

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ  
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza - CCMN  
Observatório do Valongo - OV

# **Caracterização Estelar e Exoplanetária a partir de Espectros APOGEE**

Fábio Carneiro Wanderley

Orientador: Diogo Souto

Trabalho de Conclusão de Curso para Obtenção do Título de Astrônomo

Fábio Carneiro Wanderley

**Caracterização Estelar e Exoplanetária a partir de  
Espectros APOGEE**

Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ  
Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza - CCMN  
Observatório do Valongo - OV

Orientador: Diogo Souto

Brasil  
2019

---

Fábio Carneiro Wanderley

Caracterização Estelar e Exoplanetária a partir de Espectros APOGEE/ Fábio Carneiro Wanderley. – Brasil, 2019-

137 p.

Orientador: Diogo Souto

Trabalho de Conclusão de Curso para Obtenção do Título de Astrônomo – Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ

Centro de Ciências Matemáticas e da Natureza - CCMN

Observatório do Valongo - OV, 2019.

1. exoplanetas. 2. estrelas. 3. habitabilidade. 4. anãs M. 5. espectroscopia  
6. abundâncias I. Diogo Souto. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro. III. Faculdade de Astronomia. IV. Caracterização Estelar e Exoplanetária a partir de Espectros APOGEE

CDU 02:141:005.7

---

Fábio Carneiro Wanderley

**Caracterização Estelar e Exoplanetária a partir de  
Espectros APOGEE**

---

**Diogo Souto**  
Orientador

---

**Professor**  
Convidado 1

---

**Professor**  
Convidado 2

Brasil  
2019

*Este trabalho é dedicado a todos os cientistas que nunca se cansam na busca pelo desconhecido.*

# Agradecimentos

Gostaria de agradecer a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram e me apoiaram durante essa graduação, em especial, meu pai, minha mãe, meu irmão, vó Marly, meus amigos, assim como professores e colegas do Valongo.

Agradeço também ao meu orientador Diogo Souto, que desde o começo do projeto tem me dado total suporte, estando sempre presente, me auxiliando em todas as etapas e respondendo às minhas muitas dúvidas. O conhecimento e experiência que adquiri foram inestimáveis e fundamentais para o meu crescimento, a isso meu muito obrigado!

Por fim, gostaria de agradecer a minha amiga, companheira e namorada Gabriela Ruddy, que não só me apoiou, mas também me incentivou a largar meu emprego e carreira aos 27 anos, para seguir o sonho de fazer astronomia e ser um cientista. Foi uma decisão difícil, e trouxe consigo muitos obstáculos não só a mim como aos nossos planos para o futuro. O seu apoio e amor incondicional e constante durante estes anos foi crucial para a realização deste sonho, a isso sou eternamente grato!

*“The most beautiful thing we can  
experience is the mysterious. It is  
the source of all true art and science.”  
(Albert Einstein)*

# Resumo

Este trabalho tem como objetivos principais realizar uma revisão bibliográfica do campo de estudo de exoplanetas e analisar a habitabilidade planetária para uma amostra de exoplanetas que orbitam estrelas FGK e anãs M, fazendo uso dos dados do *survey* APOGEE (*Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment*). A revisão bibliográfica aborda os principais temas relativos ao estudo de exoplanetas, tais como métodos de detecção, parâmetros estelares e exoplanetários, além da apresentação da base de exoplanetas da NASA (*Nasa Exoplanet Archive*), e do *survey* APOGEE. A análise de habitabilidade foi realizada para uma amostra de 29 exoplanetas de estrelas anãs M (referentes a 19 estrelas) e 261 exoplanetas de estrelas FGK (referentes a 141 estrelas), totalizando 290 exoplanetas (referentes a 160 estrelas). Este trabalho apresenta um foco especial em exoplanetas que orbitam anãs M. As análises de habitabilidade utilizaram dados estelares e exoplanetários obtidos de diversas fontes, entre elas: base de Exoplanetas da NASA, ASPCAP (*APOGEE Stellar Parameters and Chemical Abundances Pipeline*), calibrações fotométricas e síntese espectral. Neste trabalho, foi realizada síntese espectral em 1-D ETL (equilíbrio termodinâmico local) e geometria plana-paralela por meio do programa Turbospectrum, fazendo uso de interpolação de modelos de atmosferas MARCS. Determinamos parâmetros atmosféricos ( $T_{ef}$  e  $\log g$ ) e abundâncias químicas para 5 elementos (C, O, Mg, Si e Fe). Determinamos parâmetros exoplanetários tais como temperatura de equilíbrio e grau de insolação. Um total de 17 exoplanetas da amostra se encontram dentro da zona habitável de suas respectivas estrelas, dos quais 6 orbitam estrelas anãs M (GJ 273 b, GJ 625 b, GJ 687 b, Kepler-1410 b, Kepler-186 f e Ross 128 b). Adicionalmente, segundo os critérios adotados na análise de razões de abundâncias C/O e Mg/Si, um total de 57 estrelas possuem uma maior possibilidade de abrigar exoplanetas rochosos com estrutura interna similar a Terra. Dessas, 5 são anãs M e abrigam 6 exoplanetas (GJ 273 b, GJ 273 c, GJ 625 b, GJ 687 b, Kepler-1651 b e Ross 128 b). Por fim, foi realizada uma análise de relações massa-raio, com o objetivo de determinar exoplanetas com maiores probabilidades de serem rochosos. Nenhum dos exoplanetas que atenderam aos critérios anteriores de habitabilidade foram elegíveis para essa análise, que trouxe 5 exoplanetas de estrelas FGK e um de estrelas anãs M (Kepler-138 c) da amostra classificados como tendo maiores probabilidades de serem rochosos.

**Palavras-chaves:** exoplanetas - estrelas - habitabilidade - anãs M - espectroscopia - abundâncias químicas.



# Abstract

The major goals of this work are making a bibliographic review of the exoplanet field and study the planetary habitability for a sample of exoplanets orbiting FGK and M dwarf stars, using the data from the APOGEE (Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment) survey. The bibliographic review approaches the most important topics relative to the study of exoplanets, such as detection methods, stellar and exoplanetary parameters, as well as the presentation of the NASA Exoplanet Archive and the APOGEE survey. The analysis of the exoplanetary habitability was done for a sample of 29 exoplanets orbiting M dwarf stars (corresponding to 19 stars) and 261 exoplanets orbiting FGK stars (corresponding to 141 stars), totaling 290 exoplanets (corresponding to 160 stars). This work focus on exoplanets that orbit M dwarf stars. The habitability analysis uses stellar and exoplanetary data obtained from various sources, such as Nasa Exoplanet Archive, ASPCAP (APOGEE Stellar Parameters and Chemical Abundances Pipeline), photometric calibrations and spectral synthesis. In this work, we performed spectral synthesis in 1-D LTE (local thermodynamic equilibrium) and plane-parallel geometry through the Turbospectrum code, by interpolating the MARCS models of atmosphere. We determined atmospheric parameters ( $T_{eff}$  and  $\log g$ ) and chemical abundances for 5 elements (C, O, Mg, Si e Fe). We determined exoplanetary parameters, such as equilibrium temperature and insolation flux. A total of 17 exoplanets of this work are located inside their stars habitable zone, from which 6 orbits M dwarfs stars (GJ 273 b, GJ 625 b, GJ 687 b, Kepler-1410 b, Kepler-186 f and Ross 128 b). Additionally, according to the criteria adopted in the analysis of the C/O and Mg/Si abundance ratios, a total of 57 stars presents a more significant possibility of hosting exoplanets that have similar internal structures as the Earth. From which, five are M dwarfs stars and hosts six exoplanets (GJ 273 b, GJ 273 c, GJ 625 b, GJ 687 b, Kepler-1651 b, and Ross 128 b). Finally, we performed a mass-radius relation analysis intending to categorize exoplanets most likely to be rocky. None of the exoplanets that attended the previous habitability criteria was eligible for this analysis, that brought only five exoplanets from the FGK sample and one from the M dwarfs sample (Kepler-138 c) most likely to be rocky.

**Key-words:** exoplanets - stars - habitability - M dwarfs - spectroscopy - chemical abundances.

# Lista de ilustrações

Figura 1 – Distribuição de exoplanetas confirmados por método de detecção, de acordo com a base de exoplanetas da NASA do dia 01/03/2019. . . . .	22
Figura 2 – A imagem ilustra as configurações <i>edge-on</i> (direita) e <i>face-on</i> (esquerda). Se analisarmos as configurações com a ótica do método de detecção via trânsitos planetários, percebemos que, ao passo que órbitas planetárias em configurações <i>edge-on</i> apresentam oscilações periódicas no fluxo, as configurações <i>face-on</i> não apresentam nenhum sinal da existência do planeta em suas curvas de luz. Adicionalmente, se analisarmos com a ótica do método de velocidade radial, percebemos que ao passo que órbitas com a configuração <i>edge-on</i> apresentam componentes tangencial e radial da velocidade, órbitas <i>face-on</i> só apresentam componente tangencial. Assim, quão mais próxima a órbita da configuração <i>edge-on</i> , mais sensível é o sistema a ambos os métodos. Crédito da figura: Nora Eisner. . . . .	24
Figura 3 – Imagem extraída de Deming et al. (2019) que ilustra as geometrias utilizadas no método de trânsito planetário. A Figura mostra que a atmosfera planetária pode ser estudada tanto a partir do trânsito propriamente dito, como pelo eclipse planetário. . . . .	26
Figura 4 – A imagem ilustra a diferença entre a profundidade de trânsito de um exoplaneta que orbita uma estrela do tipo solar (anã G), com a de um exoplaneta que orbita uma anã M. Como estrelas anãs M possuem menores raios, seus sistemas planetários tendem a apresentar maiores profundidades de trânsito, assim, são mais sensíveis ao método de detecção via trânsitos planetários. Crédito da figura: Nora Eisner. . . . .	27
Figura 5 – Imagem extraída de Lund et al. (2017). A Figura compara a cobertura espectral dos satélites Kepler e Tess normalizados para o valor máximo de 1 com as bandas do sistema fotométrico de banda-larga Johnson-Cousins normalizados para o valor máximo de 0,6. . . . .	33
Figura 6 – Distribuição de exoplanetas da base da NASA, com base nos valores de temperatura efetiva, semieixo maior e raio planetário (os dois últimos em escala logarítmica). O gráfico só considera os exoplanetas que possuem as 3 medidas na base, o que totaliza 1426 exoplanetas (foram desconsiderados no gráfico os dois exoplanetas da estrela KOI-55, devido ao alto valor de $T_{ef}$ da estrela, o que prejudica a visualização dos dados). . . . .	36

