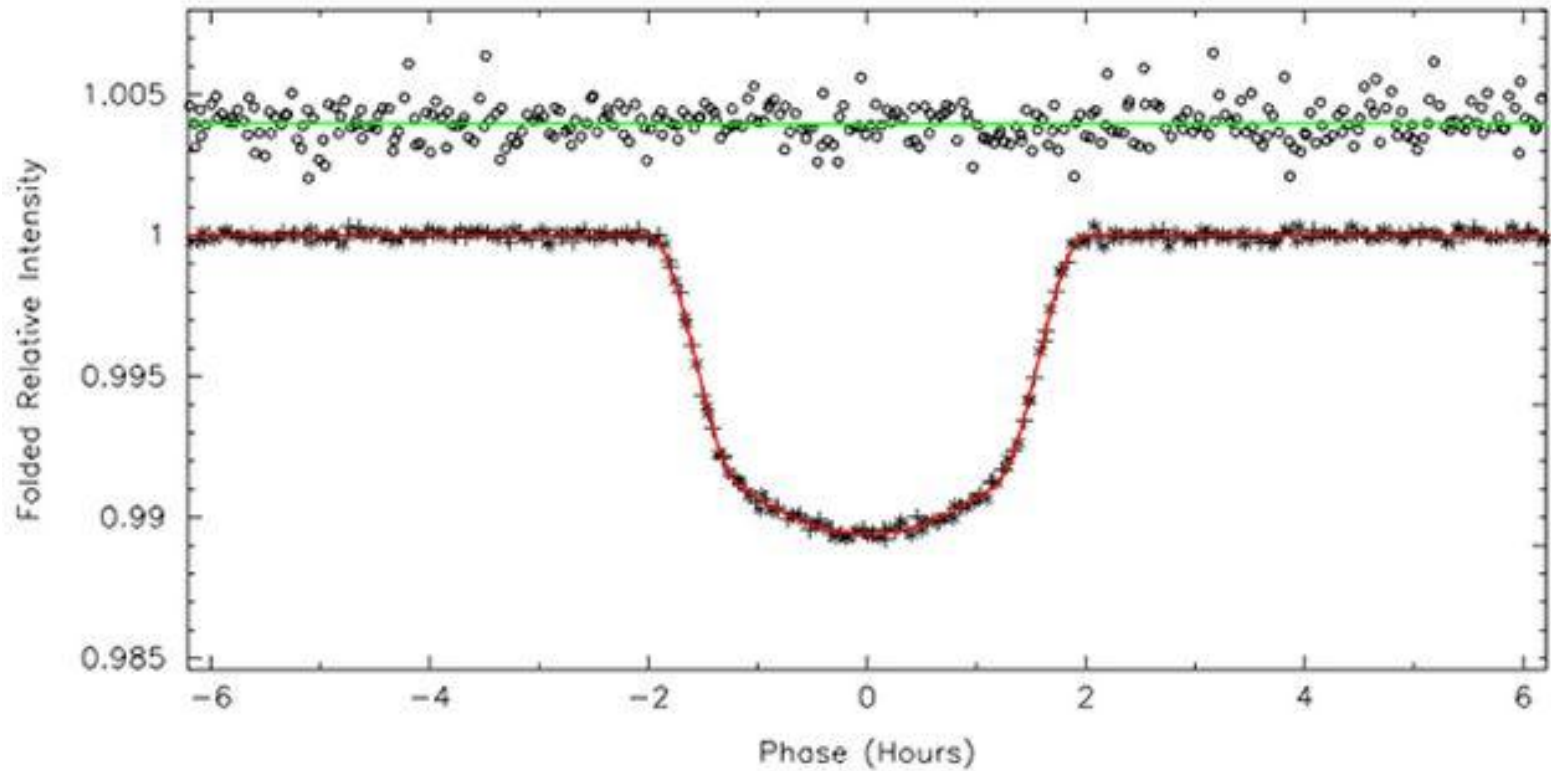


Figura 2: Curva de luz de Kepler-7b ($R_p/R_* = 0.08$)

