

# Trânsito do exoplaneta WASP-26 b

Renata Treü, Sergio G. Silva, Denis H. Kulh, Maria A. Rodrigues

## Grupo Alfa Crucis

**RESUMO.** São apresentados aqui os resultados fotométricos da observação do trânsito do exoplaneta WASP-26 b, ocorrido em 9 de junho de 2019 e registrado no Observatório TUGA (Porto Feliz, SP, Brasil). Entre 06:16 UT e 08:57 UT, foram obtidas 618 imagens CCD brutas, das quais 574 foram usadas na redução fotométrica. A duração do trânsito segundo nossas medições foi de  $137.1 \pm 7.8$  minutos. A queda máxima de brilho (ou profundidade do trânsito) foi de  $0.0103 \pm 0.0011$  magnitude, ou seja, aproximadamente 10 milimagnitudes. A modelagem com base nesses dados indica um planeta de raio da ordem de  $1.27 \pm 0.07$  raio de Júpiter.

**Palavras-chave:** Exoplaneta. Trânsito. Fotometria. WASP.

## Transit of exoplanet WASP-26b

**ABSTRACT.** We present our results for the transit of exoplanet WASP-26 b, which took place on June 9, 2019. We observed from TUGA Observatory (Porto Feliz, SP, Brazil), obtaining 618 CCD frames from 06:16 UT to 08:57 UT. Out of those, 574 were used for the photometric reductions. Our data indicate a transit duration of  $137.1 \pm 7.8$  minutes and a transit depth of  $0.0103 \pm 0.0011$  magnitudes. Model-fitting our data for WASP-26b shows a radius equivalent to about  $1.27 \pm 0.07$  Jupiter radius for the exoplanet.

**Keywords:** Exoplanet. Transit. Photometry. WASP.

## 1. INTRODUÇÃO\*

No âmbito do programa do Grupo Alfa Crucis de observação de trânsitos de exoplanetas, iniciado em agosto de 2018 com o registro de um trânsito do exoplaneta WASP-77A b (NAPOLEÃO, T.A.; SILVA, S.G.; KULH, D.H., 2019, doravante citado como NSK19), foram observados entre os meses de junho e agosto de 2019 trânsitos de outros sete planetas extrassolares (WASP-123 b, WASP-26 b, HD189733 b, XO-1 b, WASP-110 b, TrES-3 b e WASP-2 b). Em dezembro de 2019 foram publicados, também no website do Grupo Alfa

Crucis (<http://alfacrucis.org/>), os resultados das observações do exoplaneta WASP-110 b, registrado no Observatório Orion, em Maringá, em 9-10 de agosto do mesmo ano (KULH, D.H. et al., 2019).

No presente artigo, são apresentadas as reduções e análises das observações de WASP-26 b, registrado no Observatório TUGA, em Porto Feliz, em 9 de junho de 2019. Oportunamente, serão também divulgados os resultados das observações dos demais exoplanetas citados.

Os métodos e condições para observação do trânsito de um exoplaneta já foram descritos em NSK19. É ali apresentado também um histórico das descobertas de planetas

---

\* Neste artigo será adotado o ponto (.) na notação de decimal.

extrassolares e são detalhados o funcionamento e as realizações do programa britânico de busca WASP (Wide Angle Search for Planets), responsável pela descoberta do exoplaneta WASP-26 b.

Como também é explicado em NSK19, é muito mais fácil – e portanto mais frequente – detectar exoplanetas próximos de sua estrela hospedeira que os que apresentem órbitas de maior raio. Em sua quase totalidade, esses exoplanetas próximos a sua estrela, cujo período vai de apenas um a dez dias, têm massas comparáveis à de Júpiter, o que fez com que viessem a ser conhecidos como *hot Jupiters*. Esse é o caso, como se detalhará abaixo, de WASP-26 b.

O exoplaneta WASP-26 b foi descoberto por meio da técnica de trânsito, que permite não só determinar acuradamente parâmetros como massa, raio e densidade como estudar propriedades atmosféricas. Ele foi detectado pela primeira vez pelas câmeras SuperWASP do Projeto WASP, que conta com um observatório robótico em La Palma, nas Ilhas Canárias, e outro em Sutherland, na África do Sul.

As câmeras SuperWASP-South realizaram observações da estrela hospedeira de WASP-26 b de 30 de junho de 2008 a 17 de novembro de 2008 e de 28 de junho de 2009 a 17 de novembro de 2009, obtendo no total 18 807 pontos de dados, que permitiram detectar a assinatura de possível trânsito.

O artigo da descoberta (SMALLEY et al., 2010) se embasa, além dos resultados de fotometria inicial das câmeras SuperWASP, nas medidas posteriores de fotometria óptica dos telescópios Faulkes (Siding Spring, na Austrália, e Haleakala, no Havaí) e nos dados de espectroscopia obtidos com o espectrógrafo Coralie, no telescópio Swiss (La Silla, no Chile), que confirmaram o trânsito.

