

Análise da estabilidade de um possível sistema de anéis ao redor do planeta do PDS110b

Tiago Pinheiro & Rafael Sfair
francisco.pinheiro@unesp.br

UNESP - São Paulo State University
Grupo de Dinâmica Orbital e Planetologia
Institut für Astronomie und Astrophysik
Eberhard Karls Universität Tübingen, Germany

Estrela PDS110:

- Idade: ~ 11 milhões de anos
- Massa: $1.6 M_{\text{Jup}}$
- Raio: $2.23 R_{\text{Jup}}$

Dois eclipse com características semelhantes foram observados nos anos de 2008 e 2011.

- Duração do evento: ~ 25 dias
- Queda na luminosidade: $\sim 30\%$.

Osborn & Rodriguez (2017) propuseram duas diferentes interpretações para os eventos observados:

- A passagem de um disco circunestelar ao redor da própria estrela PDS110.
- A passagem de um disco inclinado ao redor de um corpo secundário não observado.

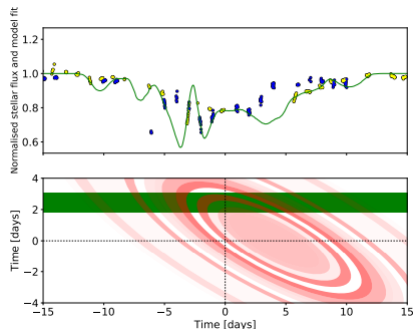


Figure: No primeiro painel contém a curva de luz observada nos anos de 2008 (amarelo) e 2011 (azul). No segundo painel apresenta uma esquematização do sistema de anéis entorno de um corpo secundário e a área em verde representa a passagem da estrela durante os elipses (Fonte: Osborn & Rodriguez, 2017)).

- O intervalo de entre os eclipses sugere um período orbital para esse corpo secundário de 2 anos.
- Osborn & Rodriguez (2017) propôs um intervalo de massa do corpo secundário: $1.8 - 70 M_{Jup}$.

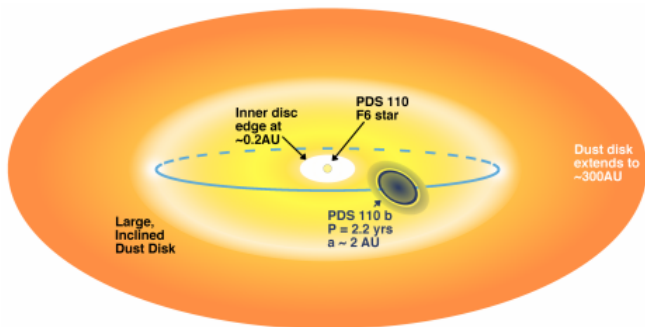


Figure: Esquematização do sistema estelar PDS110 (Fonte: Osborn & Rodriguez, 2017)).

Investigar a estrutura e estabilidade de um possível sistema de anéis ao redor de um planeta gigante gasoso (PDS110b), junto com suas características físicas e orbitais. Por meio das simulações numéricas, foi possível restringir intervalos para os parâmetros físicos e orbitais desconhecidos do sistema PDS110b. Esses parâmetros são:

- Massa do planeta: $[1.8 - 70] M_{Jup}$
- Excentricidade do planeta
- Extensão do anel
- inclinação do anel

- O fator ξ definido pela razão entre o raio de Hill e a extensão raial do anel, permite fazer uma restrição na excentricidade limite do planeta de 0.5. Foi assumido:
- O ângulo de visada do anel observado da Terra é 0° (face-on).
- Durante o eclipse o planeta possui velocidade constante.

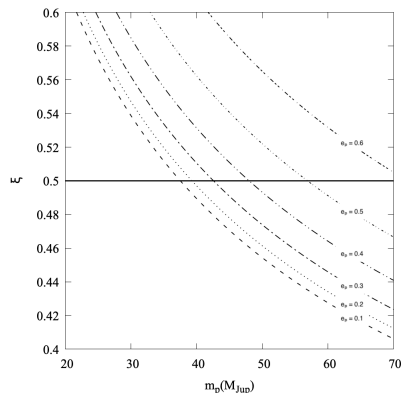


Figure: Curvas do fator ξ em função da massa e da excentricidade do exoplaneta PDS110b.

- Simulamos numericamente diversos problemas de três corpos (estrela, planeta e partícula), cada um representando uma diferente condição inicial.