- Figura 7 – Distribuição de exoplanetas da base da NASA, com base nos valores de raio e massa planetários (em escala logarítmica) em função da metalicidade. As curvas cinza, azul e vermelha representam respectivamente exoplanetas com densidades médias:  $\rho_p = \rho_{\oplus}$ ,  $\rho_p = 0,5\rho_{\oplus}$  e  $\rho_p = 1,5\rho_{\oplus}$ . De forma que classificamos os exoplanetas localizados abaixo da curva vermelha como de alta densidade média, e acima da curva azul como de baixa densidade média. O gráfico só considera os exoplanetas que possuem as 3 medidas na base, o que totaliza 550 exoplanetas. . . . . 37
- Figura 8 – Síntese espectral da linha de ferro de 15.207,53 Å (considerando os parâmetros atmosféricos calculados via calibração fotométrica) da estrela Kepler-186 gerada através do BACCHUS. Para este elemento e estrela, fizemos uso de um total de 41 linhas espectrais para cálculo da abundância de ferro. Neste trabalho o método de ajuste estatístico utilizado foi o qui-quadrado, representado pela curva rosa da Figura. . . 52
- Figura 9 – Imagem extraída de Souto et al. (2018) que ilustra o procedimento de obtenção dos parâmetros atmosféricos e abundâncias de ferro e oxigênio a partir de síntese espectral. O procedimento consiste em mapear o encontro de duas curvas de abundância do mesmo elemento por parâmetro atmosférico, uma obtida a partir de uma linha espectral sensível ao parâmetro e outra pouco ou inversamente sensível. Neste trabalho apenas modelos de atmosferas MARCS foram utilizados, porém na figura temos também modelos PHOENIX, por isso cada painel contém 4 curvas e não 2. Painel esquerdo superior: cruzamento de A(O) por  $T_{ef}$ , fazendo uso das linhas de OH e H<sub>2</sub>O. Painel direito superior: cruzamento de A(O) por  $\log g$ , fazendo uso das linhas de OH e H<sub>2</sub>O. Painel esquerdo inferior: cruzamento de A(Fe) por  $T_{ef}$ , fazendo uso das linhas de FeI e FeH. Painel direito inferior: cruzamento de A(Fe) por  $\log g$ , fazendo uso das linhas de FeI e FeH. . . . . 54
- Figura 10 – Análise da variação entre os valores de  $T_{ef}$  das amostras de estrelas anãs M e FGK provenientes da base da NASA e do ASPCAP. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados em escala logarítmica, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{APOGEE} > \text{Valor}_{NASA}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{APOGEE} < \text{Valor}_{NASA}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações em escala logarítmica. . . . . 60

- Figura 11 – Análise da variação entre os valores de  $T_{eq}$  das amostras de exoplanetas que orbitam estrelas anãs M e de exoplanetas que orbitam estrelas FGK provenientes da base da NASA e do ASPCAP. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados em escala logarítmica, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{APOGEE} > \text{Valor}_{NASA}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{APOGEE} < \text{Valor}_{NASA}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações em escala logarítmica. . . . . 61
- Figura 12 – Análise da variação entre os valores de  $S_p$  das amostras de exoplanetas que orbitam estrelas anãs M e de exoplanetas que orbitam estrelas FGK provenientes da base da NASA e do ASPCAP. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados em escala logarítmica, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{APOGEE} > \text{Valor}_{NASA}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{APOGEE} < \text{Valor}_{NASA}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações em escala logarítmica. . . . . 62
- Figura 13 – Distribuição de exoplanetas em órbita de estrelas anãs M e FGK, em função da luminosidade estelar e semieixo maior planetário, ambos em escala logarítmica. A barra de cor indica a PDF (função de densidade de probabilidade) dos dados, o modelo utilizado foi de uma KDE (*Kernel Density Distribution*). A reta laranja é o limite interior da zona de habitabilidade (ZHI) e a azul clara o limite exterior (ZHE). A luminosidade estelar e limites da zona habitável foram obtidos a partir de dados da NASA no painel superior, e a partir de dados do APOGEE no inferior. . . . . 63
- Figura 14 – Análise da variação entre os valores de  $T_{ef}$  da amostra de estrelas anãs M provenientes de valores espectroscópicos, da NASA, do APOGEE e calibrados por fotometria. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados em escala logarítmica, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{Espectroscópico} > \text{Valor}_{Outro}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{Espectroscópico} < \text{Valor}_{Outro}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações em escala logarítmica. . . . 65

- Figura 15 – Análise da variação entre os valores de  $T_{eq}$  da amostra de exoplanetas que orbitam estrelas anãs M provenientes de valores espectroscópicos, da NASA, do APOGEE e calibrados por fotometria. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados em escala logarítmica, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} > \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} < \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações em escala logarítmica. . . . . 66
- Figura 16 – Análise da variação entre os valores de  $S_p$  da amostra de exoplanetas que orbitam estrelas anãs M provenientes de valores espectroscópicos, da NASA, do APOGEE e calibrados por fotometria. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados em escala logarítmica, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} > \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} < \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações em escala logarítmica. . . . . 67
- Figura 17 – Análise da variação entre os valores de  $\log g$  da amostra de estrelas anãs M provenientes de valores espectroscópicos, da NASA, do APOGEE e calibrados por fotometria. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} > \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} < \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações. . . . . 68
- Figura 18 – Análise da variação entre os valores de  $[\text{Fe}/\text{H}]$  da amostra de estrelas anãs M provenientes de valores espectroscópicos, da NASA, do APOGEE e calibrados por fotometria. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} > \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} < \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações. Seis estrelas da amostra não possuem dados de  $[\text{Fe}/\text{H}]$  da NASA e calibrados por fotometria. Sete estrelas da amostra não possuem dados de  $[\text{Fe}/\text{H}]$  da NASA. Uma estrela da base da NASA possui o valor de  $[\text{M}/\text{H}]$  ao invés de  $[\text{Fe}/\text{H}]$ , ela foi considerada na Figura. . . . . 69

- Figura 19 – Distribuição de exoplanetas em órbita de estrelas anãs M em função da luminosidade estelar e semieixo maior planetário, ambos em escala logarítmica. A barra de cor indica a PDF (função de densidade de probabilidade) dos dados. O modelo utilizado foi de uma KDE (*Kernel Density Distribution*). A reta laranja é a zona de habitabilidade interior (ZHI) e a azul clara a exterior (ZHE). A luminosidade estelar e os limites da zona habitável foram determinados a partir dos dados espectroscópicos. 70
- Figura 20 – Distribuição das razões de abundâncias C/O e Mg/Si para todas as estrelas da amostra. O painel superior apresenta as distribuições KDE da razão de abundâncias Mg/Si para as estrelas anãs M (vermelho) e FGK (azul). Da mesma forma o painel a direita apresenta os mesmos dados para a razão de abundâncias C/O. A estrela K2-9 possui uma baixa metalicidade, e portanto foi retirada do gráfico para melhor visualização. 74
- Figura 21 – Distribuição das razões de abundâncias C/O e Mg/Si em função de metalicidades e raios planetários para os exoplanetas de estrelas anãs M da amostra. Na direita inferior é apresentada a incerteza média da amostra. Os exoplanetas do raio tipo terrestre estão delimitados pela região cinza do gráfico, que identifica a região dos exoplanetas com raios planetários inferiores a 1,5 raios terrestres. . . . . 75
- Figura 22 – Distribuição das razões de abundâncias C/O e Mg/Si em função de metalicidades e raios planetários para os exoplanetas de estrelas FGK da amostra. Na direita inferior é apresentada a incerteza média da amostra. Os exoplanetas do raio tipo terrestre estão delimitados pela região cinza do gráfico, que identifica a região dos exoplanetas com raios planetários inferiores a 1,5 raios terrestres. . . . . 76

Figura 23 – Distribuição de massas e raios planetários de exoplanetas que possuem massas no intervalo de 0,1 a 30 massas terrestres e raios no intervalo de 0,1 a 5 raios terrestres. Diferentemente dos gráficos anteriores, este não é limitado pela amostra de 290 exoplanetas, mas se baseia em toda a base da NASA. A Figura apresenta as relações massa-raio de Zeng et al. (2016) (utilizamos neste trabalho as seguintes relações: 100% Fe, 50% Fe, 100% rocha, 50% H <sub>2</sub> O, 100% H <sub>2</sub> O e H <sub>2</sub> /He frios), que delimitam intervalos de massas e raios planetários para os quais se tem diferentes composições internas. Os exoplanetas foram divididos conforme tipos estelares (anãs M ou outras estrelas), e a posição da Terra está representada no diagrama. Dos 29 exoplanetas que orbitam anãs M da amostra deste trabalho, apenas Kepler-138 c e Kepler-138 d estão presentes nesta análise, ambos destacados no gráfico. A área cinza do gráfico (compreendida entre as curvas 50% Fe e 50% H <sub>2</sub> O), demarca a região dos exoplanetas com maiores possibilidades de serem rochosos.	78
Figura 24 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela GJ 273. . . . .	92
Figura 25 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela GJ 625. . . . .	93
Figura 26 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela GJ 687. . . . .	94
Figura 27 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela K2-91. . . . .	95
Figura 28 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-1308. . . . .	96
Figura 29 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-1351. . . . .	97
Figura 30 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-138. . . . .	98
Figura 31 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-1410. . . . .	99
Figura 32 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-1512. . . . .	100
Figura 33 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-1624. . . . .	101
Figura 34 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-1651. . . . .	102
Figura 35 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-186. . . . .	103
Figura 36 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-205. . . . .	104
Figura 37 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-303. . . . .	105
Figura 38 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-395. . . . .	106
Figura 39 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-45. . . . .	107
Figura 40 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-617. . . . .	108
Figura 41 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-787. . . . .	109
Figura 42 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Ross 128. . . . .	110