Localizada na constelação de Cetus, a estrela hospedeira de WASP-26 b tem magnitude V de 11.3. Sua análise espectral forneceu, entre outros, os seguintes parâmetros: tipo espectral G0, temperatura efetiva de  $5950 \pm 100$  K, massa de  $1.12 \pm 0.03 M_{\odot}$  e raio de  $1.34 \pm 0.06 R_{\odot}$ .

Em conjunto com as medidas de velocidade radial obtidas por análise espectral, os dados de fotometria dos telescópios WASP e Faulkes permitiram deduzir, entre outros, os seguintes parâmetros do sistema planetário: período orbital de  $2.75660 \pm 0.00001$  dias, duração do trânsito de  $0.098 \pm 0.002$  dias, massa do planeta WASP-26 b de  $1.02 \pm 0.03$  massa de Júpiter, raio de  $1.32 \pm 0.08$  raio de Júpiter.

Há uma estrela próxima a WASP-26, a 15" e cerca de 2.5 magnitudes mais fraca. Como, de acordo com o artigo da descoberta, ambas as estrelas estavam dentro da abertura de redução de 3.5 pixels ( $\equiv 48''$ ), não era possível saber, apenas com a fotometria das câmeras SuperWASP, a qual das duas se devia a variação de brilho. Foi realizada então fotometria direcionada, confirmando-se a assinatura de trânsito em WASP-26.

Ainda segundo Smalley (2010), há evidência de que as duas estrelas estejam fisicamente associadas. Apesar disso, os 15" entre as duas, considerando-se uma distância de 250 pc, representam uma separação física de pelo menos 3 800 UA (correspondente a um período orbital de mais de 170 000 anos), tornando improvável alguma influência significativa na dinâmica do sistema planetário de WASP-26. Espera-se que a confirmação espectroscópica dos parâmetros estelares da companheira (de tipo K) melhore a determinação de distância do sistema.

Um dos desafios do presente trabalho era a observação de uma queda de brilho

muito reduzida, de cerca de 10 milimagnitudes (WRIGHT, 2018). Em NSK19 (p. 3) essas dificuldades já haviam sido salientadas e tinham sido expostos os requisitos para o registro, relacionados à operação dos equipamentos e dependentes das condições atmosféricas.

Em comparação com o trabalho anterior do Grupo Alfa Crucis de aquisição de dados de um trânsito de exoplaneta (WASP 77A b), o desafio representado por WASP 26 b era um pouco maior. Na observação de WASP-77A b, o gradiente de aproximadamente 24 milimagnitudes fora registrado com relativa facilidade, mas a exequibilidade de captar com os equipamentos disponíveis uma diferença de 10 milimagnitudes ainda era uma incógnita.

Além disso, duas outras circunstâncias davam um diferencial ao projeto de observação de WASP-26 b: a presença da estrela companheira de WASP-26, muito próxima, que impunha a adoção de uma estratégia específica ao realizar a redução fotométrica dos dados, e o fato de parte da observação ter sido feita já em horário de crepúsculo astronômico, fazendo com que ela funcionasse como uma espécie de teste para a obtenção de dados sob tais condições.

Detalhamos a seguir os procedimentos adotados para registro do trânsito de WASP-26 b, bem como para a redução e análise dos dados.

## 2. AQUISIÇÃO DOS DADOS

A observação é composta por diferentes fases: escolha do objeto, preparação instrumental e coleta de dados (aquisição). Para detectar uma variação de algumas milimagnitudes é necessário criar as melhores condições técnicas possíveis e selecionar objetos numa elevação e posição que favoreçam

a visibilidade e maximizem a utilização do equipamento.

### 2.1. Escolha do objeto

Existem diversas bases de dados com catálogos de exoplanetas, suas características e estimativas de efemérides de trânsito. Neste caso utilizamos, para a definição do objeto a ser observado, os dados disponíveis em <http://exoplanets.org/table>, adotando os seguintes parâmetros de pesquisa: TRANSIT = 1 and V <= 11.5 and DEC[deg] < 20 and DEPTH > 0.01.

Mais de 20 candidatos foram catalogados e ordenados em função das condições que mais favoreciam a observação do ponto de vista instrumental e logístico. A pesquisa resultou na escolha do trânsito de 9 de junho de 2019 do exoplaneta WASP-26 b.

Na região onde se encontra o observatório TUGA, os meses entre junho e setembro são os que têm maior probabilidade de céus limpos, e o objeto em questão começaria o trânsito por volta das 3:24 AM locais, estendendo-se até as 5:45 AM locais, com elevação começando em 35° e terminando em 67°, onde a poluição luminosa tem menor impacto.

