

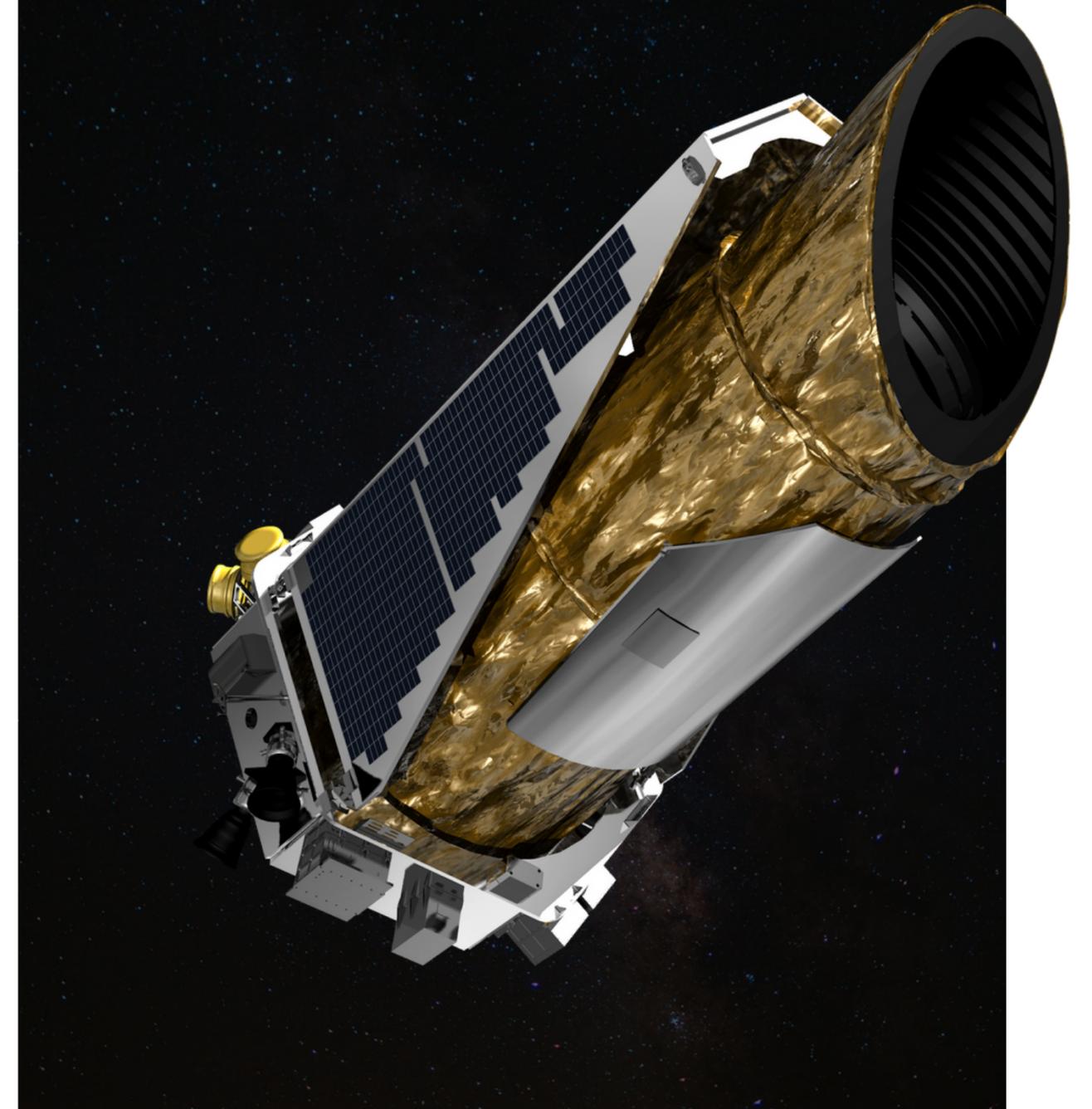
Modelagem do trânsito planetário do exoplaneta Kepler-8b

Aluno: João Carlos Pereira Alves
Orientador: Dr. Artur Justiniano Roberto Junior

Exoplanetas

- Exoplanetas ou planetas extra-solares são planetas que estão **fora do sistema solar**;
- 1º exoplaneta orbitando uma estrela, em 1995 - **51 Pegasi b**;
- Novos exoplanetas foram detectados;
- Missão **Kepler**, lançada em 2009;
- **TESS** (Transiting Exoplanet Survey Satellite), lançada em 2018;

Imagem ilustrativa do telescópio Kepler. Crédito: NASA



Estudo de exoplanetas

- Mais de **4400** exoplanetas detectados;
- Principalmente pela **Técnica de Trânsito Planetário (TTP)**;
- Primeiro exoplaneta detectado pela TTP. **OGLE-TR-56 b (Konacki et al. 2003)**;
- Grande quantidade de dados medidos pelas missões espaciais;
- Modelos teóricos aproximados de trânsito planetário (TP);
- Estimar parâmetros físicos de exoplanetas.