# Lista de tabelas

Tabela 1	– Dados de exoplanetas ao redor de estrelas anãs M coletados na literatura para complementar a base de dados da NASA. As profundidades de trânsito são dadas em milíarcosegundos (mas).	39
Tabela 2	– Dados de estrelas anãs M coletados na literatura para complementar a base de dados da NASA. A estrela GJ 265 foi a única estrela anã M da amostra sem dados das magnitudes aparentes $JHK_s$ do levantamento 2MASS, na base de exoplanetas da NASA.	40
Tabela 3	– Parâmetros estelares obtidos por calibração fotométrica. Os valores de metalicidade, gravidade superficial e temperatura efetiva são os utilizados como parâmetros iniciais no processo de síntese espectral realizado neste trabalho.	45
Tabela 4	– Lista de exoplanetas da amostra que estão dentro da zona de habitabilidade de suas estrelas hospedeiras considerando os valores de ZHI e ZHE da NASA, do APOGEE, ou a margem de erro destes índices. O símbolo “✓” indica que o exoplaneta está dentro da zona de habitabilidade dentro do critério considerado, enquanto o símbolo “×” indica que não está.	64
Tabela 5	– Média do módulo da diferença entre os parâmetros espectroscópicos e os demais conjuntos de dados (NASA e calibrados por fotometria)	67
Tabela 6	– Lista de exoplanetas da amostra de anãs M que estão dentro da zona de habitabilidade de suas estrelas hospedeiras considerando os valores de ZHI e ZHE da NASA, do APOGEE, com dados calibrados por fotometria e espectroscópicos ou considerando a margem de erro destas fontes. O símbolo “✓” indica que o exoplaneta está dentro da zona de habitabilidade dentro do critério considerado, enquanto o símbolo “×” indica que está fora da zona de habitabilidade.	70
Tabela 7	– Lista de estrelas da amostra que possuem $C/O > 1$ e $1 < Mg/Si < 2$ , indicando a possibilidade de uma composição química similar a do nosso sistema solar.	72
Tabela 8	– Dados estelares de temperatura efetiva, gravidade superficial (em unidades de $cm/s^2$ ) e raios estelares utilizados nas análises de estrelas FGK da amostra.	113
Tabela 9	– Dados relativos a abundâncias estelares de estrelas FGK da amostra.	116
Tabela 10	– Dados estelares de temperatura efetiva e gravidade superficial (em unidades de $cm/s^2$ ) utilizados nas análises de estrelas anãs M da amostra.	120



Tabela 11 – Dados estelares relativos a abundâncias estelares utilizados nas análises de estrelas anãs M da amostra. . . . .	120
Tabela 12 – Dados de raios e massas estelares utilizados nas análises de estrelas anãs M da amostra. . . . .	121
Tabela 13 – Dados exoplanetários de raio, massa, densidade e semieixo maior utilizados nas análises de exoplanetas de estrelas FGK da amostra. Os valores de dimensão abaixo da segunda casa decimal estão representados como zero na tabela. . . . .	122
Tabela 14 – Dados exoplanetários de temperatura de equilíbrio e grau de insolação utilizados nas análises de exoplanetas de estrelas FGK da amostra. Os valores de dimensão abaixo da segunda casa decimal estão representados como zero na tabela. . . . .	128
Tabela 15 – Dados exoplanetários de raio, massa, densidade e semieixo maior utilizados nas análises de exoplanetas de estrelas anãs M da amostra. Os valores de dimensão abaixo da terceira casa decimal estão representados como zero na tabela. . . . .	135
Tabela 16 – Dados exoplanetários de temperatura de equilíbrio utilizados nas análises de exoplanetas de estrelas anãs M da amostra. . . . .	136
Tabela 17 – Dados exoplanetários de grau de insolação utilizados nas análises de exoplanetas de estrelas anãs M da amostra. Os valores de dimensão abaixo da primeira casa decimal estão representados como zero na tabela. . . . .	136

# Sumário

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>19</b>
<b>2</b>	<b>CAMPO DE ESTUDO DE EXOPLANETAS</b>	<b>22</b>
<b>2.1</b>	<b>Métodos de Detecção</b>	<b>22</b>
2.1.1	Método de Velocidade Radial	23
2.1.2	Método de Trânsito Planetário	25
2.1.3	Outros Métodos de Detecção	28
2.1.4	Detecção de Exoplanetas em Estrelas Anãs M	30
<b>2.2</b>	<b>Missões</b>	<b>31</b>
<b>3</b>	<b>DADOS OBSERVACIONAIS</b>	<b>34</b>
<b>3.1</b>	<b>O <i>survey</i> APOGEE</b>	<b>34</b>
<b>3.2</b>	<b>A Base de Exoplanetas da NASA</b>	<b>35</b>
<b>3.3</b>	<b>As Amostras</b>	<b>37</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>42</b>
<b>4.1</b>	<b>Determinação de Parâmetros Estelares e Exoplanetários</b>	<b>42</b>
4.1.1	Calibrações Fotométricas	42
4.1.2	Síntese Espectral	44
4.1.2.1	Visão Geral	44
4.1.2.2	ASPCAP	49
4.1.2.3	Este Trabalho (Anãs M)	50
<b>4.2</b>	<b>Parâmetros Exoplanetários</b>	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>59</b>
<b>5.1</b>	<b>Análise de Exoplanetas e Estrelas a partir de dados da base da NASA e do ASPCAP (Todas Estrelas)</b>	<b>59</b>
<b>5.2</b>	<b>Análise de Exoplanetas e Estrelas a partir de Espectros APOGEE (Anãs M)</b>	<b>64</b>
<b>5.3</b>	<b>Análise de Razões de Abundâncias (Todas Estrelas)</b>	<b>68</b>
<b>5.4</b>	<b>Análise do Diagrama Massa-Raio (Todas Estrelas)</b>	<b>74</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS FUTURAS</b>	<b>79</b>
	<b>Referências</b>	<b>81</b>

<b>APÊNDICES</b>	<b>90</b>
<b>APÊNDICE A – ESPECTROS OBSERVADOS X SINTÉTICOS . . .</b>	<b>91</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>111</b>
<b>ANEXO A – DADOS DAS ESTRELAS FGK DA AMOSTRA . . .</b>	<b>113</b>
<b>ANEXO B – DADOS DAS ESTRELAS ANÃS M DA AMOSTRA .</b>	<b>120</b>
<b>ANEXO C – DADOS DE EXOPLANETAS DA AMOSTRA QUE ORBITAM ESTRELAS FGK . . . . .</b>	<b>122</b>
<b>ANEXO D – DADOS DE EXOPLANETAS DA AMOSTRA QUE ORBITAM ESTRELAS ANÃS M . . . . .</b>	<b>135</b>

# 1 Introdução

Mais de 20 anos se passaram desde a descoberta do primeiro planeta localizado fora do nosso sistema solar e, desde então, esforços foram feitos pela comunidade astronômica para melhor estudar estes sistemas planetários. Tal interesse é motivado não apenas pelo conhecimento astrofísico que se pode adquirir ao estudar estes sistemas, mas também pela busca da resposta que sempre intrigou o homem: estamos sozinhos no Universo?

A ideia da existência destes corpos, que chamamos de exoplanetas, não é nova; ela remonta ao sexto século antes da era comum, pois há registros de que o filósofo Grego Anaximandro já falava na existência de outros mundos. Apesar da expectativa prévia da existência de exoplanetas por parte da comunidade científica, a primeira confirmação ocorreu apenas no ano de 1992, quando 2 exoplanetas foram confirmados em órbita do pulsar PSR B1257+12 ([Wolszczan and Frail, 1992](#)). A primeira confirmação de um exoplaneta em órbita de uma estrela da sequência principal só viria a ocorrer mais tarde, no ano de 1995, quando foi descoberto um exoplaneta ao redor da estrela de tipo solar 51 Pegasi ([Mayor and Queloz, 1995](#)). Hoje o número de exoplanetas confirmados já está em mais de 4.000 <sup>1</sup>, e a espera é de que nos próximos anos as missões especiais TESS (NASA) e Plato (ESA) revelem mais dezenas de milhares de outros mundos.

A demora na confirmação da existência de planetas ao redor de outras estrelas se deu em grande parte devido a barreiras instrumentais ([Mayor et al., 2003](#)). A luminosidade da estrela hospedeira atua como um farol, ofuscando o brilho do planeta, de tal forma que a detecção ocorre na maioria das vezes de forma indireta, e a precisão necessária para detecção é um obstáculo observacional que levou bastante tempo a ser superado. Existem vários métodos de detecção de exoplanetas, porém, os mais efetivos, ou seja, os que possuem maior quantidade de exoplanetas detectados, são os de velocidade radial e de trânsito planetário, onde se analisa respectivamente o espectro e a curva de luz da estrela para quantificar as possíveis assinaturas observacionais causadas pelo exoplaneta.