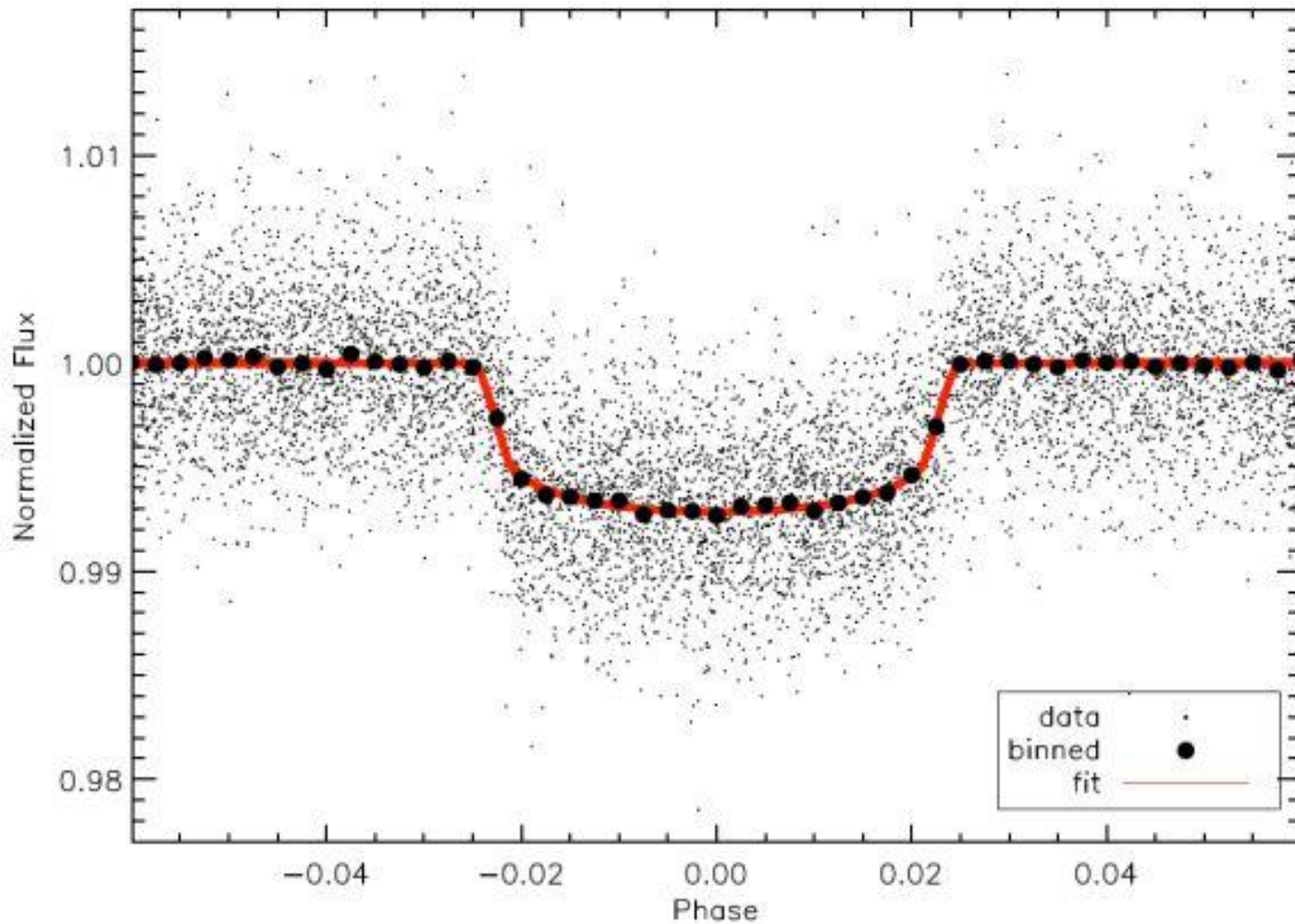


Figura 3: Curva de luz de CoRoT-19b ($R_p/R_* = 0.09$)

Trabalho de Mestrado

- No Mestrado, foi desenvolvido um programa que simula o trânsito de um planeta com uma lua ou com anéis diante da estrela.
- Mostrou-se que como esse modelo pode ser usado na detecção de luas e anéis, e estabeleceu-se limites de detecção para os telescópios CoRoT e Kepler.
- O trabalho resultou em um artigo publicado no *The Astrophysical Journal* (arXiv: 1111:5599).

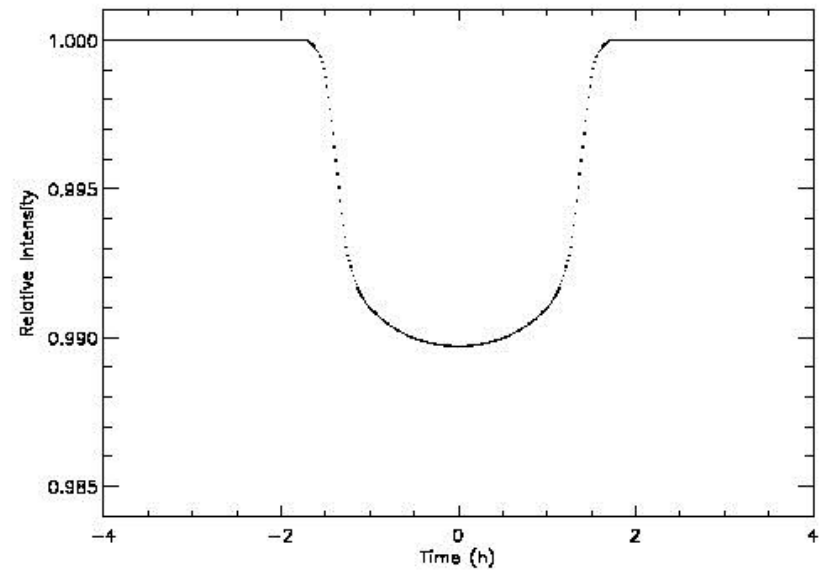
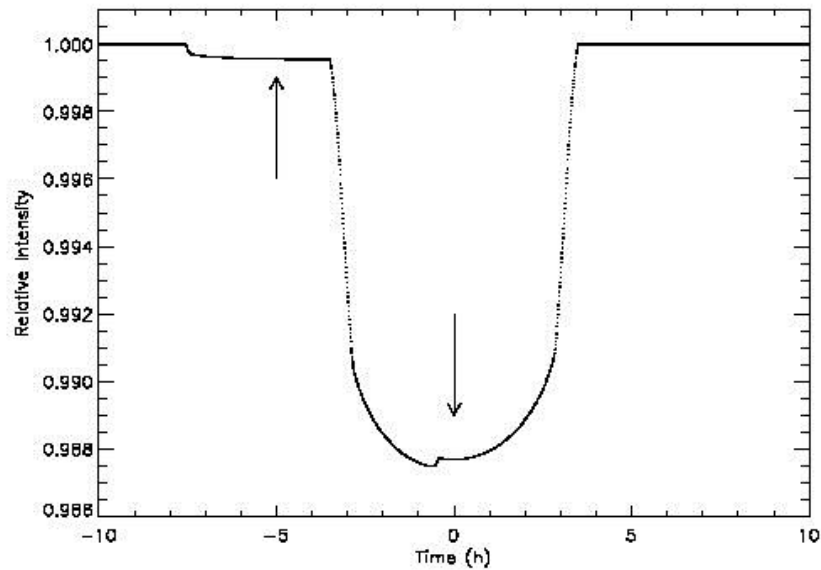


Figura 4: Simulação do trânsito de planetas com lua (esquerda) e anéis (direita).

