

Exoplanetas

Liana Li (lianali1217@usp.br), Yasmmin F. Tamburus (ytamburus@usp.br)
Messias Fidêncio Neto (messiasf@usp.br) e Vera Jatenco-Pereira (vera.jatenco@iag.usp.br)
Observatório Abrahão de Moraes e Departamento de Astronomia – IAG/USP

Introdução

Exoplanetas são planetas localizados fora do Sistema Solar, que orbitam outras estrelas, ou seja, fazem parte de outros sistemas planetários. Até junho de 2021, foram confirmados a existência de aproximadamente 4400 exoplanetas e 3300 sistemas planetários, de acordo com a NASA. A maioria destes exoplanetas encontrados são da categoria de Júpiteres Quentes por serem mais fáceis de detectar, principalmente por terem tamanhos e massas comparáveis ao planeta Júpiter, quanto por orbitarem de forma bem próximas as suas estrelas hospedeiras. Alguns exemplos já catalogados desse tipo de exoplaneta são mostrados na Figura 1, que é uma concepção artística baseada em modelos teóricos.

A detecção de exoplanetas é difícil pois são corpos relativamente pequenos em relação às escalas do Universo, e que não emitem luz própria, ou seja, são corpos iluminados pelas estrelas que orbitam, além de estarem muito distantes de nós. Contudo, com o avanço da tecnologia dos telescópios e dos métodos de detecção, há cada vez mais sistemas peculiares e interessantes sendo descobertos pela humanidade.



Figura 1. Concepção artística de alguns exemplos de exoplanetas denominados Júpiteres quentes já catalogados. Créditos: ESA/Hubble.

Zona de Habitabilidade

A zona de habitabilidade de um sistema planetário é a região em que a luminosidade da estrela proporciona as condições necessárias para ter água líquida na superfície do planeta ou satélite natural. A massa da estrela que está sendo orbitada e o tamanho da órbita que tal planeta executa ao redor dela influencia diretamente no quesito de o mesmo estar ou não dentro da zona habitável. Na Figura 2, a zona habitável do Sistema Solar é apresentada como a região azul que, no caso, também se estende ao longo da figura, para que possa ser comparada com as regiões de habitabilidade de outras estrelas de massas maiores ou menores em relação à massa do Sol.

O limite interno da zona habitável apresenta planetas que possuem órbitas bem próximas a de sua estrela, o que pode causar a vaporização de seus reservatórios de água. Já o limite externo da zona de habitabilidade é a maior distância orbital em relação à estrela hospedeira, ao qual a temperatura superficial do objeto permanece abaixo de 273 K. As estrelas menores e menos quentes são as mais estudadas para encontrar condições de habitabilidade em seus exoplanetas. Isso porque estrelas mais massivas evoluem mais rapidamente e podem impossibilitar a geração de uma biosfera.