03

letters to nature

An extrasolar planet that transits the disk of its parent star

Maciej Konacki*, Guillermo Torres†, Saurabh Jha‡ & Dimitar D. Sasselov†

* Division of Geological & Planetary Sciences 150-21, California Institute of Technology, Pasadena, California 91125, USA

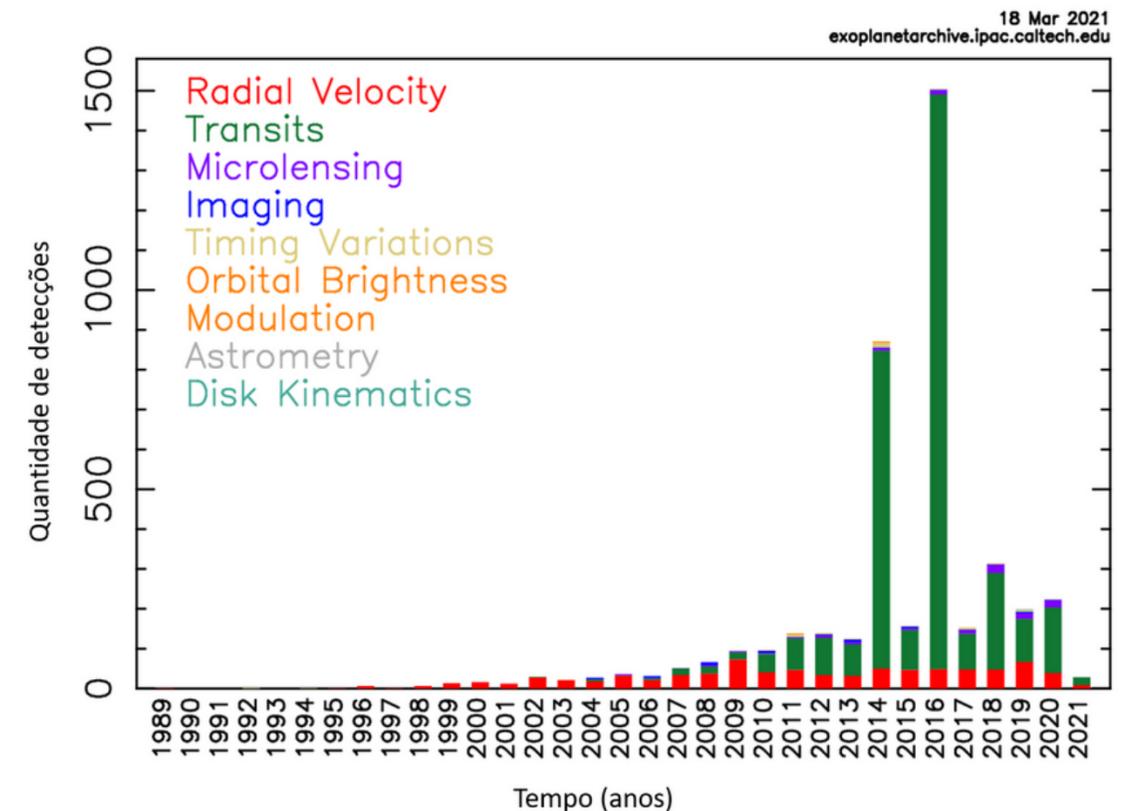
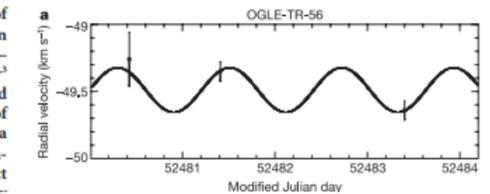
† Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics, 60 Garden St, Cambridge, Massachusetts 02138, USA

‡ Department of Astronomy, University of California, Berkeley, California 94720, USA