Doutorado

- No doutorado, o objetivo é utilizar o modelo desenvolvido no Mestrado juntamente com outros métodos para procurar por luas e anéis nos dados dos telescópios CoRoT e Kepler.
- Para isso, está em desenvolvimento um programa de busca “automatizada”.

Sinais de Presença de Luas

- A presença de luas em órbita do planeta causa dois efeitos principais:
 - Distorções na curva de luz (degraus e assimetrias); e
 - Efeitos de variações temporais (no instante central e na duração do trânsito planetário).
- A detecção e medida desses efeitos permite obter os parâmetros físicos e orbitais da lua: período orbital, massa e raio.

Deformações na Curva de Luz

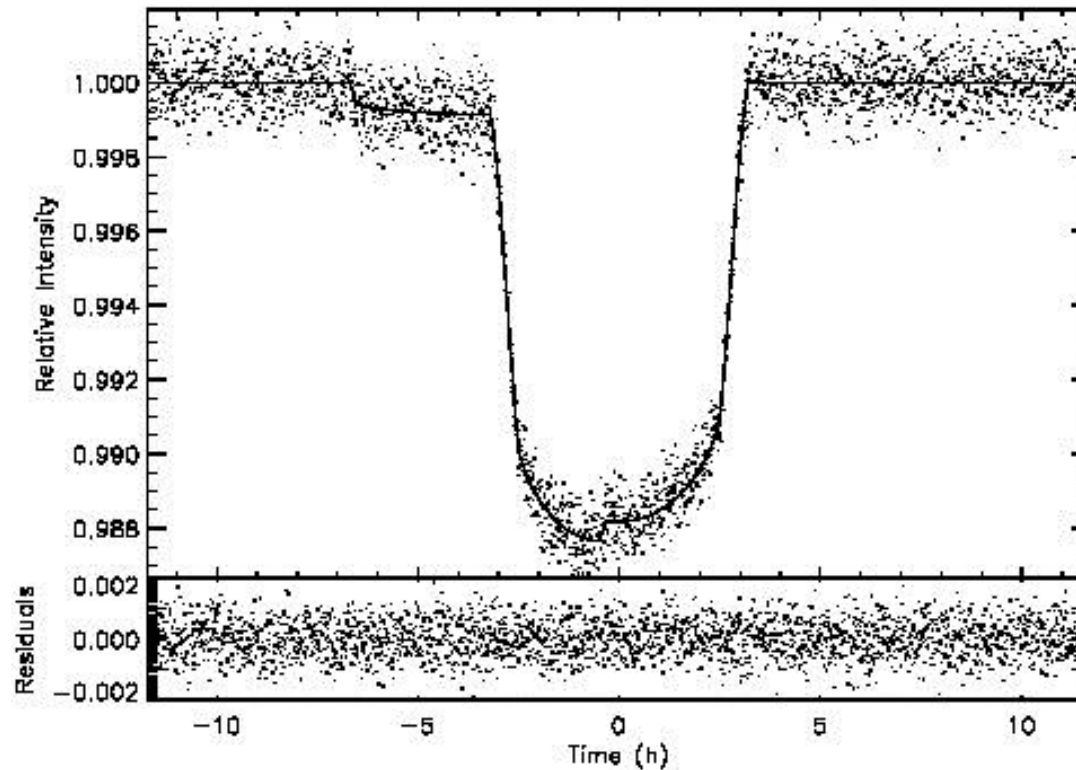


Figura 5: Deformações na Curva de Luz causadas pela presença de uma lua em órbita do planeta.

Método dos Resíduos

- Proposto por *Szabó et al (2010)*. Permite apenas detectar a lua, porém sem medir seus parâmetros.
- Consiste em sobrepor um grande número de trânsitos (~ 100), e ajustar a curva com o trânsito de um planeta.
- Caso o planeta analisado possua luas, será visto um excesso de resíduos antes e depois do trânsito.