Neste trabalho, estudaremos exoplanetas que foram detectados por missões de velocidade radial e fotométricas, de forma que estudaremos em detalhes duas amostras: uma formada por exoplanetas que orbitam estrelas dos tipos espectrais F, G e K e de classes de luminosidade variadas, e outra composta apenas por exoplanetas que orbitam estrelas anãs M. Esta segunda amostra será o foco principal do projeto.

Devido a sua baixa massa, as estrelas anãs M possuem uma maior probabilidade de hospedar planetas rochosos, o que carrega grande interesse astrobiológico. Segundo [Mulders](#)

---

<sup>1</sup> Base de exoplanetas da NASA de julho de 2019.

et al. (2015), anãs M hospedam 3,5 mais planetas pequenos<sup>2</sup> que estrelas da sequência principal dos tipos espectrais FGK. Além disso, visto que as estrelas anãs M possuem zonas de habitabilidade mais próximas (pois apresentam menores valores de luminosidade), os exoplanetas que as orbitam apresentam maiores chances de estar dentro da zona habitável de suas respectivas estrelas, quando detectados via métodos de velocidade radial e trânsito planetário (que são mais sensíveis à detecção de exoplanetas que se encontram próximos de suas estrelas hospedeiras).

O estudo espectroscópico detalhado de estrelas anãs M apresenta diversas barreiras. Por se tratarem de estrelas frias, os seus espectros na região do ótico possuem muitas linhas moleculares que se confundem com linhas atômicas, de tal forma que o mesmo perfil de absorção é, muitas vezes, formado por mais de uma transição atômica ou molecular (Smith et al., 2013; Shetrone et al., 2015). Além disso, estas estrelas apresentam baixo fluxo na região do ótico, região onde se tem um conhecimento mais preciso sobre as linhas espectrais presentes.

Para contornar estes obstáculos, o estudo espectroscópico será realizado na faixa do infravermelho próximo. Além de brilharem mais no infravermelho, as anãs M possuem bandas moleculares mais fracas nessa faixa do espectro se comparada à região do ótico. Uma grande vantagem de utilizar a faixa do infravermelho é o fato de a dispersão da luz ter dependência inversamente proporcional ao comprimento de onda fotônico. Assim, a radiação neste comprimento de onda consegue atravessar grandes quantidades de gás e poeira, apresentando níveis de extinção e espalhamento consideravelmente inferiores se comparados à faixa do ótico.

Neste trabalho utilizaremos dados do levantamento espectroscópico *Apache Point Observatory Galactic Evolution Experiment* - APOGEE (Majewski et al., 2017). A alta resolução espectral ( $R \approx 22.500$ ) combinada com a faixa espectral (15.000–17.000 Å) utilizada neste *survey* possibilitou um grande avanço no estudo de estrelas anãs M.

Assim, este trabalho está dividido da seguinte forma:

- O segundo capítulo apresentará um panorama geral do campo de estudo de exoplanetas, explicando com maiores detalhes os métodos de detecção, missões e expectativas futuras. Também serão apresentadas características específicas do estudo e detecção de exoplanetas que orbitam estrelas anãs M.
- O terceiro capítulo apresentará os métodos observacionais deste trabalho. Apresentando o *survey* e espectrógrafo APOGEE, detalhando o projeto e seu escopo dentro do SDSS (*Sloan Digital Sky Survey*). Também será apresentado o ASPCAP (*APOGEE Stellar Parameters and Chemical Abundances Pipeline*), que fornece parâmetros

---

<sup>2</sup> O artigo considera como planetas pequenos os que possuem raios no intervalo de 1,0 a 2,8  $R_{\oplus}$ .

atmosféricos e abundâncias para as estrelas observadas pelo APOGEE obtidos de forma automática. Além disso, este capítulo apresentará a base de exoplanetas da NASA, assim como as definições das amostras que serão trabalhadas neste projeto.

- O quarto capítulo apresentará a metodologia empregada neste trabalho, o que inclui dentre outros temas: calibrações fotométricas, cálculo de parâmetros exoplanetários e, principalmente, o método de síntese espectral; método este que será utilizado para o cálculo de abundâncias e parâmetros físicos das estrelas estudadas.
- O quinto capítulo apresentará os principais resultados do trabalho, o que inclui dentre outros temas: apresentação de parâmetros estelares e exoplanetários (tais como temperatura de equilíbrio, grau de insolação e zona de habitabilidade), comparação entre os dados provenientes de diversas fontes de dados (NASA, ASPCAP, calibrações fotométricas e síntese espectral) e análise de habitabilidade planetária. Essa análise se baseará inicialmente na zona de habitabilidade estelar, e posteriormente, será realizada uma análise da estrutura interna dos exoplanetas. Isso será feito tanto por meio das razões C/O e Mg/Si (razões de abundâncias que controlam respectivamente a química da formação planetária no disco e a estrutura interna de planetas rochosos (Bond et al., 2010; Unterborn and Panero, 2017; Zeng et al., 2016)) como por meio do estudo do diagrama massa-raio de exoplanetas com base nas relações de Zeng et al. (2016).
- O sexto e último capítulo concluirá o projeto com conclusões e perspectivas futuras.

## 2 Campo de Estudo de Exoplanetas

O objetivo desta seção é apresentar um panorama geral da área de exoplanetas. Para tal, serão abordados os principais métodos de detecção de exoplanetas, assim como as principais missões realizadas com este intuito. Posteriormente será dado um foco especial às estrelas anãs M, no qual será apresentado como elas se encaixam neste íterim, e quais as vantagens em se especializar neste tipo de estrela.

### 2.1 Métodos de Detecção

Existem diversos métodos utilizados para detectar exoplanetas, porém, segundo a base de exoplanetas da NASA de 01/03/2019, cerca de 77% dos exoplanetas confirmados foram descobertos via método de trânsito planetário e 19% via método de velocidade radial, conforme a Figura 1 mostra. Assim, nesta seção apresentaremos com maiores detalhes os métodos de velocidade radial e de trânsito planetário, e de forma mais geral alguns outros métodos.

Para todos estes, é importante destacar que a não-detecção não descarta a existência de exoplanetas. Cada método apresenta barreiras observacionais, o que implica que para que ocorra a detecção é necessário que a configuração planetária seja favorável ao método utilizado.

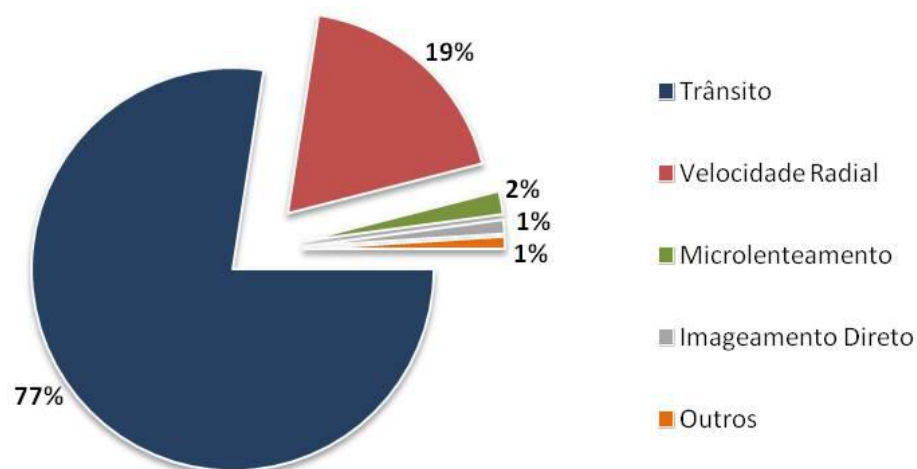


Figura 1 – Distribuição de exoplanetas confirmados por método de detecção, de acordo com a base de exoplanetas da NASA do dia 01/03/2019.

### 2.1.1 Método de Velocidade Radial

O método de velocidade radial era, até o começo da campanha do satélite espacial Kepler (que será apresentado mais a frente neste trabalho), o método que apresentava a maior quantidade de exoplanetas detectados.

Em um sistema ligado gravitacionalmente, os corpos orbitam o centro de massa, ou baricentro do sistema. A órbita dos corpos menores pode ser facilmente identificada, porém, é notável que o corpo mais massivo (no caso estudado, a estrela) também sofre efeitos da interação gravitacional. No caso de estrelas com exoplanetas, essa interação pode ser observada ao analisar as alterações na velocidade radial da estrela.

Caso uma estrela hospede um planeta, e o sistema for sensível ao método, devemos perceber variações periódicas na sua velocidade radial (componente da velocidade de direção perpendicular ao plano do céu), de mesmo período da órbita planetária. No caso de sistemas multiplanetários, também podemos perceber este efeito, segundo o qual, o movimento da estrela será composto pela combinação dos efeitos gravitacionais exercidos pelos exoplanetas que a orbitam, o que pode ser percebido por padrões periódicos no movimento da estrela (relacionados aos períodos das órbitas planetárias).

Este movimento é mapeado por meio da análise do espectro da estrela, através da assinatura do Efeito Doppler. Quando a estrela está se aproximando da Terra ( $V_r < 0$ ), observamos que todas as linhas espectrais serão deslocadas para menores comprimentos de onda; este efeito é chamado de desvio para o azul (*blueshift*). Em contrapartida, quando a estrela estiver se afastando da Terra ( $V_r > 0$ ), iremos perceber o efeito oposto, as linhas espectrais serão deslocadas para maiores comprimentos de onda; a este efeito é dado o nome desvio para o vermelho (*redshift*).

Assim, por meio da análise do espectro estelar, pode-se inferir indiretamente a existência de exoplanetas no sistema por meio de análise da velocidade radial da estrela.