### 2.2. Preparação instrumental

Foi efetuada a manutenção das partes ópticas do equipamento, incluindo limpeza e colimação, assim como o alinhamento polar da montagem mais preciso possível. Foram ainda realizados um balanceamento cuidadoso do sistema e uma sessão de testes na estrela para determinar filtro, binning a usar e estimativa de tempos de exposição, além de testes de guiagem, foco automático e equalização de temperatura – lembrando que a placa corretora dispõe de um sistema de

controle térmico, de forma a evitar a formação de orvalho com base na temperatura e umidade ambiente, e que há um mecanismo de arrefecimento do espelho primário.

O sistema instrumental está constituído primariamente pelos componentes:

- OTA Celestron C11 EdgeHD
- Redutor focal Optec Lepus F6.3
- Starguider Off-Axis Guider
- Filtro ZWO RGB Verde
- Roda de filtros ZWO
- Câmera Atik 414Ex CCD
- Câmera guia Orion SSAG pro
- Montagem iOptron CEM-60

O campo de visão da CCD foi de 17x12 minutos de arco, tendo a opção de utilizar binning = 1 ou 2, em função principalmente das condições atmosféricas, sensibilidade etc.

A guiagem feita de forma *off-axis* permite maior precisão nas correções necessárias em distâncias focais tão elevadas (acima de 1500 mm). O teste final permitiu guiagem sem impactos visuais na imagem por mais de 300 segundos. É importante aliar uma boa guiagem a um bom alinhamento polar de forma a evitar que a rotação do campo ao longo da noite afete as estrelas de comparação. Na figura abaixo podemos ver alguns desses componentes.

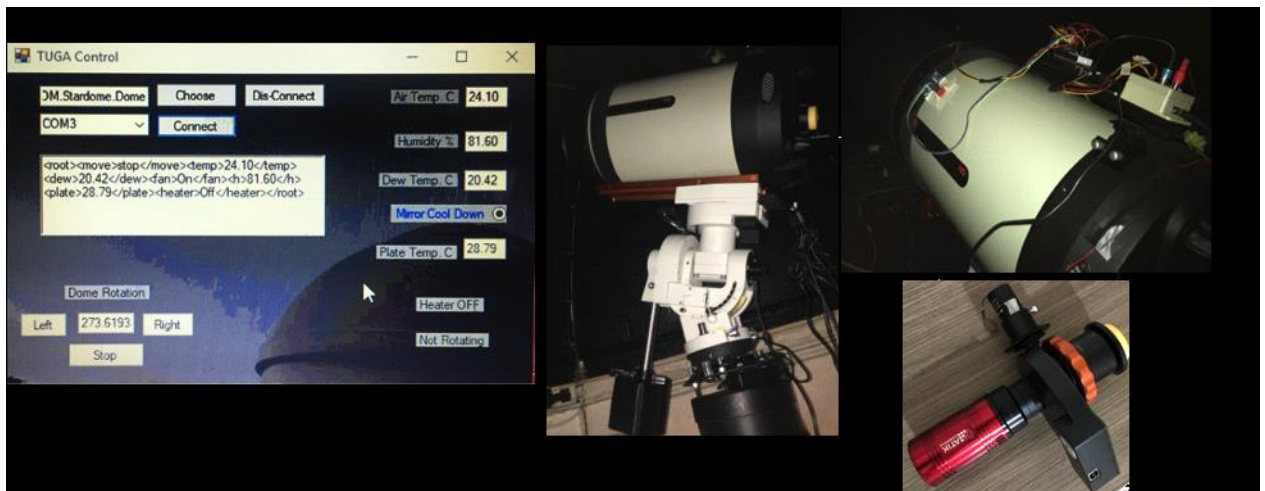


Figura 1. Esquerda: TUGA Control – software de controle desenvolvido para melhorar a performance do sistema óptico. Centro: montagem iOptron CEM-60. Direita: detalhe do hardware de controle de temperatura baseado em Arduino e câmera CCD ATIK 414Ex.

### 2.3. Coleta de dados (aquisição)

Na noite de 8 para 9 de junho de 2019 a equipe trabalhou no observatório TUGA, em Porto Feliz, São Paulo, para efetuar a aquisição de dados in loco. O equipamento foi operado utilizando acesso remoto ao computador na cúpula. Tendo como base as imagens de teste e em função do FWHM medido, foi determinado o tempo de exposição de 7 segundos por imagem para que os ADUs ficassem na região de linearidade da

sua resposta (entre 20% e 80% ADUs). Foi usado um filtro verde, com base na bem-sucedida experiência de detecções anteriores. Os parâmetros gerais da captura foram:

- Seeing (FWHM) 3 a 5
- Dark: Automático
- Escala de placa 1.51 arcsec/pixel
- ADUs: 20% a 80%
- Temperatura do sensor: -15 °C
- Tempo de exposição: 7 s
- Intervalo: 7 s



- Início de captura: 2019-06-09  
06:16:33 UT
- Fim de captura: 2019-06-09  
08:57:25 UT
- Número de imagens: 618
- Flats: 10
- Bias: 10
- SW (captura e guiagem):  
Maxim DL 5

### 3. REDUÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Com a experiência adquirida pelo Grupo Alfa Crucis na observação e redução de dados do exoplaneta WASP-77 b, descritas em NSK19, e seguindo as orientações de Conti (2018) e Boyce (s/d), foi possível estabelecer critérios de exclusão e de importância tanto para a fase de preparação quanto para a redução propriamente dita.

Alguns testes foram feitos e verificou-se que, para WASP-26 b, alguns métodos, apresentados a seguir, se mostravam mais promissores que outros.

#### 3.1. Preparação

Durante o exame visual das 618 imagens obtidas, verificou-se que 12 delas mostravam defeitos, tais como hot pixels e imagens borradas, conforme a Figura 2, abaixo:

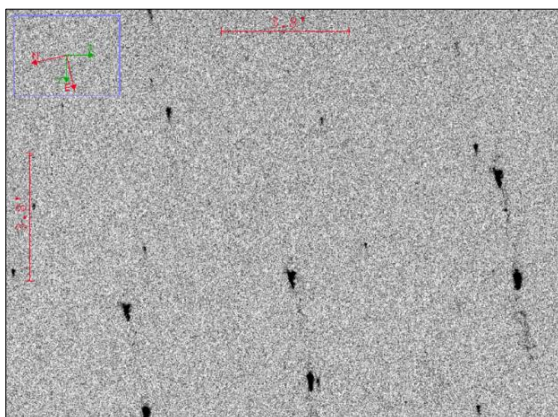


Figura 2. Exemplo de imagem com defeito visual.

Além disso, devido a problemas técnicos com a câmera de guiagem durante a aquisição, houve consideráveis deslocamentos do campo de visão nas imagens de nú-

mero 440 a 476. Uma solução, apresentada por Conti (2018), seria a realização de *plate solve* na primeira imagem de cada bloco onde ocorressem tais deslocamentos.

No entanto, como se tratava de imagens que ocorriam após a metade do trânsito, não afetando nem a entrada nem a saída do exoplaneta – ou seja, a duração do trânsito –, optou-se pela retirada dessas 37 imagens sequenciais, assumindo-se que o erro de medição do fluxo da estrela-alvo seria menor sem elas; esse bloco de imagens, que totaliza 6 minutos, teria exigido a utilização de aros para fotometria muito grandes, que poderiam comprometer a qualidade e precisão da medição – ver mais sobre isso no item 3.2.3. Outra vantagem, ao preferir o processo de *plate solve*, foi garantir que a estrela-alvo e as estrelas de comparação nas imagens restantes estivessem registradas preferencialmente no mesmo pixel da CCD, reduzindo ainda mais a dispersão dos fótons obtidos.

Ao final, 574 das 618 imagens científicas foram aprovadas para a fase de redução.

#### 3.2. Redução

Para a redução de dados deste trabalho foi utilizado o software AstroImageJ (AIJ), criado e disponibilizado por Dennis Conti, de acordo com as etapas a seguir:

##### 3.2.1. Calibração

A etapa de calibração visa preparar as imagens para a fotometria diferencial, retirando interferências que o equipamento possa ter introduzido na captação dos fótons.

Foram usadas, nesse processo, 10 imagens de flat frames e 10 imagens de bias frames. Não foram utilizadas imagens de dark frames, uma vez que as imagens científicas já haviam sido processadas com auto dark.

Como produto desta etapa, foram geradas 574 imagens calibradas, a partir das quais foi realizada a fotometria diferencial.

### 3.2.2. Alinhamento

Apesar de a maior parte das imagens onde havia deslocamento sensível da estrela-alvo no campo de visão já terem sido eliminadas na fase de preparação, foi realizado um alinhamento usando o recurso Align Stack Using WCS or Apertures do AIJ, de modo a garantir que a estrela-alvo permanecesse dentro do aro de fotometria.

### 3.2.3. Fotometria diferencial

A fotometria diferencial é o processo pelo qual conseguimos medir a relação entre o fluxo da estrela-alvo e os fluxos das estrelas de comparação presentes no campo de visão. Como o AIJ trabalha com a diferença entre fluxos e não entre magnitudes, não é preciso conhecer esses valores para as estrelas no campo.