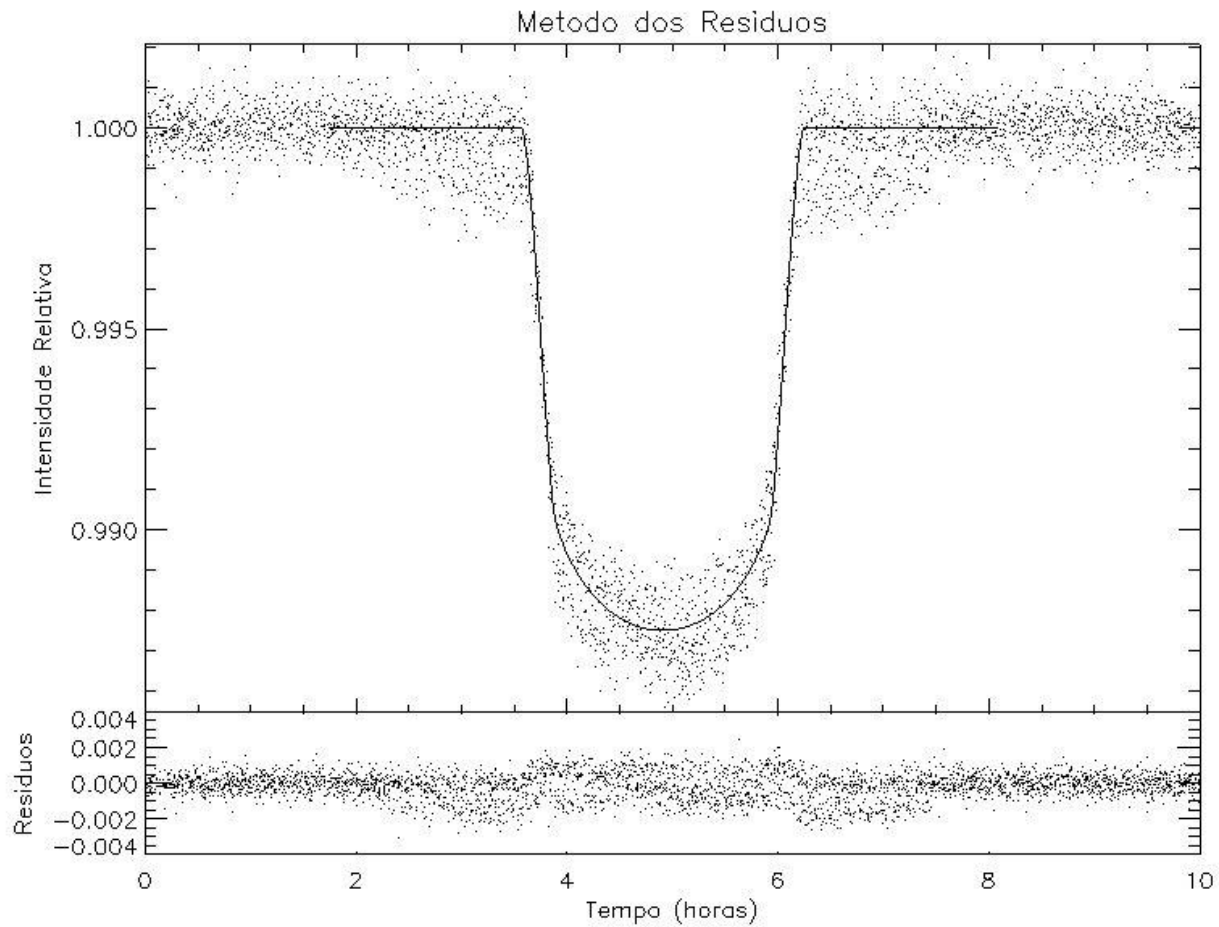


Figura 6: Exemplo do método dos resíduos.

Variações Temporais

- TTV (transit time variation): variações no instante de trânsito devido à posição do planeta em relação ao CM.

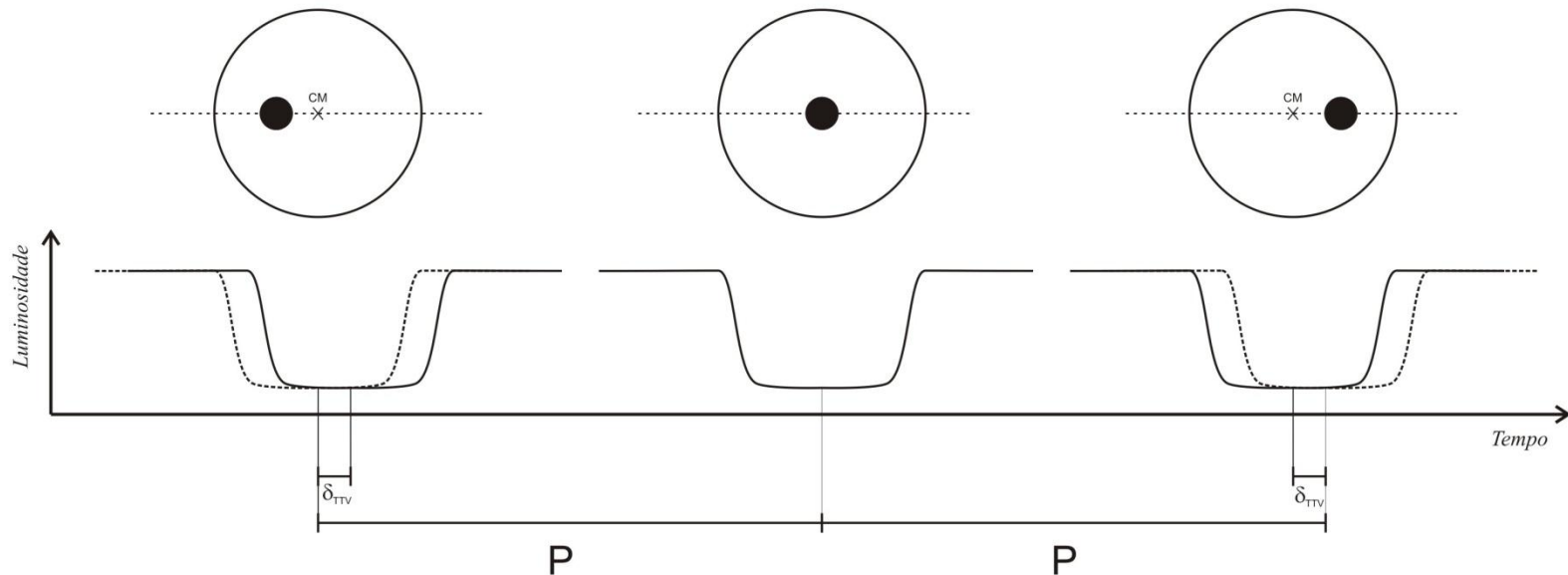


Figura 7: Transit Time Variation (TTV).