Este método, apresenta três barreiras.

- O efeito gravitacional que o exoplaneta exerce sobre a estrela deve ser suficientemente alto para satisfazer as limitações instrumentais. Isso significa que, quão mais próximo o exoplaneta estiver de sua estrela hospedeira, maiores serão as chances de detecção. A velocidade radial da estrela depende também da proporção entre as massas dos corpos, de modo que quão menor a massa da estrela em relação a do exoplaneta, maiores as chances de detecção.
- Para haver a confirmação do exoplaneta, deve-se detectar pelo menos três períodos. Assim o método não é sensível a exoplanetas muito distantes da estrela, pois o alto valor de seus períodos inviabiliza a detecção, dado o longo tempo observacional necessário para caracterizar tais períodos.



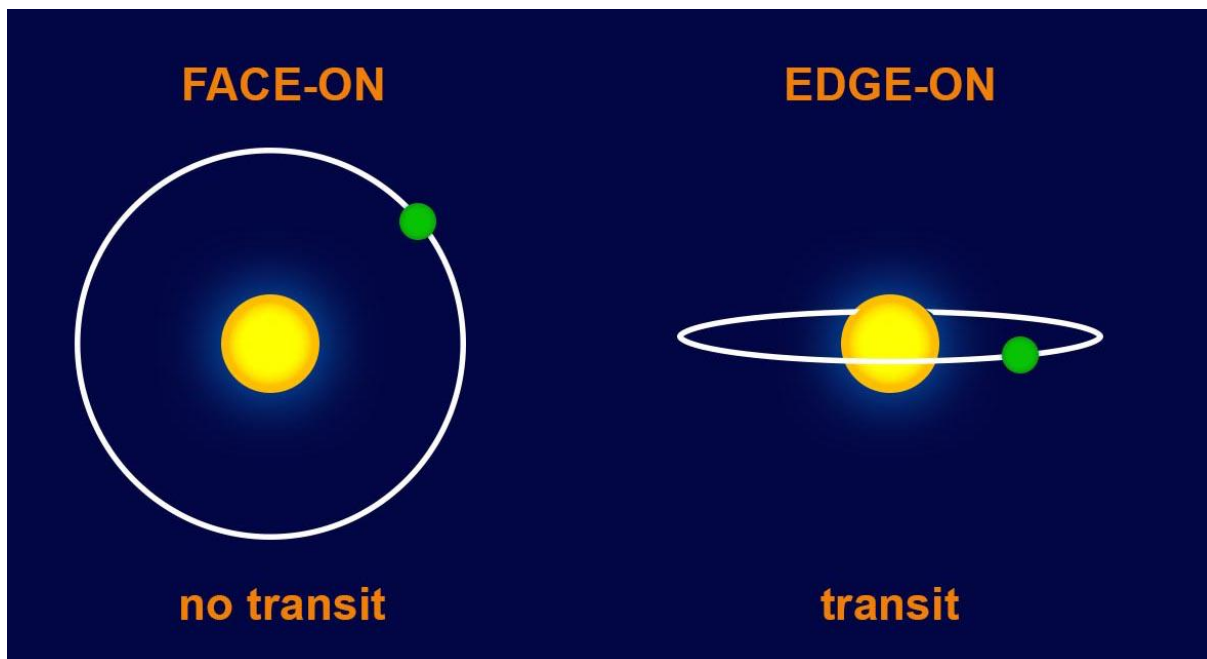


Figura 2 – A imagem ilustra as configurações *edge-on* (direita) e *face-on* (esquerda). Se analisarmos as configurações com a ótica do método de detecção via trânsitos planetários, percebemos que, ao passo que órbitas planetárias em configurações *edge-on* apresentam oscilações periódicas no fluxo, as configurações *face-on* não apresentam nenhum sinal da existência do planeta em suas curvas de luz. Adicionalmente, se analisarmos com a ótica do método de velocidade radial, percebemos que ao passo que órbitas com a configuração *edge-on* apresentam componentes tangencial e radial da velocidade, órbitas *face-on* só apresentam componente tangencial. Assim, quão mais próxima a órbita da configuração *edge-on*, mais sensível é o sistema a ambos os métodos. Crédito da figura: Nora Eisner.

- Órbitas planetárias que possuem inclinação de zero graus entre seus planos e o plano do céu são chamadas *face-on*, enquanto que com inclinação de noventa graus são chamadas *edge-on*. Sistemas com órbitas *face-on* não possuem componente de velocidade radial, assim, são impossíveis de serem detectados por este método. Por outro lado, sistemas planetários com órbitas *edge-on* apresentam componente tangencial nula, a componente radial representa toda a velocidade da estrela, de tal forma que é o caso ideal para detecção via método de velocidade radial. Quanto mais o sistema se aproximar de uma configuração *edge-on*, mais sensível será ao método de velocidade radial. A Figura 2 ilustra essa análise, apresentando a diferença entre as geometrias de órbitas *face-on* e *edge-on*. Quanto menor o semieixo maior (SMA) do exoplaneta, maior a probabilidade de ele apresentar uma configuração *edge-on*, o que é mais uma razão que justifica o método ser mais sensível a planetas próximos de suas estrelas.

Os principais parâmetros mensuráveis a partir do método de velocidade radial são:

- O período da órbita planetária. Caso haja informação da massa da estrela, pode-se ter também o semieixo maior a partir da Terceira Lei de Kepler (dado que  $m_* \gg m_p$ ).
- O limite inferior de massa e velocidade radial do planeta: apenas com o método de velocidade radial não é possível avaliar qual a inclinação da órbita em relação à linha de visada. Assim, não é possível definir quanto a velocidade radial medida representa da velocidade total da estrela (em outros termos, não se sabe se está sendo considerado todo o efeito gravitacional que a estrela sofre devido à interação com planeta, ou só uma parcela dele). O método de velocidade radial provê os parâmetros  $m_p \sin i$  e  $V_r \sin i$ . Eles representam respectivamente o limite inferior de massa planetária e de velocidade radial da estrela. Se a órbita for *edge-on*, temos que  $m_p \sin i = m_p$ , e  $i = 90^\circ$ , em contrapartida, se  $i = 0^\circ$ , a órbita possui a configuração *face-on*. Quanto mais a inclinação  $i$  se aproxima de  $0^\circ$ , mais  $m_p \sin i$  e  $V_r \sin i$  se distanciam dos valores reais da massa planetária e velocidade radial estelar. Para se obter a massa real do exoplaneta, é necessário alinhar a detecção via velocidade radial à detecção via outro método, como trânsito planetário ou TTV, conforme será abordado a seguir.

### 2.1.2 Método de Trânsito Planetário

O método de trânsito planetário é hoje o método de detecção mais eficaz em descobrir novos exoplanetas. Enquanto o método de velocidade radial utiliza espectroscopia, o método de trânsito planetário faz uso de fotometria (Winn, 2010).

Quando o planeta passa na frente da estrela em relação a nossa linha de visada, o fluxo que recebemos da estrela é reduzido. Assim, este método estuda este fenômeno a partir da análise da curva de luz da estrela, que nada mais é que uma distribuição da variação do fluxo estelar no tempo. Se a curva de luz apresentar quedas periódicas, pode ser sinal da existência de um trânsito planetário.

A Figura 3 mostra que além do trânsito planetário, temos um segundo fenômeno que é a eclipse planetária, que ocorre quando o exoplaneta fica atrás do disco da estrela em relação a nossa linha de visada. Quando observamos um sistema planetário, nós não detectamos apenas a luz proveniente diretamente da estrela, mas também a luz estelar refletida pelo exoplaneta, e a radiação térmica emitida pelo exoplaneta. Assim, quando o exoplaneta é ocultado pela estrela, percebemos uma queda no fluxo observado (de menor magnitude em relação a queda referente ao trânsito).

Tanto os trânsitos como eclipses planetários podem ser utilizados para o estudo de atmosferas de exoplanetas. Existem dois principais métodos para estudar atmosferas planetárias a partir de espectroscopia:

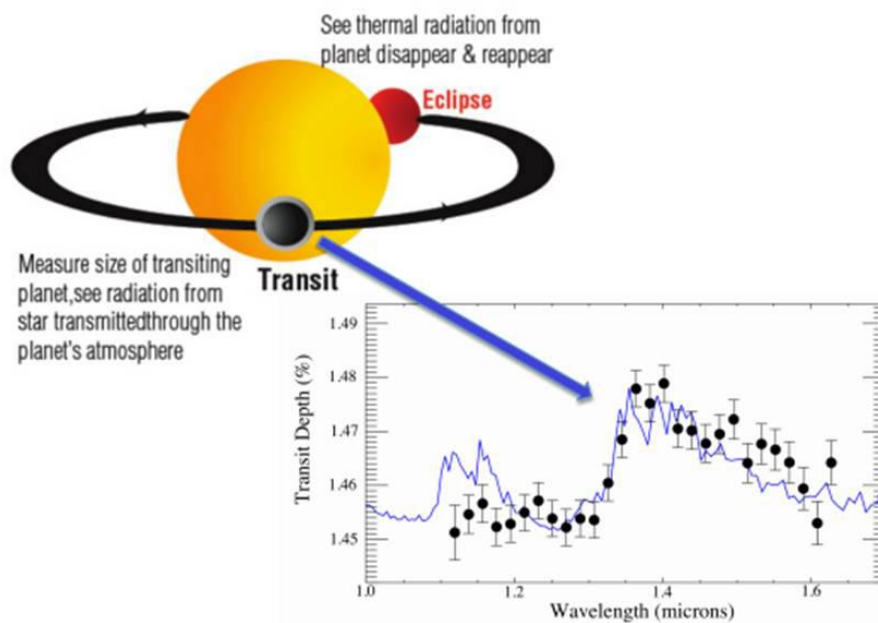


Figura 3 – Imagem extraída de [Deming et al. \(2019\)](#) que ilustra as geometrias utilizadas no método de trânsito planetário. A Figura mostra que a atmosfera planetária pode ser estudada tanto a partir do trânsito propriamente dito, como pelo eclipse planetário.