Apesar disso, é preciso verificar se nenhuma delas é variável, precisando portanto ser descartada por seu brilho ser inconstante. Através da comparação do nosso campo de visão com o proveniente do Aladin Sky Atlas, foi possível confirmar que nenhuma das estrelas de comparação escolhidas é variável. A realização, ao mesmo tempo, de *plate solve* em uma das imagens permitiu descartar pontos que na verdade correspondiam a galáxias, como NGC 73.

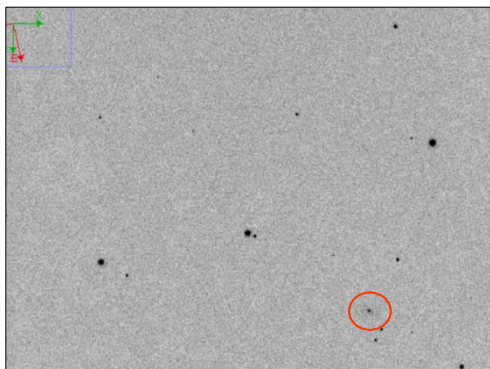


Figura 3. Galáxia NGC 73.

Com as imagens científicas calibradas e alinhadas carregadas no software, o AIJ oferece uma sugestão de tamanho para os aros do fotômetro, através da ferramenta Seeing Profile, conforme a Figura 4, abaixo:

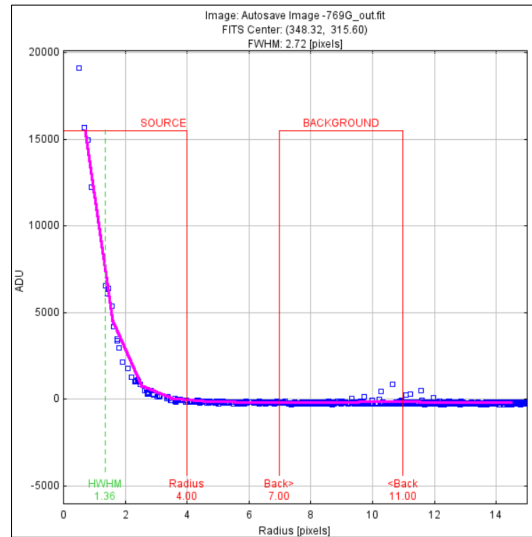


Figura 4. Seeing Profile – Parâmetros do fotômetro sugeridos para o objeto WASP-26 b.

Ao testar, porém, os valores sugeridos (4, 7 e 11), constatou-se que o diâmetro correspondente à estrela-alvo na imagem em certos casos ultrapassava a medida do aro mais interno do fotômetro. Empiricamente, chegou-se aos valores de 6, 9 e 14 – o primeiro referente ao aro interno, que captura os fótons da fonte, e os dois últimos correspondentes à área cuja medida é utilizada para compensação do fundo de céu (*sky-background*) – ver Figura 5, a seguir:

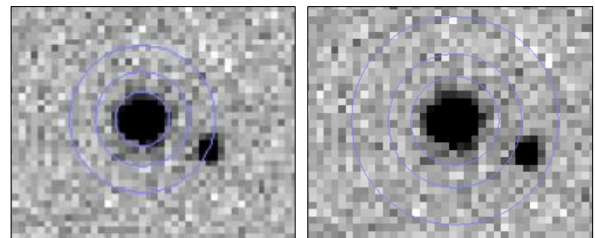


Figura 5. Diferença entre os aros do fotômetro. Na esquerda, utilizando o padrão predefinido pelo AIJ, percebe-se que parte da estrela ultrapassa a delimitação do aro interno do fotômetro. Na direita, com os novos valores adotados.

Levou-se em consideração a presença da estrela companheira que está a 15" da estrela-alvo (10 px na escala de placa 1.51 arcsec/px) e que poderia comprometer a medição do fundo de céu. Felizmente, conforme descrito por Collins et al. (2017, p. 6), por padrão, o AIJ realiza um algoritmo interativo de limpeza da região de fundo de céu ( $2\sigma$  cleaning) para identificar e rejeitar pixels que contenham estrelas e outras anomalias. Assim, na prática, a interferência da estrela companheira foi completamente anulada pelo algoritmo de medição.

Com o fotômetro definido, foi realizada a fotometria diferencial entre a estrela-alvo e outras duas estrelas de comparação, presentes nas 574 imagens (Figura 6). Além dos critérios descritos anteriormente, estrelas muito próximas às bordas foram desconsideradas por poderem sair do campo de visão em alguma das imagens e pelo decaimento da linearidade da CCD.