- Transit Duration Variation (TDV):

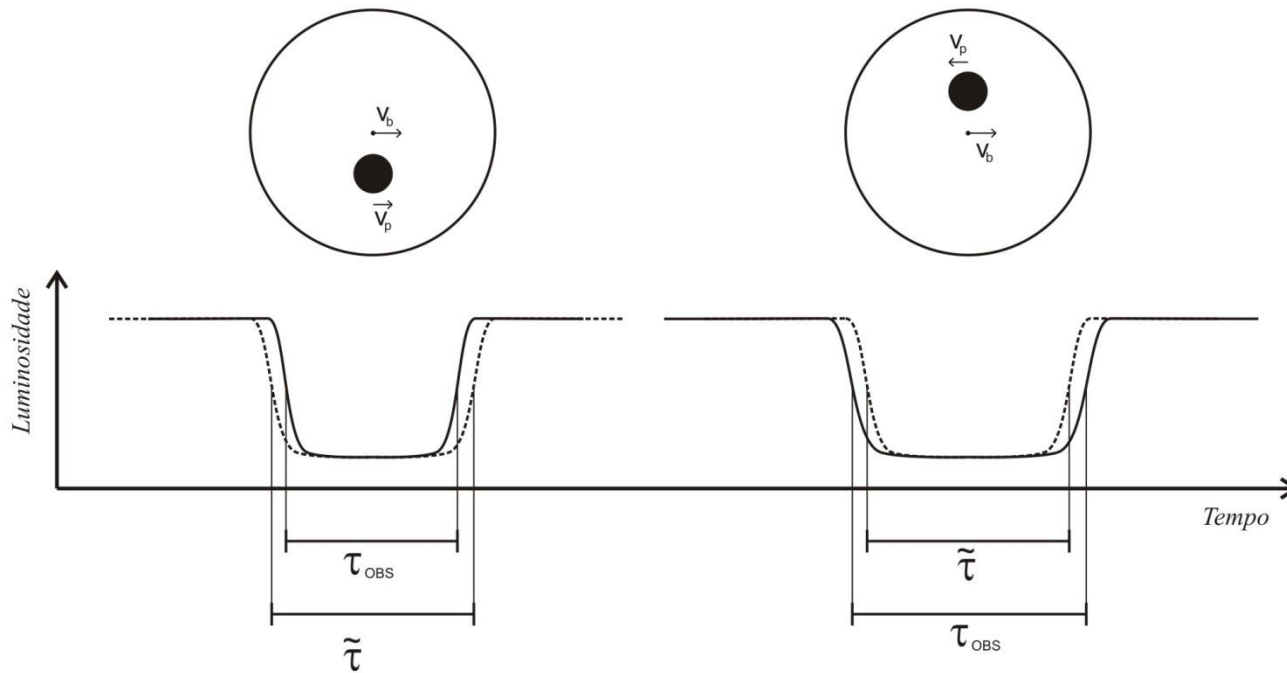


Figura 8: Transit Duration Variation (TDV).

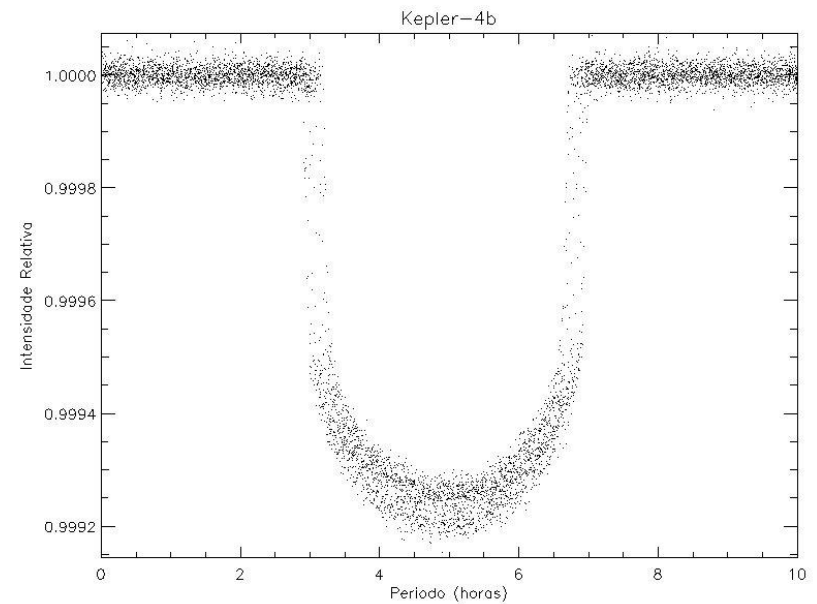
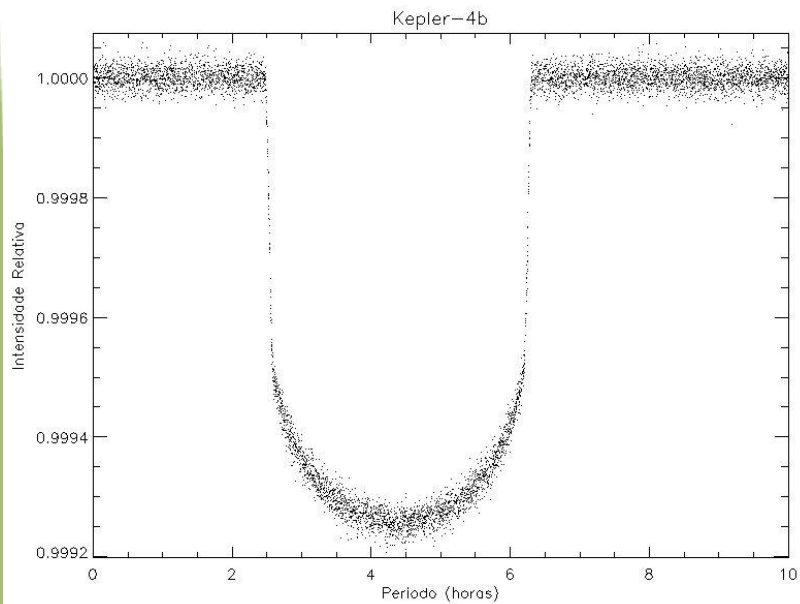


Figura 9: Exemplo de detecção de TTV por sobreposição.