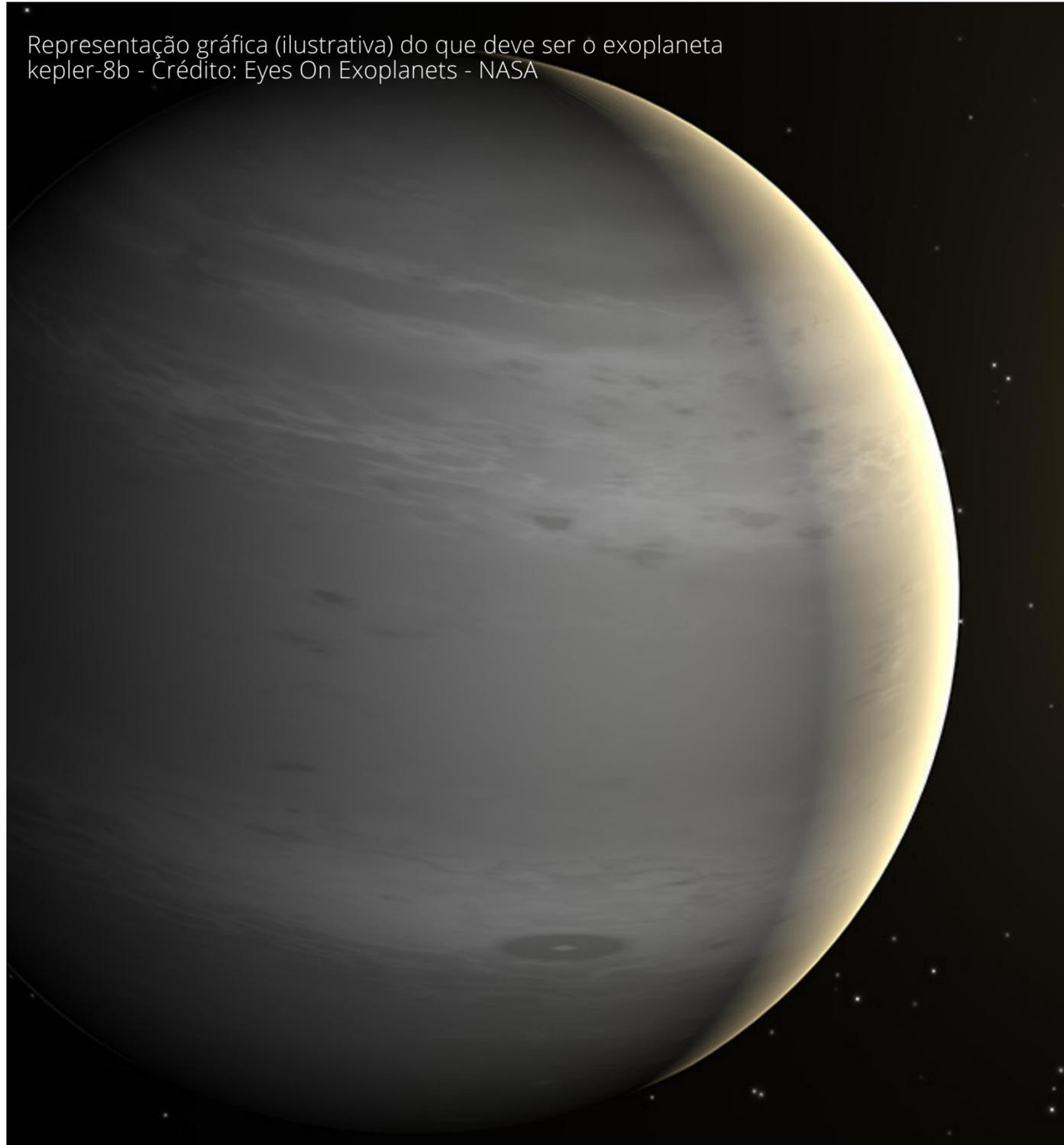
Planets orbiting other stars could in principle be found through the periodic dimming of starlight as a planet moves across—or ‘transits’—the line of sight between the observer and the star. Depending on the size of the planet relative to the star, the dimming could reach a few per cent of the apparent brightness of the star. Despite many searches, no transiting planet has been discovered in this way; the one known^{1,2} transiting planet—HD209458b—was first discovered using precise measurements^{2,3} of the parent star’s radial velocity and only subsequently detected photometrically. Here we report radial velocity measurements of the star OGLE-TR-56, which was previously found to exhibit a 1.2-day transit-like light curve^{4,5} in a survey looking for gravitational microlensing events. The velocity changes that we detect

the radial velocity variation induced in the star.

One of the most successful searches to date is the Optical Gravitational Lensing Experiment (OGLE), which uncovered 59 transiting candidates in three fields in the direction of the Galactic Centre (OGLE-III)^{4,5}, with estimated sizes for the possible companions of about 1–4 Jupiter radii. The large number of relatively faint ($V = 14$ – 18 mag) candidates to study led to our strategy of a preliminary spectroscopic reconnaissance to detect and reject large-amplitude (high-mass) companions, followed by more precise observations of the very best candidates that remained. Of the 59 OGLE candidates, 20 were unsuitable: one is a duplicate entry, four have no ephemeris (only one transit was recorded), eight show obvious signs in the light curve of a secondary eclipse and/or out-of-eclipse variations (clear indications of a stellar companion), and seven were considered too faint to follow up. We undertook low-resolution spectroscopy of the other 39 candidates in late June and



Representação gráfica (ilustrativa) do que deve ser o exoplaneta kepler-8b - Crédito: Eyes On Exoplanets - NASA