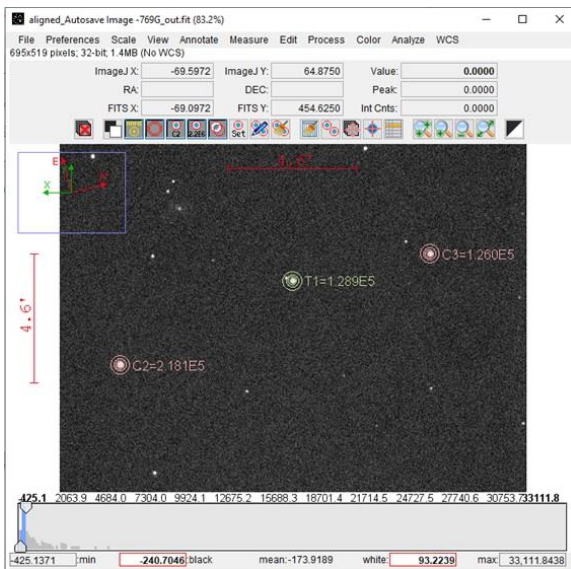


Figura 6. Estrelas de comparação para fotometria diferencial do objeto WASP-26 b. Em verde, a estrela-alvo.

Com o resultado fotométrico, foi possível analisar então os dados obtidos para WASP-26 b.

### 3.3. Análise

Antes de proceder aos cálculos de modelagem de trânsito, optamos por diminuir a dispersão das medidas de fluxo presentes naturalmente em aquisições realizadas com equipamentos amadores, conforme procedimento já discutido e utilizado em NSK19 e em Kulh et al. (2019). Assim, fizemos um tratamento estatístico dos resultados fotométricos obtidos na fase de redução, calculando a média de grupos de pontos adjacentes (tanto da magnitude quanto da Data Juliana de cada ponto).

Para determinar sobre quantos pontos a média de cada grupo deveria ser calculada e, ao mesmo tempo, garantir um bom compromisso entre dispersão fotométrica e resolução temporal, também neste trabalho adotamos o procedimento iniciado na análise dos dados de WASP-110 b (KULH et al., 2019), que consiste em maximizar o índice temporal de qualidade de dados de acordo com a seção 3.2 do trabalho de Poddaný (2010) sobre a redução e processamento de dados fotométricos de trânsito de exoplanetas. Tal índice é definido conforme o Quadro 1, abaixo:

$$\alpha = (\delta / S) * \rho^{1/2}$$

Onde:

- $\alpha$  é um índice temporal de qualidade de dados;
- $\delta$  é a profundidade medida do trânsito;
- $S$  é o desvio médio absoluto entre os dados e o modelo ajustado;
- $\rho$ , que representa a taxa de amostragem de dados, é igual a  $N/l$ , onde  $l$  é a duração da sessão de observação em minutos e  $N$  o número de pontos.

Quadro 1. Índice temporal de qualidade de dados (Poddaný, 2010).

Obteve-se, no presente trabalho, um valor maximizado do índice de qualidade (indicando um bom compromisso entre a taxa

de amostragem  $\rho$  e o valor de dispersão  $S$ ) agrupando os 574 pontos resultantes da fotometria diferencial em grupos de cinco elementos (média de cinco pontos adjacentes). Com isso, o número de pontos passou a ser  $N = 115$  para uma sessão de observação de cerca de 160 minutos, resultando em um índice de qualidade  $\alpha = 2.6$ , conforme detalhado no Quadro 2 e na Figura 7, a seguir:

$\delta = 0.0103 \text{ mag (10.3 mmag)}$
$S = 3.4 \text{ mmag}$
$\rho = 115 / 160 = 0.72 \text{ amostras/minuto}$
$\alpha = (\delta / S) * \rho^{1/2} = 2.6$

Quadro 2. Cálculo do índice de qualidade.

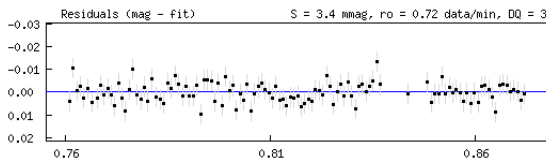


Figura 7. Análise residual para cálculo da dispersão  $S$  (ETD, 2019).

Utilizando essa configuração de agrupamento, os dados foram submetidos ao procedimento de ajuste da curva de luz (PEJCHA, 2008). O modelo obtido da curva de luz pode ser visto na Figura 8, abaixo:

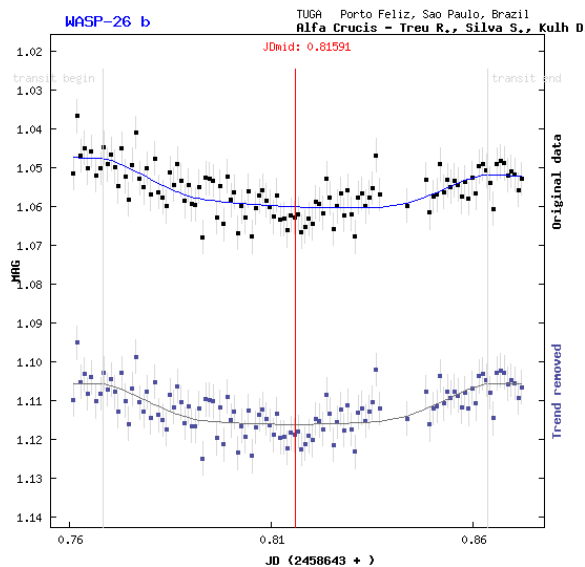


Figura 8. Em cima: Curva de luz ajustada aos dados originais. Em baixo: Curva de luz ajustada aos dados com a tendência removida (ETD, 2019).