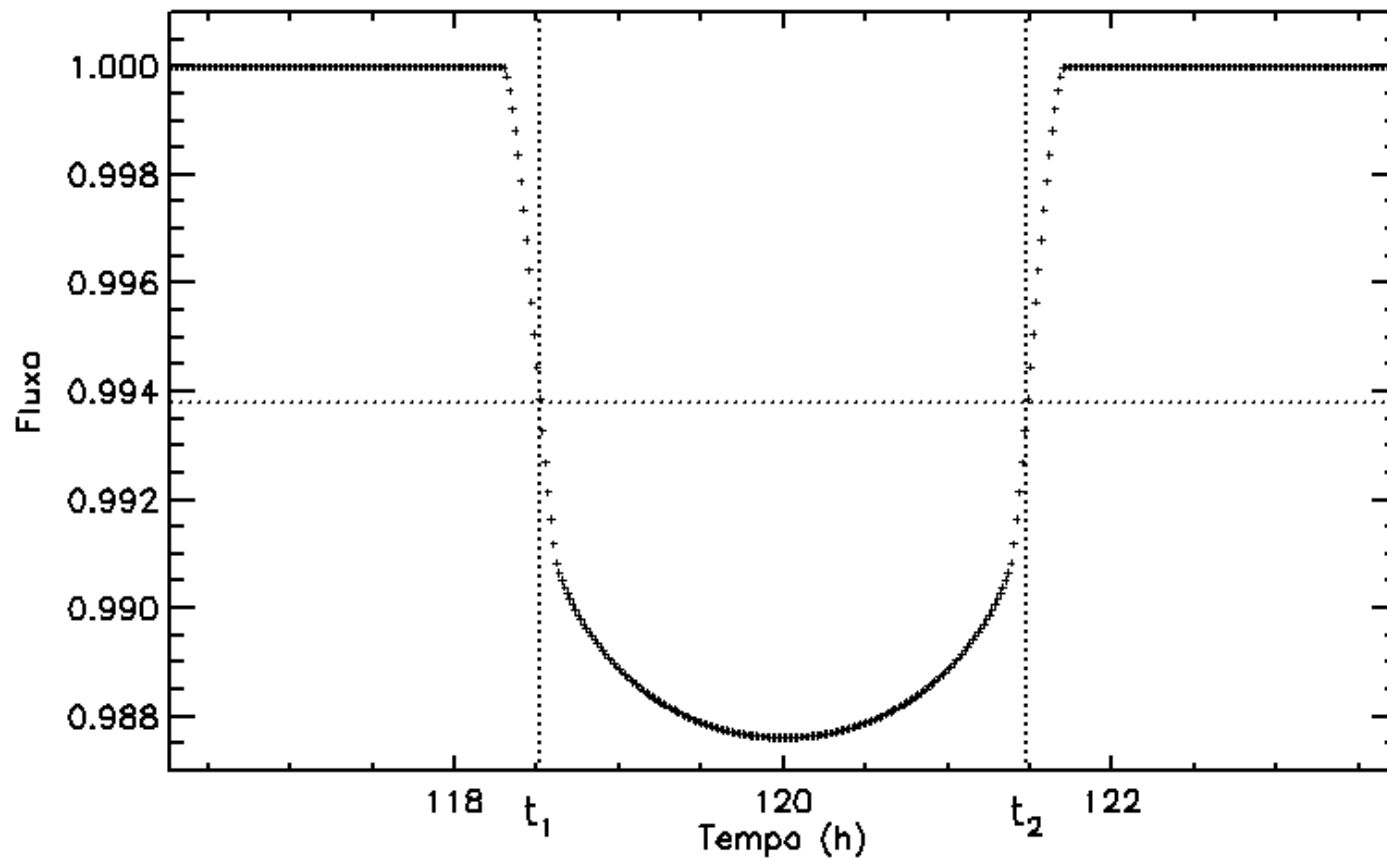


Figura 10: Medidas diretas de TTV e TDV.

Diferenças entre Planeta com Lua e Sistemas Multiplanetários

- Os efeitos TTV e TDV possuem uma diferença de fase de $\pi/2$ quando forem causados por uma lua.
- Essa diferença de fase não se mantém no caso de sistemas multiplanetários..