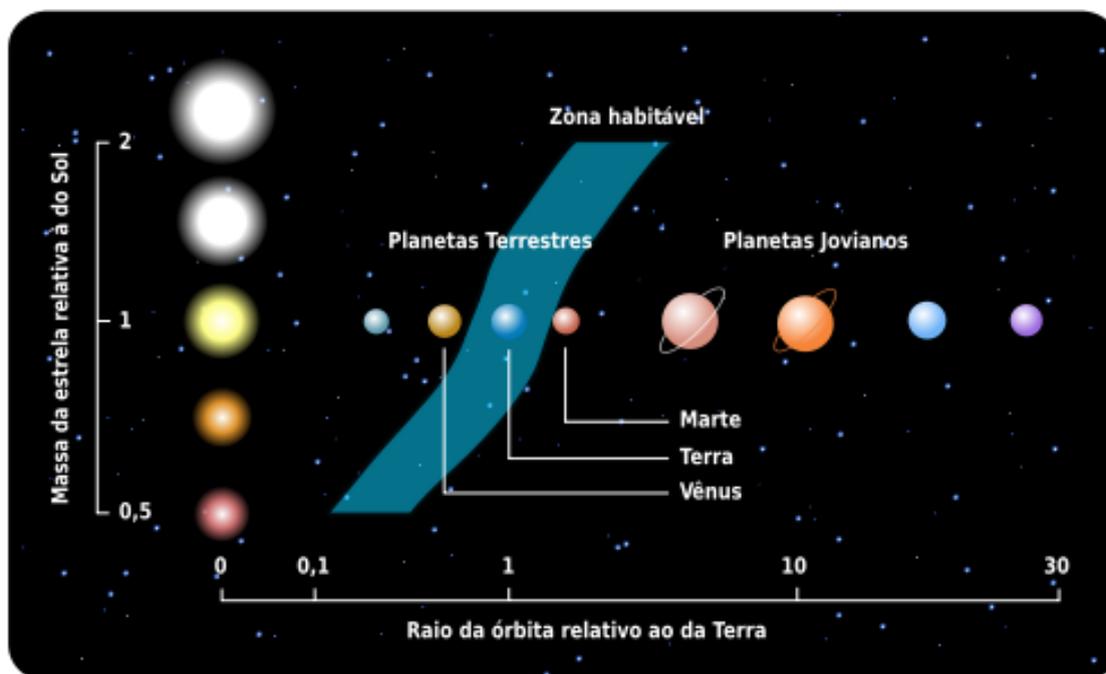


Figura 2. Exemplificação da escala de zona habitável, como a do nosso próprio Sistema Solar.
Cfeditos: wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Zona_habitavel-pt.svg.

Exoplanetas e Sistemas Planetários Externos Conhecidos

Alguns dos sistemas planetários externos já encontrados ficaram famosos tanto por serem compostos por exoplanetas que possuem certas características necessárias para abrigar vida, como pelas condições vindas do estudo da zona de habitabilidade, quanto por serem um pouco semelhantes ao nosso Sistema Solar de alguma maneira. Assim, vamos apresentar dois destes sistemas a seguir:

Kepler-90:

O sistema planetário Kepler-90, também denominado de KOI-351, fica localizado na Constelação de Draco, a aproximadamente 2500 anos-luz de distância do Sol. É composto por uma estrela e oito planetas que a orbitam de forma bem próxima. A descoberta foi feita pela NASA através de seu telescópio Kepler a partir do método de trânsito. Na época em que foi divulgada a descoberta de seu oitavo planeta, esse sistema atraiu bastante atenção da mídia, tanto por ser o sistema com o segundo maior número de planetas confirmados na Via Láctea, quanto por ser o conjunto de planetas mais parecido com o nosso Sistema Solar, já que possui o mesmo número de planetas que o nosso. Os oito planetas de Kepler-90 estão divididos em três planetas internos rochosos, três anões gasosos intermediários e dois planetas gasosos externos, como se pode ver na Figura 3, que é uma concepção artística deste sistema planetário.



Figura 3. Concepção artística do sistema planetário Kepler-90. Créditos: NASA.

TRAPPIST-1:

TRAPPIST-1 é um sistema planetário localizado a aproximadamente 40 anos-luz do Sol, na constelação de Aquário. Descoberto pelo telescópio espacial Spitzer da NASA e pelo telescópio TRAPPIST, localizado no Chile, o sistema é composto por uma estrela anã vermelha fria e sete exoplanetas que a orbitam de forma bem próxima e possuem dimensões semelhantes às do planeta Terra, vide Figura 4. Mais especificamente, três destes exoplanetas ficam na zona habitável de sua estrela, sendo dois destes com tamanho similar ao nosso planeta. Além disso, estudos indicam que estes exoplanetas possuem condições favoráveis ao mantimento de água líquida, porém isso ainda está em confirmação.