Estrela

- massa: $1.6 M_{\odot}$
- raio: $2.23 R_{\odot}$

Planeta

- massa: 1.8 to $70 M_{\text{JUP}}$
- raio: calculado assumindo a mesma densidade de Júpiter
- semieixo maior: 2 au
- excentricidade: 0 - 0.5

Partícula

- semieixo maior: 0.01 - 0.5 au
- excentricidade: 0
- anomalia verdadeira: 0° - 360°
- inclinação: 0° - 180°

- No total foram simuladas 1.3×10^6 diferentes condições iniciais.
- REBOUND + integrador IAS15
 - 6.3% das partículas colidiram
 - 72.2% das partículas escaparam
 - 21.5% das partículas permaneceram estáveis

- Para a análise dos resultados das simulações numéricas, dividimos em 1820 diferentes conjuntos de simulações, conforme os seguintes critérios:

$$\Delta i = 15^\circ$$

$$\Delta e_p = 0.05$$

$$\Delta m_p \sim 5M_{Jup}$$

- Cada barra vertical nas figuras representa a duração possível dos eclipses para um determinado intervalo de inclinação do anel, massa do planeta e excentricidade.

Raio do anel \times Inclinação do anel

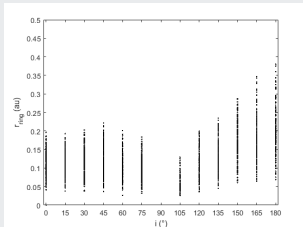


Figure: Raio do anel de cada grupo de simulação em função da inclinação das partículas.

Inclinação \times Tempo do Eclipse

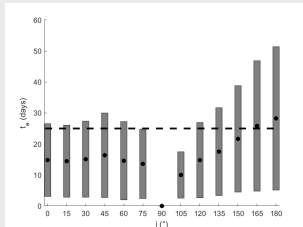


Figure: Possíveis intervalos de duração do eclipse para diferentes inclinações do anel.

- As duas figuras a direita mostram possíveis intervalos de duração do eclipse, para diferentes massas e excentricidades do planeta com um sistema de anel pródgrado.

Raio do anel \times Tempo do eclipse

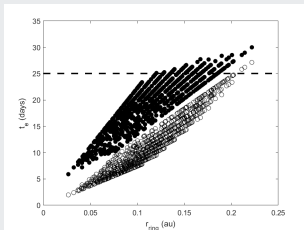
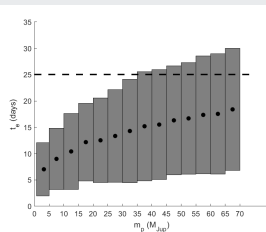
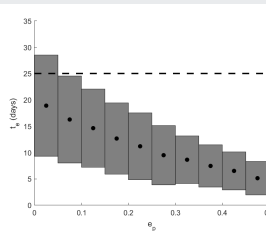


Figure: Tempo do eclipse em função do tamanho do anel, no caso de uma eclipse no pericentro (círculo aberto) e apocentro (círculo fechado).

Massa \times Tempo do eclipse



Excentricidade \times Tempo do eclipse



Sistema de anéis retrógrados

- As duas figuras a direita mostram possíveis intervalos de duração do eclipse, para diferentes massas e excentricidades do planeta com um sistema de anel retrógrado.

Raio do anel \times Tempo do eclipse

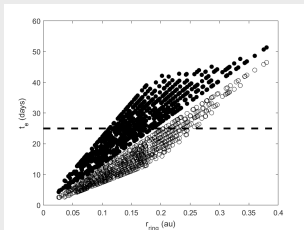
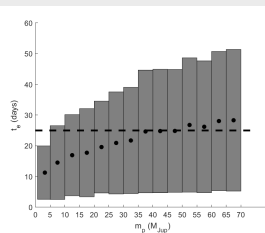
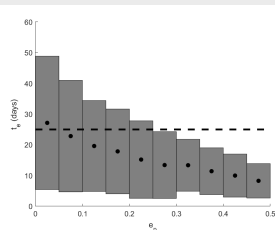


Figure: Tempo do eclipse em função do tamanho do anel, no caso de uma eclipse no pericentro (círculo aberto) e apocentro (círculo fechado).

Massa \times Tempo do eclipse



Excentricidade \times Tempo do eclipse



- No total foi explorado 1.310^6 diferentes configurações iniciais para esse sistema.
- O eclipse pode ser explicado tanto por um anel prógrado como retrógrado.
- Anéis retrógrados apesar de serem mais estáveis, é difícil explicar a origem de um anel com tamanha extensão e com movimento retrógrado.
- No caso de um anel prógrado, nosso resultado mais provável:
- O planeta tem a massa maior que $35 M_{Jup}$ e $e_p \leq 0.05$
- A inclinação do anel em relação a plano orbital do planeta provavelmente é menor que 60°
- A extensão do anel: $[0.1 - 0.2]au$