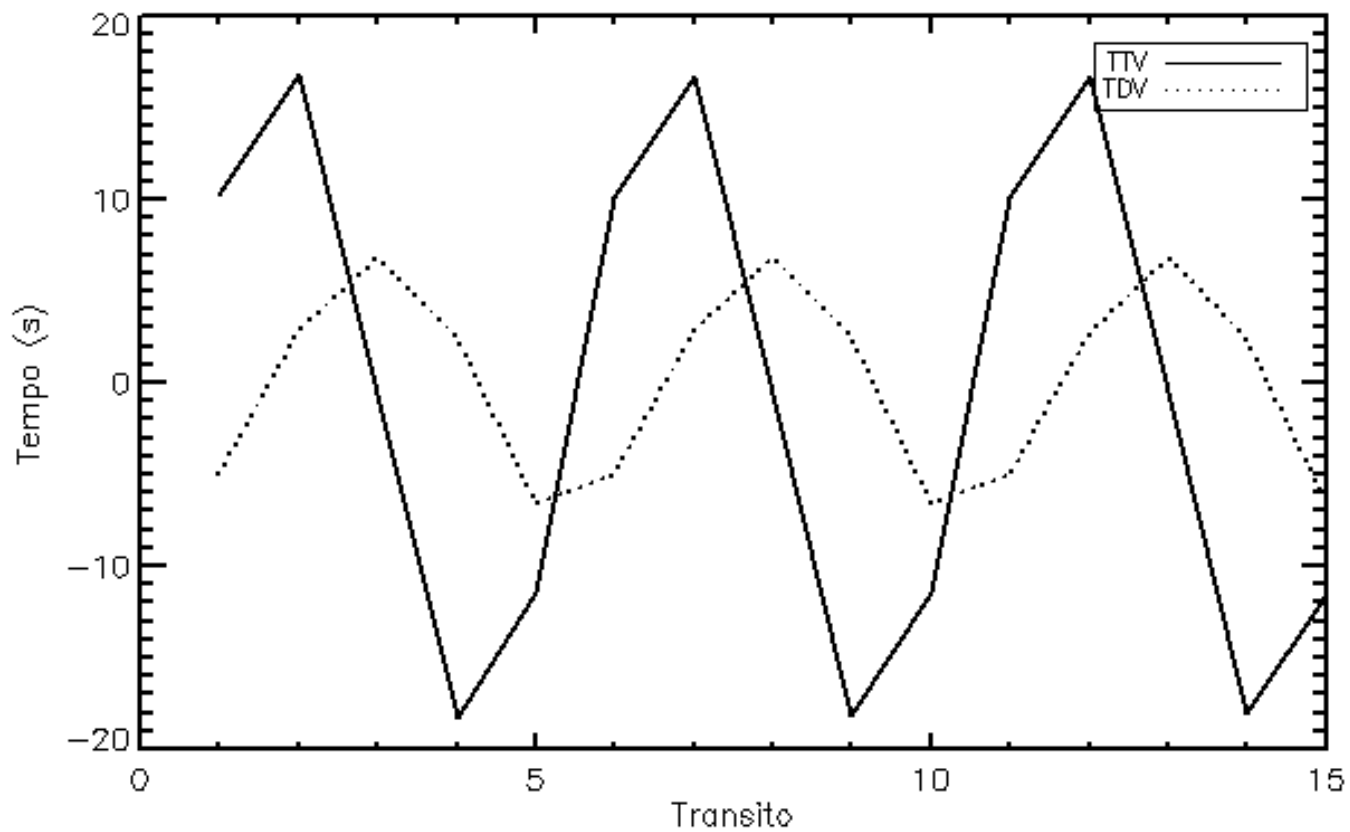


Figura 11: Medidas simultâneas de TTV e TDV.

Detecção de Anéis Planetários

- Anéis podem ser detectados ajustando o trânsito do planeta com um planeta simples.
- No caso de o planeta possuir anéis, são vistos excessos de resíduos na região de ingresso e egresso.

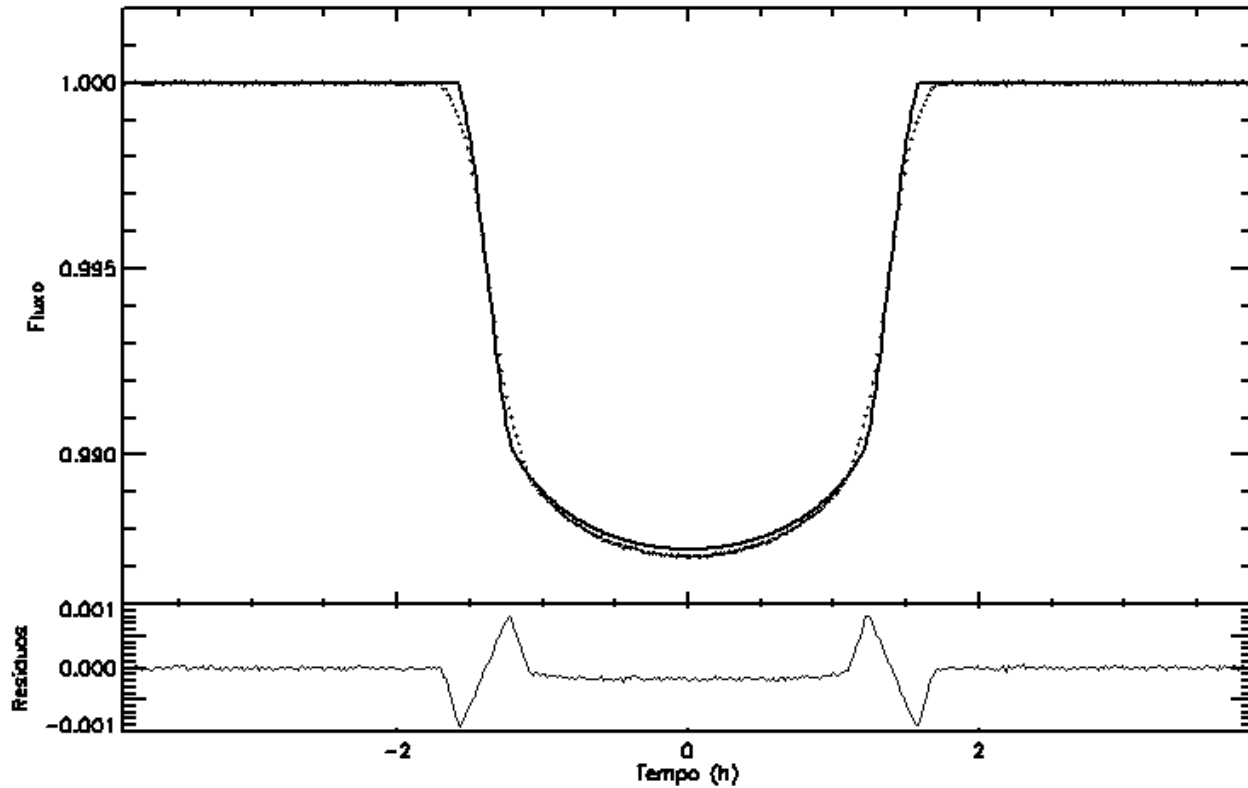


Figura 12: Forma de detecção de anéis planetários.

O Programa de Busca

1. Dados de entrada – arquivos .FITS
 1. Cabeçalho – informações da estrela hospedeira
 2. Tabela – curva de luz
2. Medida do período orbital – algoritmo BLS
3. Identificação dos trânsitos
4. Cálculo de resíduos
5. Medidas de variações temporais
6. Identificação de candidatos
7. Utilizar o modelo do mestrado para determinação de parâmetros

Por quê luas e anéis?

- Habitabilidade: luas em órbita de planetas localizados na zona habitável também são habitáveis.