- Utilizando trânsitos planetários: durante um trânsito planetário, parte da luz da estrela pode atravessar uma possível atmosfera do exoplaneta. Este fenômeno fornece aos cientistas uma ferramenta para o estudo químico da atmosfera de exoplanetas a partir de suas linhas espectrais. O método consiste em subtrair o espectro obtido fora do trânsito (e do eclipse) do espectro durante o trânsito. Este espectro é chamado “Espectro de Transmissão Planetária”.
- Utilizando eclipses planetários: subtrai-se o espectro obtido durante o eclipse, do espectro fora do eclipse (e do trânsito). Temos assim informações a respeito da emissão térmica do exoplaneta.

Assim como ocorre com os demais métodos, algumas condições especiais devem ser satisfeitas para que se possa ocorrer a detecção via trânsitos planetários:

- Analogamente à ocorrência do método de velocidade radial, a detecção do exoplaneta só é confirmada após a observação de 3 trânsitos. Assim, o método é mais sensível para exoplanetas com menores períodos de revolução, ou seja, mais próximos de suas estrelas hospedeiras.
- O método tem uma maior probabilidade de identificar exoplanetas em sistemas onde a razão do raio do planeta pelo raio da estrela é alto. Isso ocorre pois quanto maior

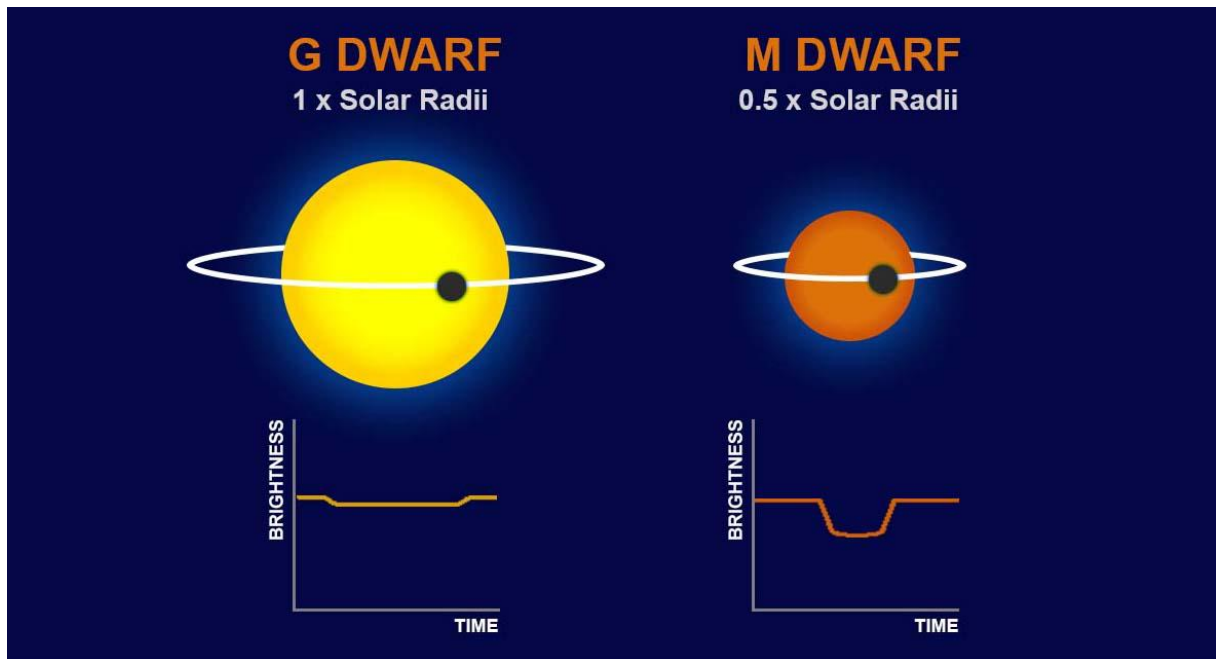


Figura 4 – A imagem ilustra a diferença entre a profundidade de trânsito de um exoplaneta que orbita uma estrela do tipo solar (anã G), com a de um exoplaneta que orbita uma anã M. Como estrelas anãs M possuem menores raios, seus sistemas planetários tendem a apresentar maiores profundidades de trânsito, assim, são mais sensíveis ao método de detecção via trânsitos planetários. Crédito da figura: Nora Eisner.

o raio planetário, se comparado ao estelar, maior será a assinatura observacional do trânsito. A Figura 4 ilustra a diferença entre a profundidade de trânsito de um exoplaneta que orbita uma estrela anã G (tipo solar) e a de um exoplaneta que orbita uma anã M. Como o raio de anãs M é consideravelmente inferior, é mais provável que os sistemas exoplanetários que orbitem anãs M apresentem maiores profundidades de trânsito.

- Assim como o método de velocidade radial, o método de trânsitos planetários exige uma inclinação orbital próxima da configuração *edge-on* para que o trânsito ocorra. Isso advém da geometria necessária para possibilitar a passagem do exoplaneta na frente do disco da estrela quando observados da Terra. A Figura 2 ilustra essa análise, apresentando a diferença entre as geometrias de órbitas *face-on* e *edge-on*. Assim, mais uma vez, o método é sensível à detecção de exoplanetas mais próximos de suas estrelas.

Os principais parâmetros mensuráveis a partir do método de trânsitos planetários são:

- O período da órbita planetária. Caso haja informação da massa da estrela, pode-se ter também o semieixo maior a partir da Terceira Lei de Kepler (dado que  $m_* \gg m_p$ );

- A razão do raio do planeta pelo da estrela. Caso se tenha o raio estelar, têm-se o raio planetário.

Percebe-se que pelo método de velocidade radial temos o limite inferior de massa planetária, enquanto pelos trânsitos temos o raio planetário. Se um exoplaneta for detectado por ambos os métodos temos uma informação valiosa que é a densidade média do planeta.

Para um exoplaneta ser detectado pelo método de trânsitos planetários, a sua configuração orbital deve estar próxima de *edge-on*, por isso considera-se que  $i \approx 90^\circ$ , logo,  $m_p \sin i \approx m_p$ . Assim tendo a massa e raio do planeta, conseguimos calcular a sua densidade média, o que nos traz muitas informações a respeito da composição interna do planeta, conforme veremos no capítulo 5.

### 2.1.3 Outros Métodos de Detecção

Nesta seção, serão apresentados de forma resumida cinco outros métodos de detecção de exoplanetas:

1. Variação de Tempo de Trânsito (TTV - *Transit Timing Variations*): o método TTV é útil em sistemas multiplanetários onde nem todos os exoplanetas transitam o disco da estrela. Em sistemas onde apenas um planeta orbita a estrela, temos que o tempo entre cada trânsito será igual, porém caso hajam outros planetas, a força gravitacional exercida entre eles, causará variações no tempo decorrido entre cada trânsito. Assim, em um sistema multiplanetário, mesmo que um dos planetas não transite o disco da estrela, a sua existência pode ser inferida a partir das variações no tempo entre trânsitos do planeta que realiza o trânsito. Quanto menor a massa do exoplaneta, mais o seu tempo de trânsito será afetado, assim, uma vantagem deste método é a possibilidade de se inferir a massa dos exoplanetas.
2. Imageamento Direto: como dito anteriormente, a luz da estrela age como um farol ofuscando o brilho do planeta. Na maioria dos casos este brilho impede a sua observação direta, porém em alguns casos, ela ainda é possível. Diferentemente dos métodos de velocidade radial e trânsitos planetários, este método é sensível a exoplanetas distantes da estrela hospedeira. O imageamento é feito no comprimento de onda do infravermelho, onde a diferença de brilho do exoplaneta e estrela é menor.
3. Cronometragem de Pulsar: este método foi o responsável pela primeira detecção de exoplanetas da história. Estrelas de nêutrons são um tipo de remanescente degenerado de estrelas massivas. Elas podem apresentar alta rotação e emitir radiação síncrotron na direção do seu eixo magnético. Caso este eixo esteja voltado para a Terra, estes objetos passam a ser chamados pulsares, devido aos pulsos de radiação que

detectamos. O período de rotação de um pulsar é bem comportado, de modo que caso o sistema abrigue um exoplaneta, isso será percebido pela variação no intervalo desses pulsos.