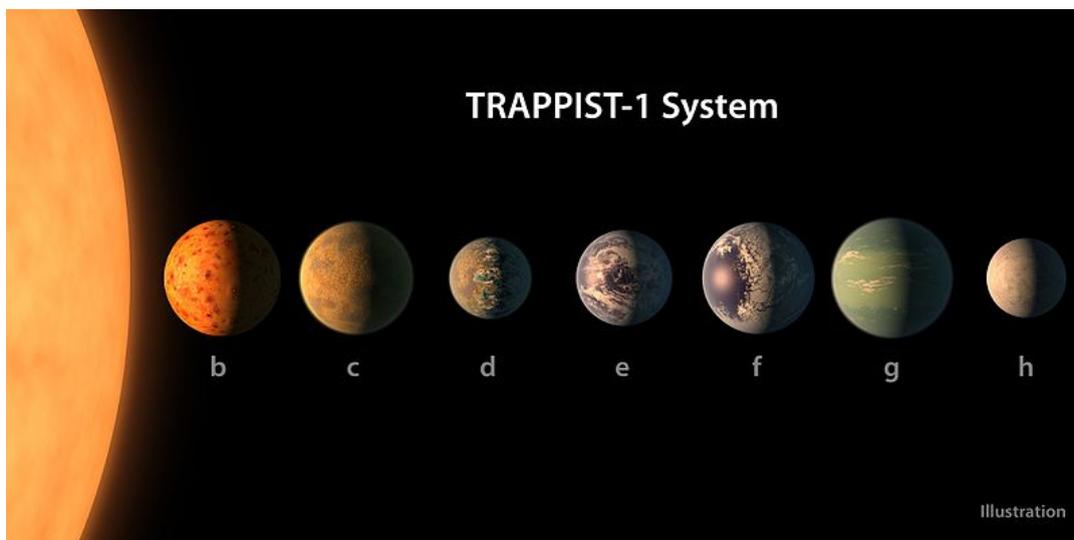


Figura 4. Concepção artística de como seria TRAPPIST-1, a partir dos dados que se possui sobre o sistema.
Créditos: NASA/JPL-Caltech.

Métodos de Detecção

Há diferentes formas de identificação de um exoplaneta. Nesta seção serão abordados os seguintes métodos: astrometria, velocidade radial, trânsito fotométrico e imageamento direto. No link a seguir encontra-se simulações para alguns desses métodos: <https://exoplanets.nasa.gov/alien-worlds/ways-to-find-a-planet/#>.

Astrometria:

Esse método é o mais antigo usado para detecção de exoplanetas. Devido ao brilho da estrela ser muito maior do que o planeta (pois este só reflete a luz da estrela), somente ela é visível no céu. Por isso, busca-se observar o movimento relativo dessa estrela ao longo do tempo em comparação com outras estrelas projetadas no plano do céu. Se a estrela estiver sozinha seu movimento tangencial ao longo do tempo será retilíneo, mas se tiver algum companheiro ele não será em linha reta. Há uma oscilação perceptível de sua posição, pois ela se move em torno do centro de massa (gravidade) do sistema estrela-planeta, como mostra o esquema na parte superior da Figura 5.

Assim, quanto mais massivo for o planeta, maior será o deslocamento da estrela no plano do céu, haja vista que esse movimento é periódico, pois ele está orbitando-a, vide esse movimento representado na parte inferior da Figura 5. A astrometria apresenta melhor observação se o sistema estudado estiver perpendicularmente posicionado em relação à nossa linha de visada, ou seja, se for visto “de cima”. Além disso, há maior precisão se observado por observatórios espaciais onde não há poluição luminosa e nem interferência da atmosfera da Terra.