Objetivo geral

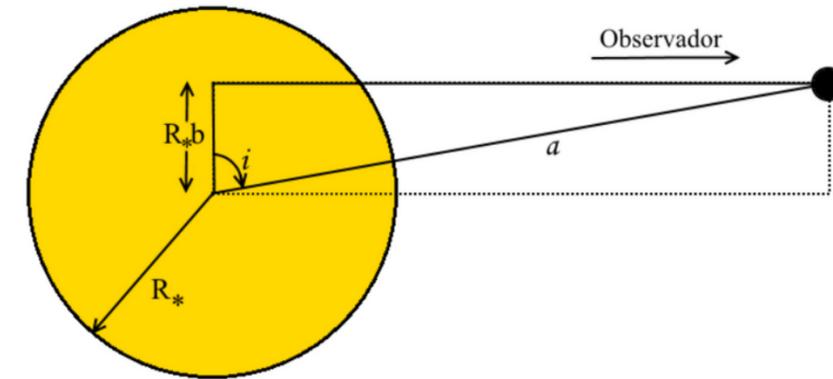
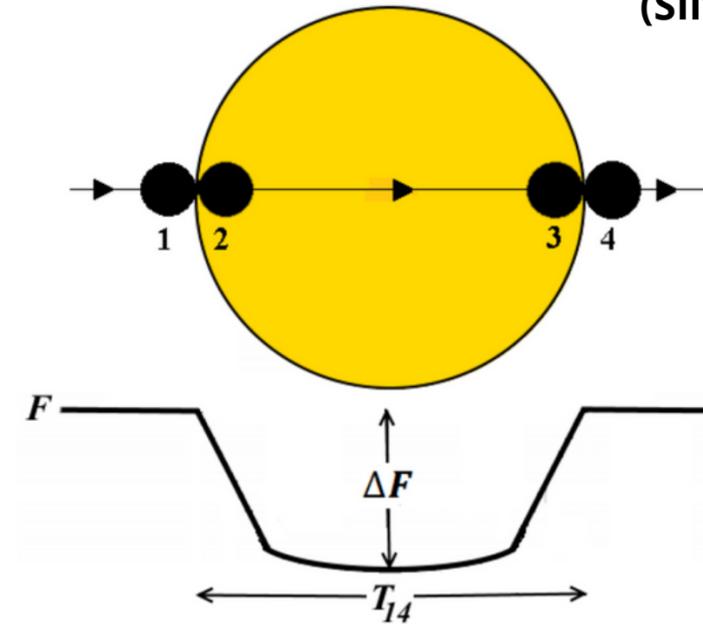
—

Realizar a **modelagem do TP** do exoplaneta Kepler-8b afim de estimar seus parâmetros físicos.

Técnica de Trânsito Planetário

- Baseia-se no fenômeno similar ao **eclipse solar**;
- Estimar parâmetros do exoplaneta;
- Podemos estimar o **raio do planeta (R_p)** e o **raio da órbita (a)**;
- Parâmetro de impacto b ;
- Escurecimento de borda. $I_\lambda(\mu) = 1 - c(1 - \mu^\alpha)$

(Silva et al. 2020)