Note-se que, na segunda metade do trânsito, há um pequeno hiato de cerca de 6 minutos devido à supressão de imagens por problemas técnicos com a câmera de guia-gem, mas isso não impediu o ajuste perfeito de uma curva de luz e a obtenção dos principais parâmetros do trânsito, isto é, do valor do seu instante central HJD ou JD, de sua duração total, além de sua profundidade, conforme pode ser visto na Figura 9, abaixo:

Mid transit JDmid:	2458643.81688 +/- 0.0022	
Mid transit HJDmid:	2458643.81591 +/- 0.0022	(helcor = -0.00097)
Mid transit - UTC:	2019-06-09 07:36:18	
Transit duration:	137.1 +/- 7.8	minut
Transit depth:	0.0103 +/- 0.0011	mag
Submitted data: heliocentric based on UTC		

Figura 9. Parâmetros obtidos através do protocolo de ajuste do modelo da curva de luz do trânsito aos nossos dados (ETD, 2019).

Por fim, a Figura 10 sintetiza os resultados astrofísicos derivados dos dados ajustados numericamente pelo método de Pejcha (2008).

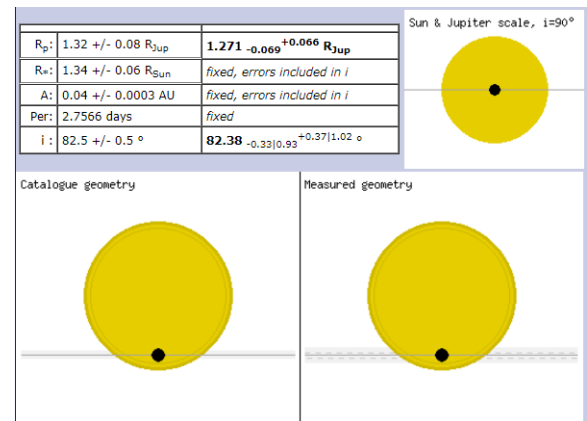


Figura 10. Quadro superior: Resultados astrofísicos derivados do processo de ajuste.

Imagens: Comparação gráfica das geometrias do Sol, Júpiter e do sistema medido neste trabalho (ETD, 2019).

É admirável como a geometria do trânsito observado está coerente com a geometria de catálogo, conforme a figura acima. Isso pode ser evidenciado ao comparar o fator de impacto  $i = 82.38$ , considerando sua margem de erro, com o valor de catálogo  $i = 82.5$ .



Além disso, pode-se observar que o raio obtido do planeta  $R_p$  é cerca de 30% maior que o raio de Júpiter e que, considerando sua margem de erro, também está coerente com o valor de catálogo.

#### 4. DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Além das condições observacionais favoráveis apresentadas pelo trânsito na madrugada de 9 de junho de 2019 – condições meteorológicas, céu sem lua e posição da estrela-alvo no céu, houve três novos desafios que influenciaram a escolha de WASP-26 b como objeto de estudo:

- (i) Detecção de uma queda de brilho durante o trânsito muito menor que 20 mmag (intensidade, até então, não submetida ao conjunto instrumental disponível);
- (ii) Verificação da possível influência do crepúsculo astronômico enquanto o trânsito ainda estava acontecendo (efeito no sinal-ruído das medições, já que a técnica de redução do presente trabalho utilizou um fotômetro de abertura com subtração do *sky-background*); e
- (iii) Evitar a influência de uma estrela visualmente muito próxima à estrela-alvo, que poderia comprometer a qualidade dos dados reduzidos.

Conforme resultados obtidos e apresentados neste trabalho, pudemos concluir que o conjunto instrumental utilizado, aliado à técnica de redução aplicada, conseguiu detectar, durante o trânsito, a sutil queda de fluxo da ordem de 10 mmag da estrela-alvo, confirmando assim tanto a capacidade instrumental de aquisição do TUGA como o potencial operacional do grupo Alfa Crucis

no processo de redução de dados. Com esse limite instrumental validado para o equipamento utilizado, teremos uma maior gama de candidatos às futuras observações, já que não estaremos mais limitados ao parâmetro antes verificado no trabalho de observação de WASP-77 b (cerca de 24 mmag).