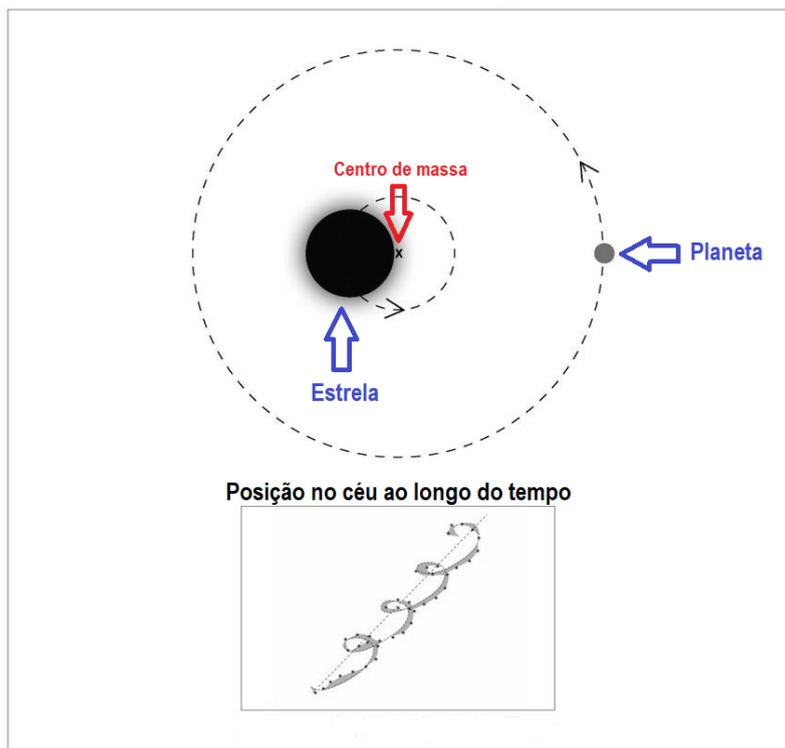


Figura 5. Representação do método de astrometria em cores fantasia. Parte superior: movimento do sistema planeta-estrela em relação ao centro de massa. Parte inferior: trajetória da estrela no céu ao longo do tempo. Créditos: ESA (editada).

Portanto, quando esse movimento de uma estrela é detectado, supõe-se que há algo próximo dela que está sendo responsável por esse deslocamento. Então, calcula-se a massa desse objeto e confirma-se (ou não) a presença de um planeta.

Velocidade Radial:

Esse método mede as variações da velocidade da estrela conforme ela e seu(s) planeta(s) orbitam o centro de massa, ou seja, quando se aproxima ou se afasta de nós. Nesse caso os sistemas são vistos “de lado” ao contrário do método da astrometria.

Essa detecção é feita pelo espectro de luz da estrela, ou seja, observa-se a variação das linhas espectrais de absorção da luz ao longo do tempo usando o Efeito Doppler, como mostra a Figura 6. Ou seja, podemos presenciar esse efeito quando uma ambulância com a sirene ligada passa por nós, o som é diferente quando ela está se aproximando o som é mais agudo e ao se afastar o som é mais grave, pois ocorre mudança de frequência.

Assim, quando a luz (fótons) de uma estrela passa pelo gás mais frio da sua atmosfera, há alguns comprimentos de onda (λ) que são absorvidos por ele, fazendo com que haja linhas pretas no espectro de luz. Em laboratório, pode-se estudar o espectro de absorção de vários elementos químicos, e por isso ao compará-los com o das estrelas, determina-se sua composição química.

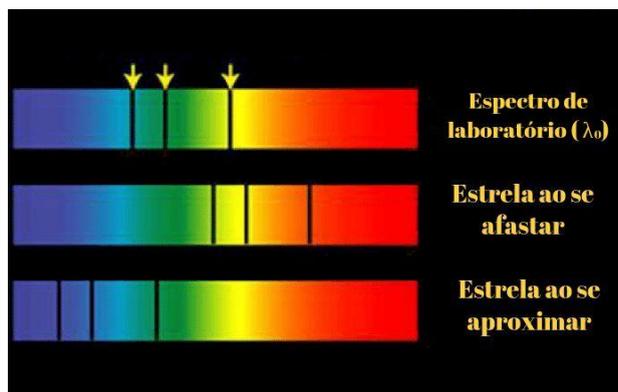


Figura 6. Deslocamento para o azul (blueshift) e para o vermelho (redshift) das linhas de absorção em relação a λ_0 . Créditos: SciElo Brasil.