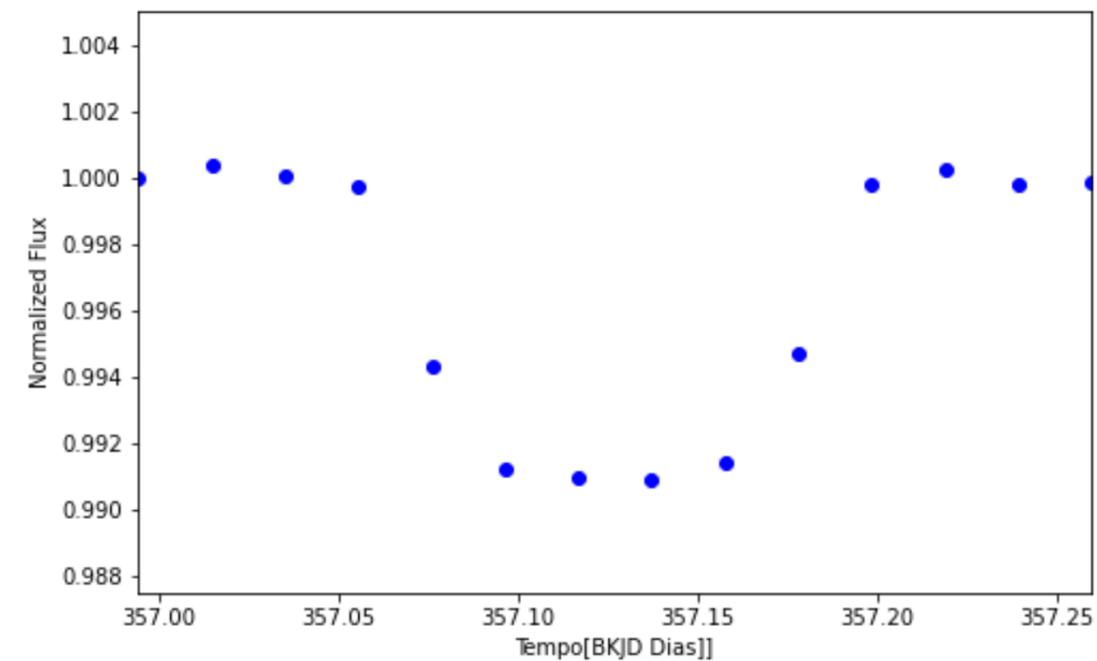
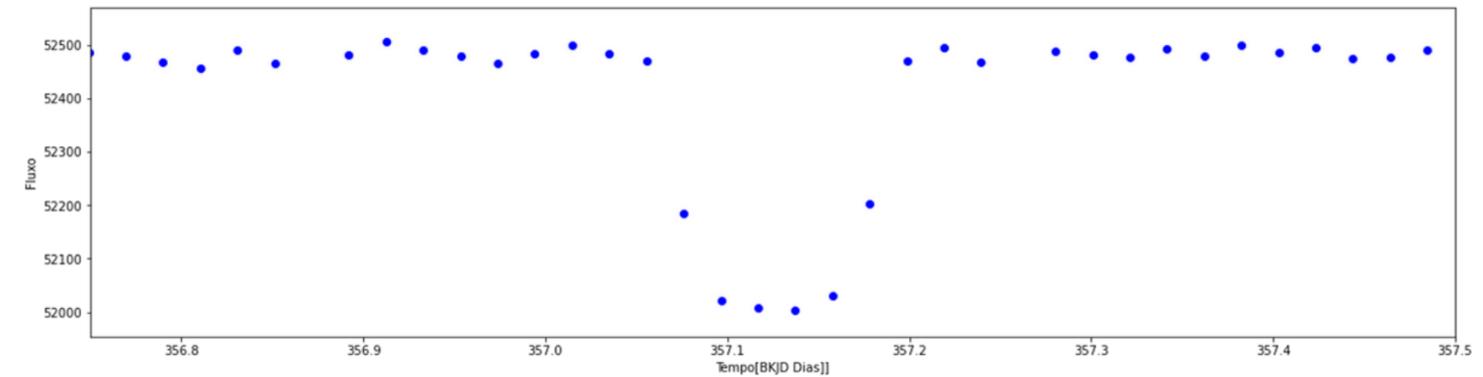
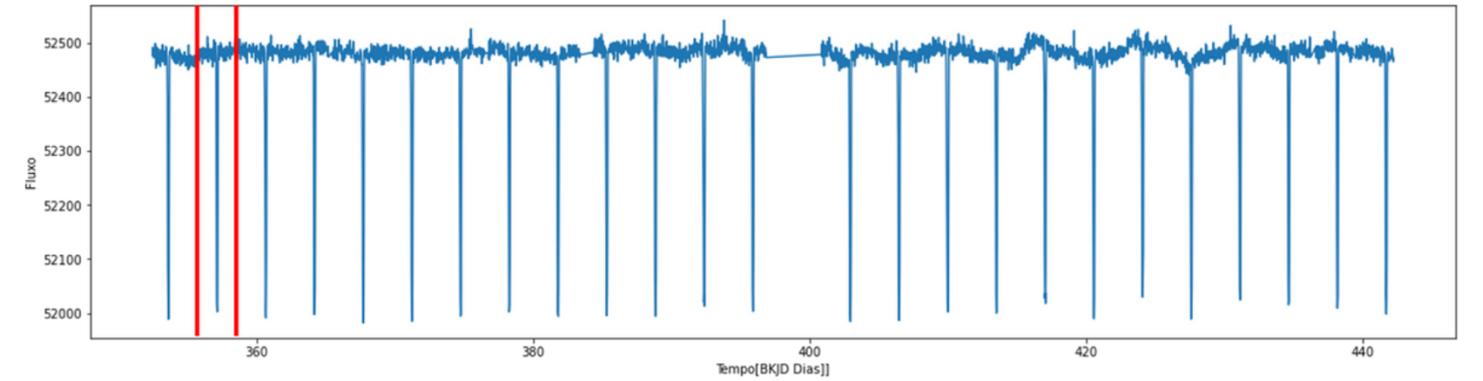


$$\frac{\Delta F}{F} = \left(\frac{R_p}{R_*}\right)^2 = (p)^2 \quad (1) \quad a^3 = \left(\frac{GM_*}{4\pi^2}\right) P^2 \quad (2)$$

$$b = \frac{a \cos(i)}{R_*} \quad (3)$$

Metodologia

- Extração de curvas de luz do **banco de dados do Kepler - Lightcurve**;
- Corte e normalização da curva de luz;
- Modelagem do trânsito;
- A **modelagem do trânsito** parte do problema do **cálculo do fluxo** medido por um observador distante de uma estrela.