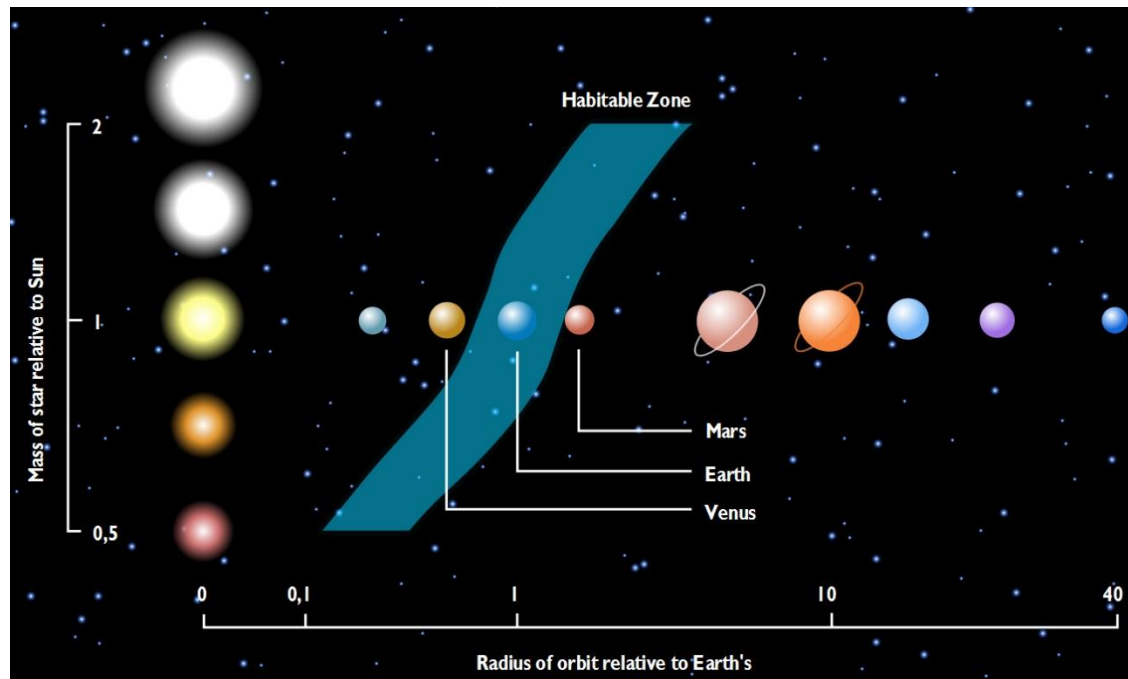


Figura 13: Zona Habitável.



- Formação planetária:
 - Formação antes ou depois da migração?
 - Interação lua/anéis com o disco durante a migração?
 - Interação lua/anéis com outros planetas durante a migração?
- Interação das luas/anéis com a estrela.
- Estrutura interna: *anéis dobrados* (Schlichting & Chang, 2009) permitem medir o momento gravitacional J_2 , que permite estudar a distribuição de matéria no interior do planeta.

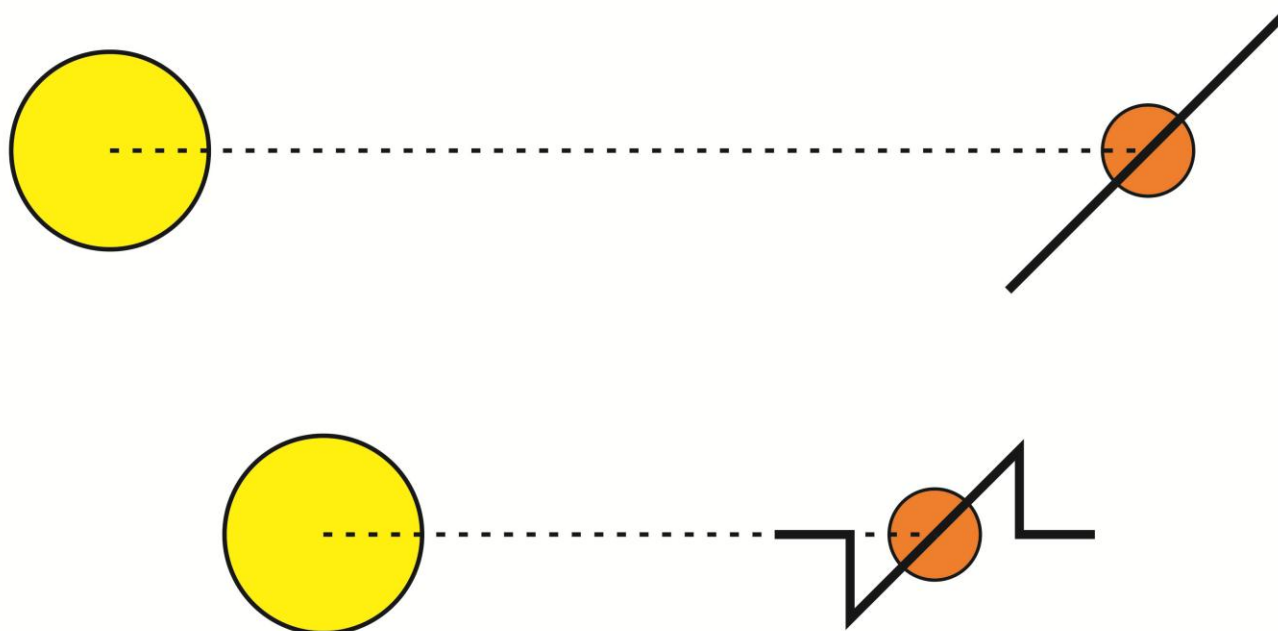


Figura 13: Anéis planetários em um planeta distante (acima) e em um planeta próximo (abaixo) da estrela hospedeira.



Obrigado!