Logo, ao observar o espectro de uma estrela nota-se linhas de absorção (pretas), e dependendo dos elementos químicos presentes, elas têm localizações muito específicas de comprimento de onda de referência (λ_0) determinadas em laboratório. Por isso, de modo análogo à sirene, ao observar o espectro de uma estrela com movimento radial em relação a nós, percebe-se que as linhas deslocam-se para o vermelho quando elas se afastam (redshift) e, quando se aproximam nota-se esse deslocamento para o azul (blueshift), como mostrados nas Figuras 6 e 7.

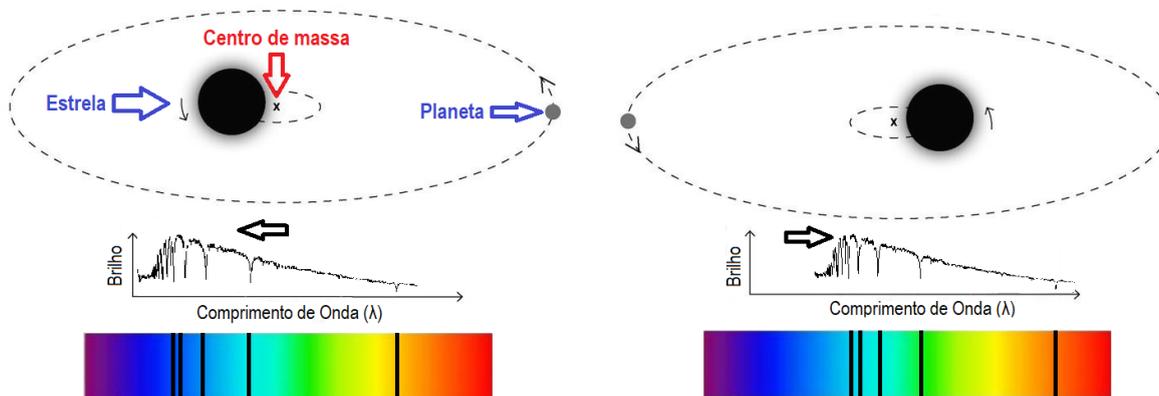


Figura 7. Representação do método das velocidades radiais em cores fantasia. Ao lado esquerdo: Aproximando de nós, deslocamento do espectro de luz para o azul. Ao lado direito: Afastando de nós, deslocamento do espectro de luz para o vermelho. Créditos: ESA (editada).

Através deste efeito é possível calcular a velocidade radial da estrela $v = c \Delta\lambda/\lambda_0$, onde $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ é a variação do comprimento de onda dessas linhas que estão deslocadas em relação ao espectro de laboratório (λ_0), e c é a velocidade da luz. Com esses dados faz-se gráficos dessa velocidade radial em relação ao período orbital do planeta e da estrela, como mostrado na Figura 8.

Telescópios na Escola

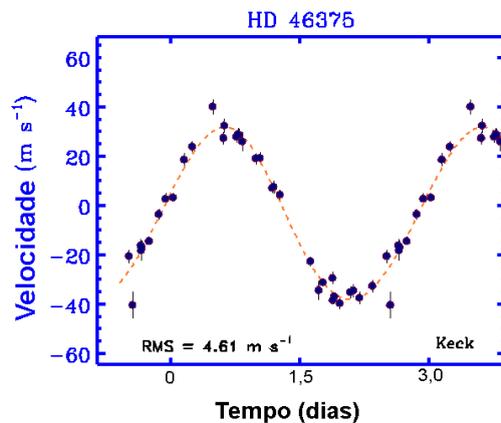


Figura 8. Exemplo da relação entre a velocidade radial de uma estrela e seu período orbital.
Créditos: IF-UFRGS.

Portanto, quando esse movimento periódico das linhas do espectro é detectado, supõe-se que há algo próximo dela que está sendo responsável por esse deslocamento. Então, calcula-se a massa desse objeto e confirma-se (ou não) a presença de um planeta.