Metodologia

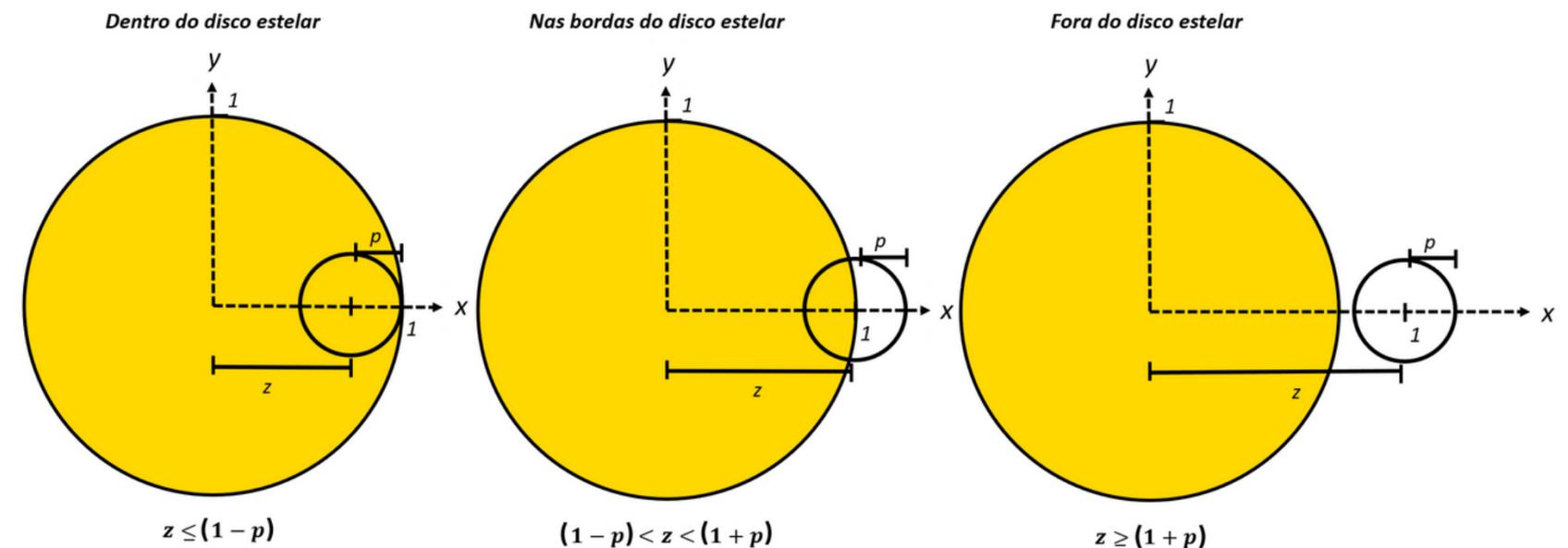
- Função **qpower2**.
- $I_\lambda(\mu) = 1 - c(1 - \mu^\alpha)$ onde $\mu = \sqrt{1 - r^2}$;
- $I_\lambda(r) = I_0 [1 - c + c(1 - r^2)^\alpha]$ onde $\gamma = \alpha/2$;
- Fluxo total da estrela quando ela não é eclipsada é igual a 1;

$$\int_0^1 I_\lambda(r) 2\pi r dr = 1 \quad (4)$$

$$I_0 = \frac{\alpha + 2}{\pi [\alpha(1 - c) + 2]} \quad (5)$$

$$F(p, z) = 1 - \int_s I_\lambda(r) dA \quad (6)$$

$$z(t) = a \sqrt{1 - \cos^2 \left(\frac{2\pi(t_i - t_f)}{P} \right) \sin^2(i)} \quad (7)$$



Metodologia

Parâmetros de entrada

- O período orbital **P** do exoplaneta;
- O raio da órbita do planeta - Eq.2;
- A inclinação orbital **i**. **Valor sugerido.**