4. Microlenteamento Gravitacional: este método é baseado na Teoria da Relatividade Geral de Einstein. O físico foi de encontro à Lei da Gravitação Universal de Newton, ao afirmar que as interações gravitacionais causam curvaturas no tecido do espaço-tempo, e é isso que causa o efeito atrativo que percebemos entre dois corpos ligados gravitacionalmente. A relatividade geral explica um fenômeno, denominado “lentes gravitacionais”. Quando um corpo massivo se alinha na nossa linha de visada com um objeto de fundo, a gravidade faz com que o objeto frontal curve a luz do objeto de fundo, servindo como uma lente, focando essa luz. Dependendo da configuração, este fenômeno pode produzir diferentes efeitos. Um exemplo é o fenômeno do “Anel de Einstein” (efeito em que a luz do objeto de fundo é percebida como um anel ao redor do objeto-lente)<sup>1</sup>. O microlenteamento gravitacional se baseia no mesmo princípio, ele ocorre quando uma estrela se alinha com um objeto de fundo, o efeito percebido é uma amplificação do sinal da estrela, ou seja, um pico no fluxo detectado. Caso esta estrela-lente possua um exoplaneta, este aumento de sinal repentino apresentará um sinal característico, indicando a presença de um exoplaneta ao redor da estrela lente. O método de microlenteamento gravitacional possibilita a determinação da massa do exoplaneta, contudo, se trata de um evento raro e isolado, e não algo periódico e repetitivo como é o caso dos demais métodos. Entre as vantagens do método, estão a possibilidade de detectar exoplanetas menores e distantes de suas estrelas hospedeiras (diferentemente dos métodos de velocidade radial e trânsitos planetários), e de poder detectar exoplanetas de estrelas localizadas a maiores distâncias do nosso sistema solar.
5. Astrometria: este método se baseia em medir as mudanças periódicas na posição da estrela em ascensão reta e declinação, provenientes dos efeitos gravitacionais causados pelo exoplaneta. Enquanto o método de velocidade radial é sensível a órbitas *edge-on*, o método de astrometria é sensível a configuração *face-on*, já que alterações radiais na posição não geram efeitos na posição do objeto na esfera celeste. Outra diferença

---

<sup>1</sup> Em 1919 foi realizada uma expedição de cientistas ao Brasil e à Ilha do Príncipe na África, com o objetivo de testar a relatividade geral de Einstein. O motivo é que estava previsto para as localidades um eclipse solar total, que é um fenômeno em que a Lua fica a frente do Sol (ambos possuem aproximadamente o mesmo tamanho angular no céu), na esfera celeste. Durante o fenômeno, o céu fica escuro e as estrelas ficam visíveis. A relatividade geral diz que corpos massivos curvam a luz de objetos de fundo, assim era esperado que estrelas muito próximas do Sol na esfera celeste teriam suas luzes curvadas, ou seja, teriam suas posições na esfera celeste levemente modificadas. Este fenômeno não pode ser usualmente testado devido à claridade causada pelo Sol, e eclipses solares totais são eventos raros, o que justifica a expedição. Conforme previsto por Einstein, as estrelas próximas do disco solar tiveram suas posições na esfera celeste modificadas, e assim a relatividade geral foi aprovada pela primeira vez no teste observacional.

entre os dois métodos, é que a detecção via astrometria fornece a informação da massa planetária e não apenas seu limite inferior.

#### 2.1.4 Detecção de Exoplanetas em Estrelas Anãs M

Nesta seção, vamos analisar a sensibilidade dos dois métodos mais eficazes de detecção de exoplanetas: o método de trânsito planetário e de velocidade radial. Conforme discutido, o método de trânsito planetário é sensível a baixas razões de raios entre a estrela e exoplaneta. Em contrapartida, o método de velocidade radial é sensível a baixas razões de massas.

Anãs M são estrelas da sequência principal que possuem tipo espectral M, indo de M0 até o subtipo mais frio M9. Elas possuem baixas temperaturas efetivas (2.300-3.800 K), massas (0,08-0,60  $M_{\odot}$ ) e raios (0,08-0,62  $R_{\odot}$ ) (Kaltenegger and Traub, 2009), de tal forma que são mais sensíveis a ambos os métodos se comparadas com outras classes estelares.

A baixa luminosidade das estrelas anãs M faz com que os seus sistemas planetários possuam zonas habitáveis (região da órbita estelar onde as temperaturas permitem a existência de água líquida na superfície) mais internas se comparadas às demais estrelas. Assim, os exoplanetas descobertos que orbitam estrelas anãs M possuem uma maior probabilidade de estar dentro da zona habitável de suas estrelas (o que é astrobiologicamente interessante), uma vez que é observacionalmente mais fácil detectar exoplanetas próximos de suas estrelas hospedeiras.

Segundo Mulders et al. (2015), estrelas anãs M possuem uma maior probabilidade de abrigar planetas de baixa massa (rochosos) se comparadas a estrelas do tipo solar. Além disso, por serem estrelas extremamente frias, o tempo de vida de anãs M é muito maior que de outras classes estelares, podendo chegar a trilhões de anos, o que pode ser mais uma vantagem astrobiológica. Outro ponto interessante é o fato de que as duas estrelas mais próximas do nosso sistema solar (Próxima Centauri e Ross 128) são anãs M, e ambas possuem exoplanetas confirmados. Além das características positivas à habitabilidade, esta classe estelar possui também fatores negativos à manutenção da vida. Exoplanetas que orbitem estrelas anãs M localizados dentro da zona habitável estão muito próximos de suas estrelas hospedeiras. Assim, estes corpos podem vir a sofrer forças de maré potentes devido à interação gravitacional com suas estrelas hospedeiras. Estas forças de maré neste grau causam diversos efeitos danosos à habitabilidade planetária. Em casos extremos, pode ocorrer acoplamento de maré, o que provavelmente inviabilizaria a existência de vida no planeta. Outro ponto negativo à habitabilidade destes sistemas é o fato destas estrelas, quando jovens, apresentarem alta variabilidade, possuindo atividade magnética intensa, emitindo fortes *flares* estelares<sup>2</sup>. Esses *flares* podem vir na forma de raios X e radiação

<sup>2</sup> Picos súbitos no brilho estelar oriundos de atividade magnética. Pode envolver emissão tanto de radiação como de matéria.



UV. Tais planetas teriam suas atmosferas erodidas, podendo vir a perder seus oceanos para o espaço (Shields et al., 2016; Lammer et al., 2007; Luger et al., 2015).

De uma forma geral, não há um consenso na literatura acerca das magnitudes destes fatores relativos à habitabilidade planetária em sistemas de anãs M. A discussão apresentada justifica o crescente interesse em estrelas anãs M. Assim, elas serão o foco principal desse trabalho.

## 2.2 Missões

Desde a descoberta do primeiro exoplaneta em órbita de uma estrela da sequência principal em 1995, muitos projetos com o objetivo de descobrir novos exoplanetas foram realizados.

Apesar de existirem missões dedicadas a outros métodos de detecção (como por exemplo a missão OGLE - *Optical Gravitational Lensing Experiment*, que detecta exoplanetas via microlenteamento gravitacional), destacaram-se as missões dedicadas aos métodos de velocidade radial e trânsitos planetários.

Entre os projetos de detecção de exoplanetas via velocidade radial destaca-se o espectrógrafo *echelle* de alta precisão HARPS (*High Accuracy Radial Velocity Planet Searcher*) (Mayor et al., 2003). O espectrógrafo, ainda ativo, é propriedade do ESO (*European Southern Observatory*) e está localizado no Chile no *La Silla Observatory*. O instrumento foi responsável até o momento pela detecção de mais de 130 exoplanetas.

A detecção via trânsitos planetários ocorre tanto por meio de telescópios localizados na Terra, como em missões espaciais.

Quanto aos projetos localizados em Terra para detecção via trânsito planetário, destacam-se os projetos HAT (HATNet-*Hungarian Automated Telescope Network* e HAT-South), WASP (*Wide Angle Search for Planets*), KELT (*The Kilodegree Extremely Little Telescope*) e o TRAPPIST (*Transiting Planets and Planetesimals Small Telescope*). O último se popularizou após descobrir 7 exoplanetas ao redor da estrela TRAPPIST-1, dos quais 3 estão localizados dentro da zona habitável da estrela hospedeira.

A maior parte dos exoplanetas confirmados advém das missões de detecção via trânsitos planetários localizadas fora dos limites da Terra. Assim, tais observações não são afetadas pela extinção e espalhamento causadas pela nossa atmosfera. Tivemos algumas missões nesse sentido (como a missão da ESA: CoRoT - *Convection Rotation et Transits Planétaires*), mas nenhuma teve o impacto no campo de estudo de exoplanetas como a missão Kepler.

A missão Kepler<sup>3</sup>, foi uma missão espacial da NASA que tinha como objetivo

---

<sup>3</sup> Nomeada assim em homenagem ao cientista Johannes Kepler, que entre outros feitos, descreveu as 3



detectar exoplanetas do tamanho da Terra localizados dentro ou próximo de suas zonas de habitabilidade.

O telescópio espacial Kepler é um telescópio do tipo Schmidt de 0,95 metros de abertura que observa na faixa de comprimentos de onda de 4.300-8.900 Å, pegando assim toda a faixa do visível até uma pequena faixa do infravermelho próximo (Perryman, 2011).

A missão operou de 2009 a 2013, realizando a detecção de 2323 exoplanetas, representando mais de 50% do total de exoplanetas confirmados hoje, sendo assim uma revolução no campo.

O telescópio Kepler apresentou problemas no giroscópio que impossibilitaram a continuidade das observações na região escolhida. Decidiu-se que o satélite continuaria trabalhando, e assim, em 2014 teve início a missão K2, que continuou o trabalho da missão Kepler, porém observando a região da eclíptica. O projeto continuou até o ano 2018, quando o satélite Kepler finalmente se aposentou.

Abaixo, apresento alguns projetos recentes e futuros que visam a detecção de exoplanetas (Perryman, 2011):

- TESS (*Transit Exoplanet Survey Satellite*): satélite da NASA, lançado em 2018 que pode ser interpretado como o sucessor da missão Kepler. O satélite observará uma área cerca de 400 vezes maior que a missão Kepler. Além disso, possui uma cobertura em comprimento de onda mais avermelhada se comparada ao seu predecessor, indo aproximadamente de 6.000-10.000 Å, sendo assim especializado em estrelas mais frias, em especial anãs M. A Figura 5 compara a cobertura espectral dos satélites Kepler e TESS com a das bandas do sistema fotométrico de banda-larga Johnson-Cousins. Em 06/2019 o satélite já havia confirmado a existência de 20 novos exoplanetas.
- JWST (James Webb Space Telescope): O JWST será o novo telescópio espacial da NASA, ele pode ser interpretado como o sucessor do telescópio Hubble. Ele possui diversos objetivos científicos, em especial a observação das primeiras galáxias. No que tange ao campo de exoplanetas, espera-se que seja possível estudar com maiores detalhes as atmosferas de exoplanetas. O projeto já teve sua estreia adiada diversas vezes, porém o último planejamento prevê o lançamento em maio de 2020.
- PLATO (*Planetary Transits and Oscillations of Stars*): considerado o sucessor do CoRoT, será lançado em 2026 e tem como objetivo identificar e caracterizar planetas rochosos em estrelas com características parecidas com o Sol.