Trânsito Fotométrico:

Esse método, recentemente desenvolvido, busca detectar a variação de brilho da estrela conforme o(s) seu(s) planeta(s) transita(m) diante dela, ou seja, “passam na sua frente” em relação ao observador, ou seja, nós na Terra. Assim, o plano orbital do planeta deve estar alinhado conosco (igual ao método de velocidade radial) para que possa ser detectada a variação de brilho conforme ocorre o eclipse, por isso, quanto maior for o planeta, mais pronunciado será o efeito, vide Figura 9.

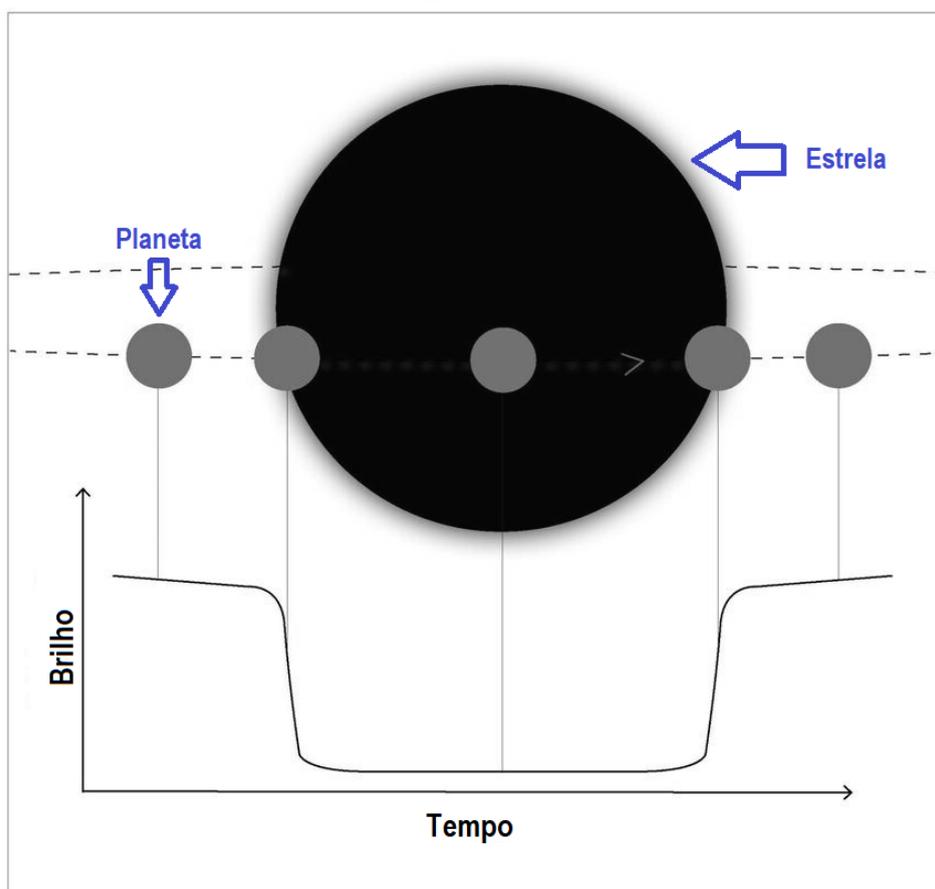


Figura 9. Representação do método de trânsito fotométrico em cores fantasia. Créditos: ESA (editada).

No link a seguir é possível ajudar cientistas a procurar sistemas exoplanetários através do método de trânsito, observando as curvas de luz de estrelas fornecidas pelo satélite TESS: <https://www.zooniverse.org/projects/nora-dot-eisner/planet-hunters-tess>.

Portanto, quando essa variação do brilho da estrela é detectada, supõe-se que há um ou mais planetas responsáveis pela diminuição do brilho da estrela.