Função qpower2

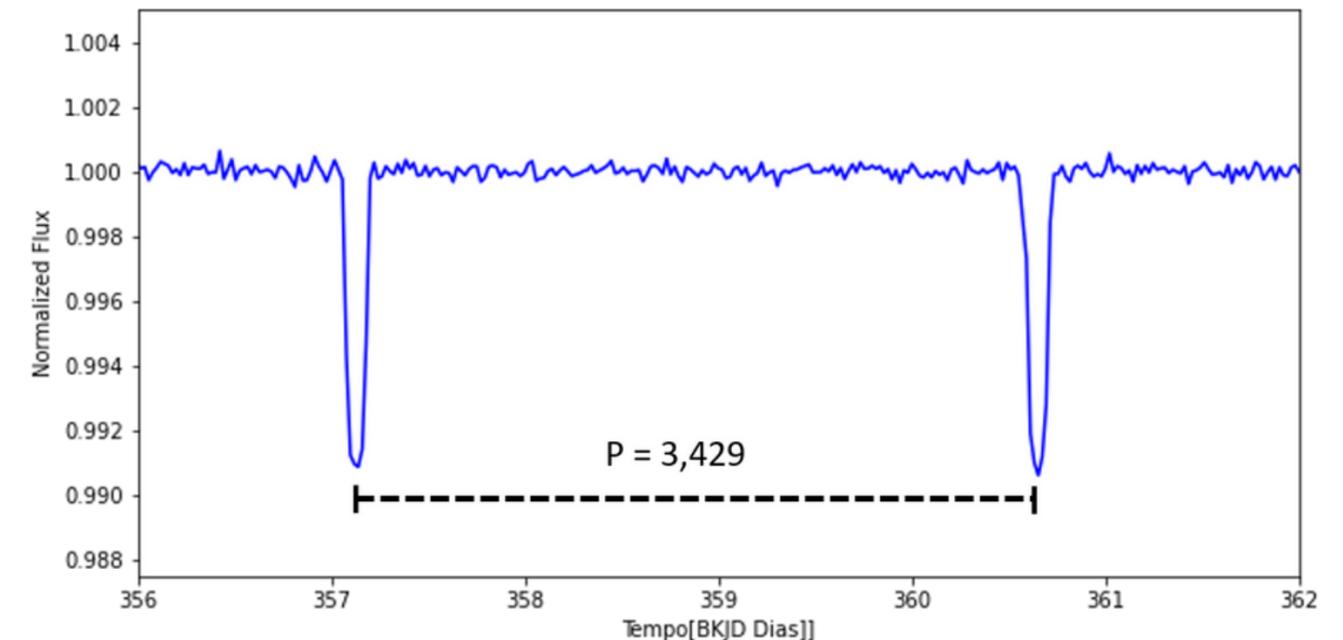
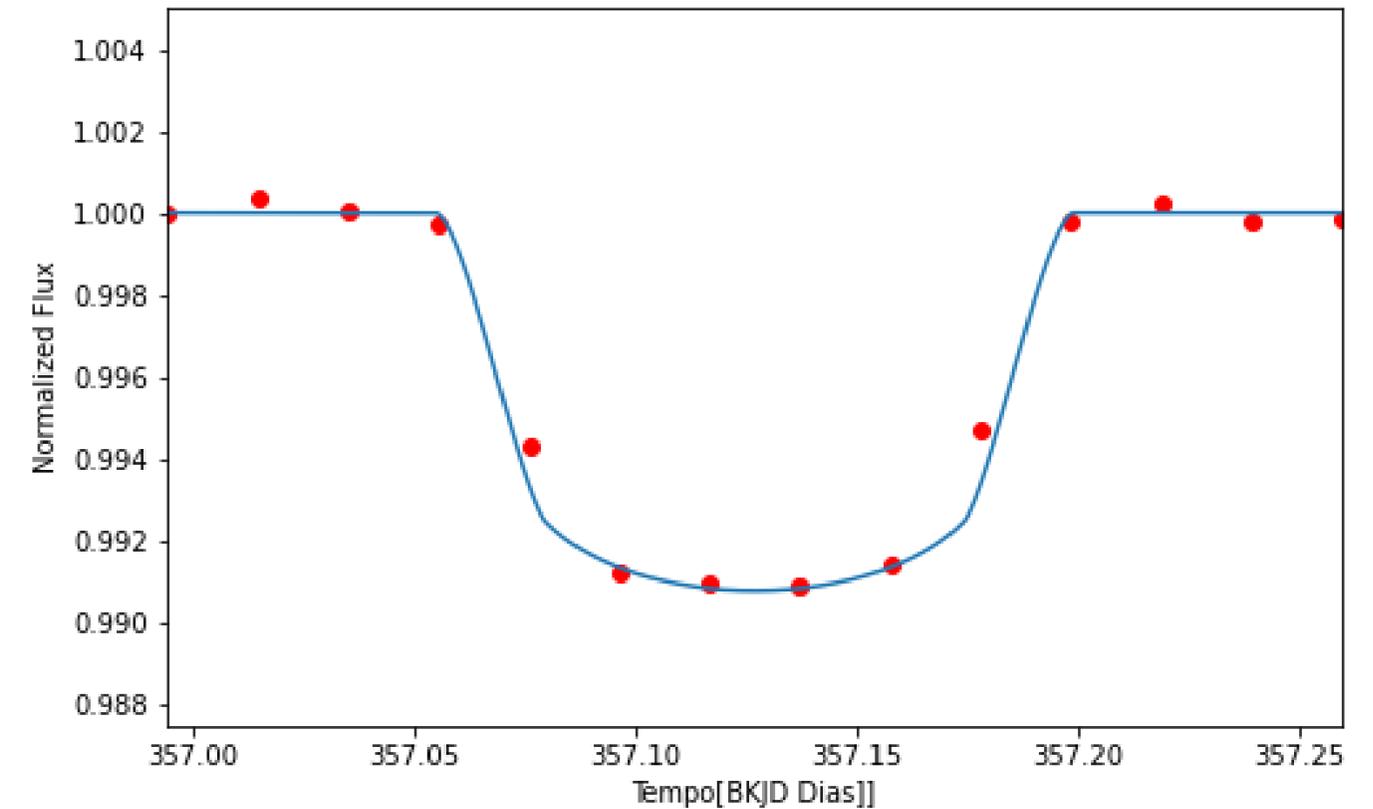
- A razão entre o raio do planeta e da estrela **p**. **Valor sugerido;**
- Os parâmetros c , α extraídos da literatura;
- A variável $z(t)$. Eq.7.

Plot da modelagem

- Cálculo de 1000 valores de $F(t)$;
- **Matplotlib;**
- Realiza o **plot** da modelagem juntamente com os dados baixados do Kepler.