Sobre o segundo desafio, houve uma interseção de pelo menos 18 minutos na etapa final do trânsito com o período do crepúsculo astronômico, visto que este teve seu início às 05:27 AM locais e o trânsito ocorreu entre 3:24 AM e 5:45 AM locais. Apesar disso, o SNR medido nas imagens registradas não apresentou mudança significativa, de modo que os dados puderam ser utilizados sem prejuízo à fotometria diferencial.

Por fim, como descrito no item 3.2.3. *Fotometria diferencial*, o ajuste do aro do fotômetro usado pelo AIJ possibilitou delimitar o aro central de captura somente na estrela-alvo, mas a estrela companheira (a 15" de distância angular) ficou na região de medição do fundo de céu. Ainda assim, graças ao filtro  $2\sigma$  *cleaning* aplicado pelo AIJ na medida do fundo de céu, a influência do brilho da companheira pôde ser completamente neutralizada pelo algoritmo de medição, resultando em um conjunto de dados fotométricos de ótima precisão para a fase de modelagem do trânsito.

Os resultados e a modelagem obtidos após a redução são compatíveis com os dados da descoberta, assim como das outras 10 observações anteriores registradas no banco de dados ETD do TRESKA. É alentador que tanto a geometria do trânsito quanto o parâmetro de raio do exoplaneta WASP-26 b obtidos como resultado deste trabalho estejam de acordo com os valores de catálogo, confirmando a adequação dos recursos instrumentais e dos procedimentos de análise e redução utilizados.

Agradecemos a Patricia Aguiar, Flávio Cintra e Fernando Parmegiani pelas amostras geradas nos processos de comparação de resultados e pela participação ativa nos workshops de redução, e a Tasso Napoleão pela iniciativa do programa de observação de trânsitos de exoplanetas do Alfa Crucis e pela orientação.

## 5. REFERÊNCIAS

ALADIN Sky Atlas. Disponível em: <<https://aladin.u-strasbg.fr/aladin.gml>>.

ANDERSON, D.R. et al. Spin-orbit measurements and refined parameters for the exoplanet systems WASP-22 and WASP-26. *Astronomy & Astrophysics* 534, A16, 2011. Disponível em: <<https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2011/10/aa17597-11.pdf>>.

BOYCE, G. *The AIJ Cookbook*. Ed. Dennis Conti. S/d. Disponível em: <<http://astrodennis.com/AIJCookbook.pdf>>.

COLLINS, K. A. et al 2017, *AJ*, 153, 77. Disponível em: <<https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-3881/153/2/77/pdf>>.

CONTI, D. *A Practical Guide to Exoplanet Observing*. Revision 4.0. 2018. Disponível em: <<http://astrodennis.com/Guide.pdf>>.

ETD – WASP-26 data website. 2019. Disponível em: <<http://var2.astro.cz/ETD/etd.php?STARNAME=WASP-26&PLANET=b>>.

KULH, D. H.; COLESANTI, Carlos A. OLIM, Ester C.; MANTOVANI, Luiz O.; NAPOLEÃO, Tasso A.; SILVA, Wellerson L. Trânsito do exoplaneta WASP-110 b,

2019. Disponível em: <<https://alfacrucis.org/fotometria/wasp-110b/>>.

NAPOLEÃO, T.A.; SILVA, S.G; KULH, D.H. Trânsito do exoplaneta WASP-77A b, 2019 (NSK19). Disponível em: <<https://alfacrucis.org/fotometria/wasp-77/>>.

NASA Exoplanet Archive website. 2019. Disponível em: <<https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/>>.

PEJCHA, O. Exoplanet Transit Parameters from Amateur-Astronomers Observations. 2008. Disponível em (Exoplanet Transit Database): <<http://var2.astro.cz/ETD/FitProcedureDescription-Pejcha2008.pdf>>.

PODDANÝ, S.; BRÁT, L.; PEJCHA, O. *New Astronomy* 15, pp. 297-301, Exoplanet Transit Database. Reduction and processing of the photometric data of exoplanet transits (arXiv:0909.2548v1), 2010. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/0909.2548>>.

SCHNEIDER, J. The Extrasolar Planets Encyclopaedia website. 2018. Disponível em: <<http://exoplanet.eu/>>.

SMALLEY, B. et al. WASP-26b: a 1-Jupiter-mass planet around an early-G-type star. *Astronomy & Astrophysics* 520, A56, 2010. Disponível em: <<https://www.aanda.org/articles/aa/pdf/2010/12/aa14705-10.pdf>>.

WASP website. 2019. Disponível em: <<https://wasp-planets.net/>>.

WRIGHT, J.T. Exoplanet Orbit Database. Atualizado até junho de 2018. Disponível em: <[http://exoplanets.org/detail/WASP-26\\_b](http://exoplanets.org/detail/WASP-26_b)>.