Imageamento Direto:

Esse é o método menos comum que se baseia na detecção da luz do próprio exoplaneta. Como é muito difícil observá-los utilizando o comprimento de onda da luz visível/óptica ($\lambda \sim 400 \text{ nm}$ até 800 nm), porque o planeta hospedeiro não é tão brilhante quanto sua estrela (ele só reflete a luz da estrela) buscou-se formas alternativas que bloqueiam, a luz da estrela, sendo possível detectá-los (imageamento por coronógrafo), vide Figura 10. Para isso, a estrela precisa ser pouco luminosa e também o planeta estar suficientemente distante dela.

Outra forma, foi observá-los na banda de luz do infravermelho ($\lambda \sim 10^{-6} \text{ m}$ até 10^{-3} m), onde o brilho da estrela não atrapalha o do planeta (imageamento por interferometria), como mostra a Figura 11. Portanto, com esses métodos observa-se diretamente o planeta.

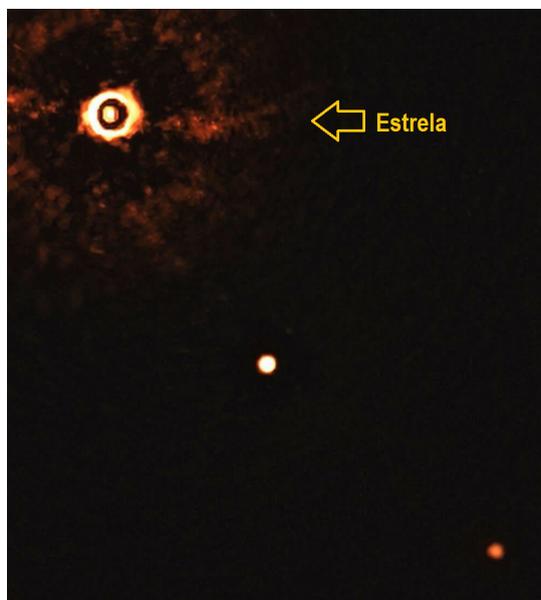


Figura 10. Método de imageamento por coronógrafo da estrela TYC 8998-760-1 acompanhada por dois exoplanetas gigantes. Créditos: ESO.

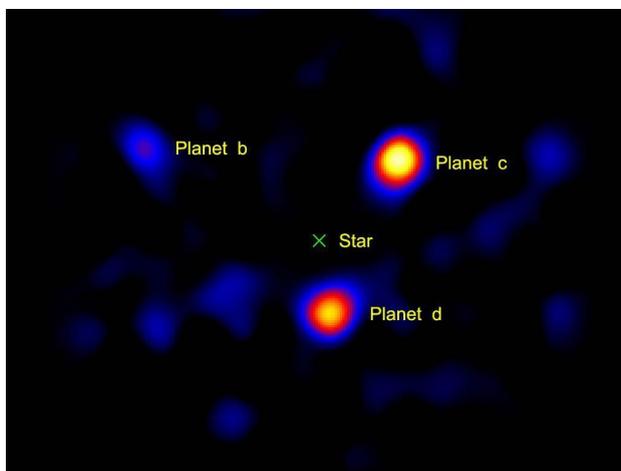


Figura 11. Método de imageamento por interferometria da estrela HR8799 e seus exoplanetas. Créditos: Universe Today.



Telescópios na Escola

Autoria e revisão

As autoras do texto foram as bolsistas do Programa Unificado de Bolsas da Pró-Reitoria de Cultura e Extensão, Liana Li e Yasmmin Ferreira Tamburus, com revisão do Sr. Messias Fidêncio Neto e da Profa. Vera Jatenco-Pereira – Observatório Abrahão de Moraes – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas – IAG/USP.

Fontes e bibliografia

E. Picazzio. O Céu que Nos Envolve, 2011. Departamento de Astronomia, IAG/USP
<https://www.iag.usp.br/astrofotografia/sites/default/files/OCeuQueNosEnvolve.pdf>

Science & Exploration - How to find an exoplanet. ESA.
http://www.esa.int/Science_Exploration/Space_Science/Cheops/How_to_find_an_exoplanet