Resultados

- Parâmetros de entrada do código:
 - $c = 0,706$;
 - $\alpha = 0,632$;
 - $t_i = 357.127$ dias
 - $P = 3,429$ dias;
 - $a = 0,048\text{UA}$ - $aR = 6,95$. Calc. Eq.2;
- Parâmetros de saída:
 - $i = 84^\circ$ - Valor sugerido;
 - $b = 0,726$
 - $p = 0,095$. Sugerido Eq.1;



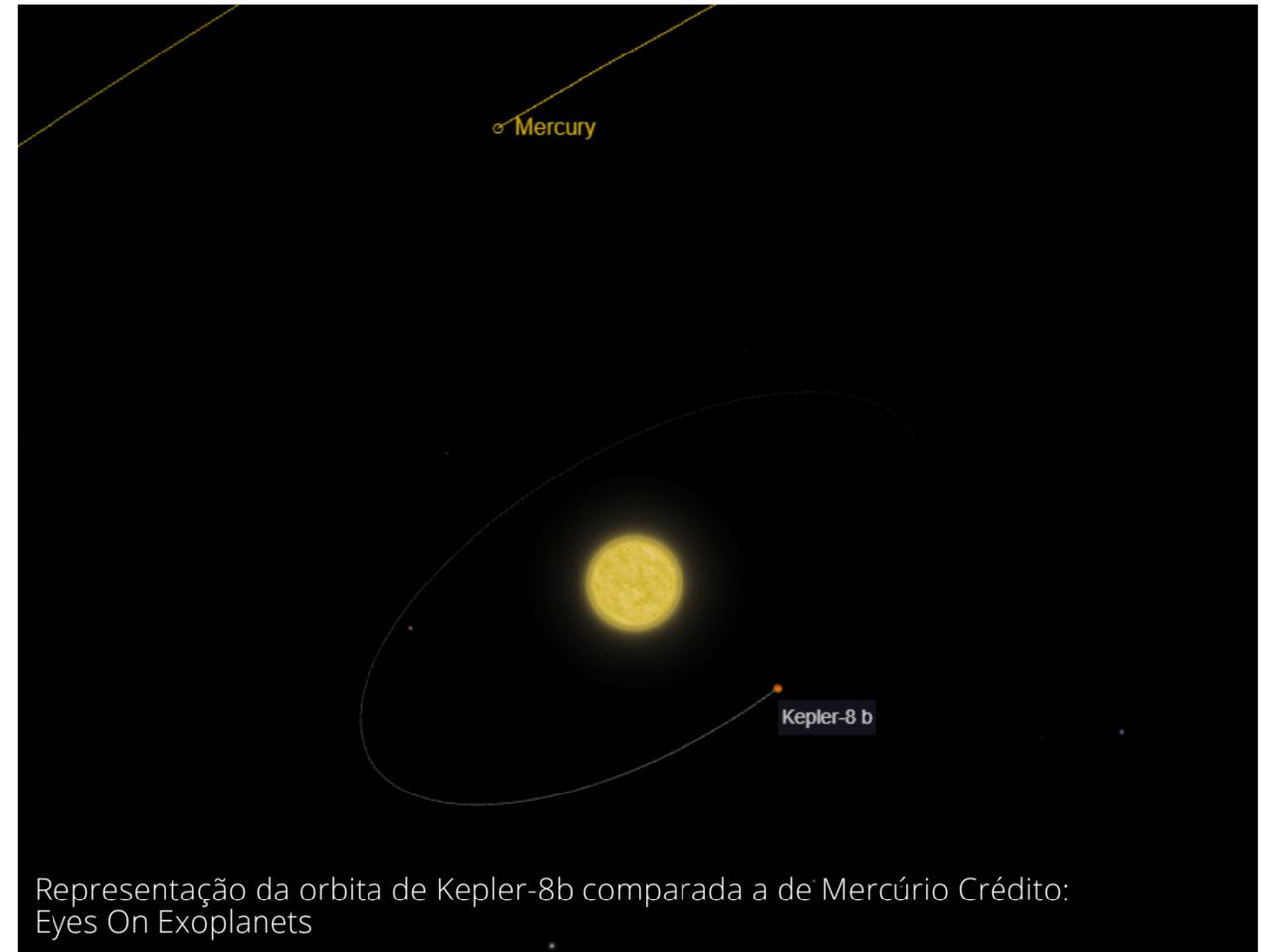
Resultados

Parâmetros	Jenkins et al. 2010	Este trabalho
$R_p(R_J)$	$1,42 \pm 0,06$	1,420
$P(d)$	$3,52254^{+0,00003}_{-0,00005}$	3,429
$a(UA)$	$0,0483^{+0,0006}_{-0,0012}$	0,048
$i(\text{graus})$	$84,1 \pm 0,3$	84,000
b	$0,72 \pm 0,02$	0,726

- **Zona habitável (ZH)** de uma estrela, ou zona de Goldilocks é dada por:

$$R = \left(\frac{0,5L}{4\pi\sigma T^4} \right)^{\frac{1}{2}}$$

- ZH da Kepler-8 é de 3,49 UA.
- Kepler-8 b não está na ZH.



Considerações Finais

A partir da modelagem da curva de luz

Obtivemos **parâmetros físicos** do exoplaneta como a , b , o raio do planeta, seu período orbital e o raio da órbita e os comparamos com a literatura.

Zona Habitável

Estimar se o exoplaneta está na ZH de sua estrela hospedeira.

Estágio de desenvolvimento do trabalho

No momento não realizamos a **propagação de erro** dos parâmetros estimados a partir da modelagem.

Viabilidade

Atestamos a **viabilidade** da utilização da modelagem proposta para a investigação de parâmetros de exoplanetas por meio da TTP.

**Obrigado a todos pela
atenção.**