Além destes, temos outros projetos espaciais confirmados para estudo/detecção de exoplanetas. São eles: CHEOPS (2019), ARIEL (*Atmospheric Remote-sensing Infrared*

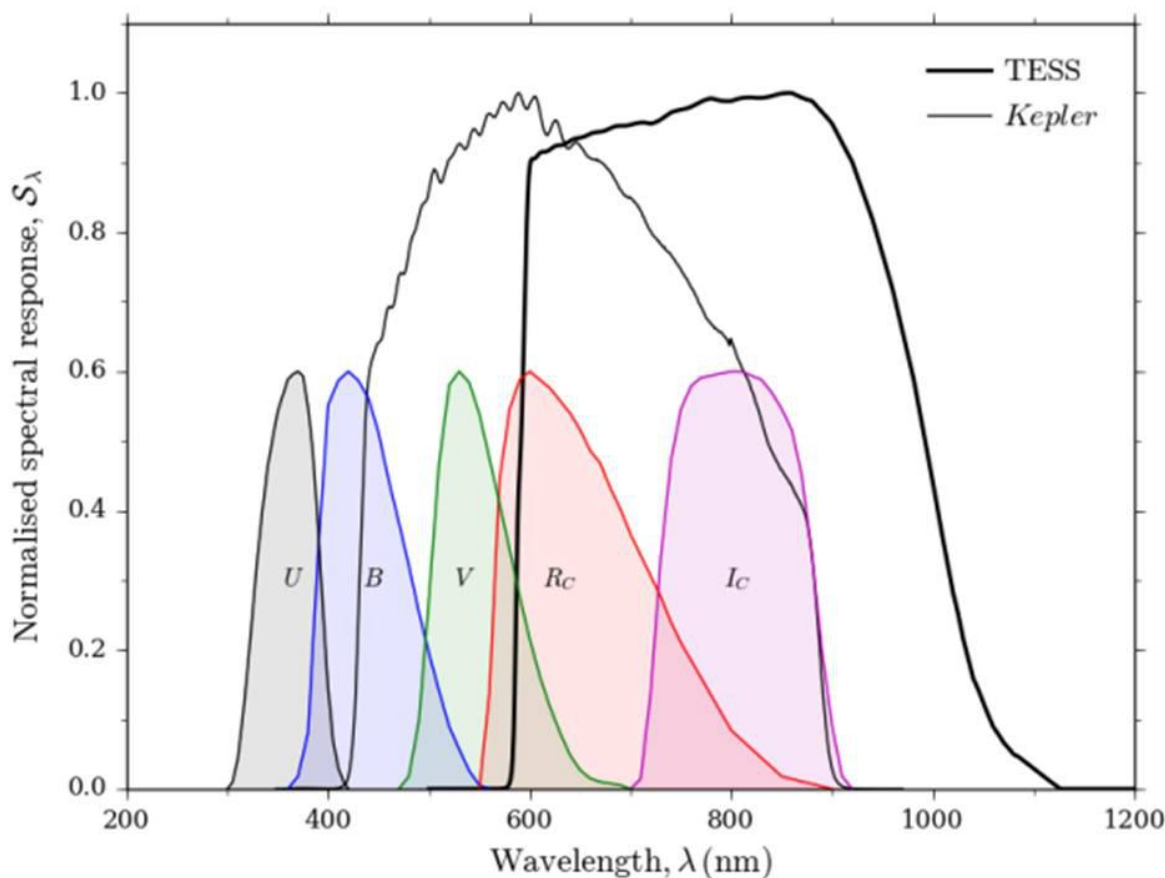


Figura 5 – Imagem extraída de Lund et al. (2017). A Figura compara a cobertura espectral dos satélites Kepler e TESS normalizados para o valor máximo de 1 com as bandas do sistema fotométrico de banda-larga Johnson-Cousins normalizados para o valor máximo de 0,6.

*Exoplanet Large-survey - 2028*), WFIRST (*Wide Field Infrared Survey Telescope - 2020*), entre outros.

Temos também projetos propostos, porém ainda não confirmados, tais como o LUVOIR (*Large Surveyor UV Optical Infrared*), que se aprovado, será um observatório espacial da NASA que terá diversos objetivos científicos, dentre eles, a caracterização de exoplanetas. Outro projeto pendente de aprovação é o *New Worlds Mission* que possuirá um ocultador que bloqueará a luz das estrelas com objetivo de fazer imageamento direto de exoplanetas.

## 3 Dados Observacionais

Os resultados deste trabalho são apresentados a partir de duas amostras, ambas geradas a partir de duas fontes, são elas, o *survey* APOGEE e a base de exoplanetas da NASA. Apresentaremos a seguir as bases de dados utilizadas neste trabalho, assim como as amostras geradas.

### 3.1 O *survey* APOGEE

O APOGEE (Majewski et al., 2017) é um subprojeto do *survey* SDSS (*Sloan Digital Sky Survey*). O SDSS utiliza um telescópio de 2,5 metros de abertura de razão focal  $f/5$  localizado no Observatório Apache Point no Novo México nos Estados Unidos. O projeto possui muitos objetivos científicos, abrangendo diferentes áreas da astrofísica, indo desde cosmologia até sistema solar. O SDSS começou a operar no ano 2000 e atualmente está em sua quarta fase (SDSS-IV). Cada fase é marcada por quatro *data releases* ou “divulgações de resultados”. Este trabalho utilizará dados divulgados no DR14 (*data release 14*), que foi a segunda DR do SDSS-IV. O *survey* APOGEE é dividido em duas etapas, a primeira foi o APOGEE-1 que fez parte do SDSS-III e a segunda etapa, o APOGEE-2 que está em andamento e faz parte do SDSS-IV. Além de utilizar o telescópio localizado no Novo México, o APOGEE-2 implementou o uso de um segundo telescópio com o objetivo de observar o hemisfério sul celeste. Este telescópio possui uma abertura de 2,5 metros e está localizado no Observatório *Las Campanas* no Chile.

O APOGEE é um *survey* espectroscópico que opera na região do infravermelho próximo e obtém espectros a partir do espectrógrafo homônimo. O objetivo principal do projeto é estudar a história e evolução da Via Láctea, o que é feito por meio de espectros em alta resolução de estrelas gigantes vermelhas localizadas no halo, bojo e disco da galáxia.

Apesar do foco do projeto ser estudar estrelas gigantes vermelhas, outras classes estelares fazem parte das observações, tanto por meio de projetos auxiliares, como com o objetivo de completar as fibras disponíveis em cada placa de observação.

O espectrógrafo APOGEE é um instrumento criogênico multi-objeto constituído de multifibras, podendo obter simultaneamente espectros para 300 estrelas (apesar de apenas 230 fibras serem utilizadas para ciência, as demais são destinadas a dados de calibração). Ele possui resolução espectral de 22.500 e é sensível ao intervalo de magnitudes que vai de 7 a 14 da banda H (banda relativa ao *survey* fotométrico 2MASS - *The Two Micron All Sky Survey* (Cutri et al., 2003)), que compreende a faixa de comprimentos de onda de

1,51–1,69  $\mu\text{m}$ . O espectrógrafo utiliza 3 detectores teledyne, dispostos entre 1,514–1,581  $\mu\text{m}$  (chip azul), 1,585–1,644  $\mu\text{m}$  (chip verde) e 1,647–1,696  $\mu\text{m}$  (chip vermelho).

Uma observação do APOGEE dura em média 75 minutos [Majewski et al. \(2017\)](#), porém cada campo é observado várias vezes, com o objetivo de atingir um índice de sinal-ruído (SNR) maior ou igual a 100, que é o mínimo SNR aceitável para o estudo.

O APOGEE não tem como saídas apenas os espectros observados, mas também os parâmetros estelares obtidos espectroscopicamente de todas as estrelas observadas. O processo responsável por obter estes parâmetros é denominado ASPCAP (*APOGEE Stellar Parameters and Chemical Abundances Pipeline*); ele será detalhado mais a frente neste trabalho.

A base de estrelas do APOGEE do DR14, que será utilizada neste trabalho, possui dados observacionais de um total de 277.371 estrelas.

## 3.2 A Base de Exoplanetas da NASA

Em conjunto com a base de estrelas do APOGEE, utilizamos neste trabalho a base de exoplanetas da NASA (*Nasa Exoplanet Archive*) extraída no dia 01/03/2019, ela apresenta um total de 3917 exoplanetas confirmados. A base apresenta não só dados dos exoplanetas, mas também das estrelas hospedeiras. Este trabalho utilizará uma amostra enxuta de 290 exoplanetas (o método de seleção desta amostra será detalhada mais a frente neste trabalho), porém nesta seção podemos avaliar de uma forma geral uma maior quantidade de planetas. A Figura 6 apresenta a distribuição dos parâmetros semieixo maior, temperatura efetiva e raio planetário para um total de 1426 exoplanetas (todos os exoplanetas que apresentam estas três medidas na base de exoplanetas da NASA). Deste conjunto, destacamos que:

- 63% (904 exoplanetas) possuem estrelas hospedeiras mais frias que o Sol;
- 99% (1412 exoplanetas) são mais próximos de suas estrelas hospedeiras que a Terra;
- 97% (1379 exoplanetas) são maiores que a Terra.

Estes dados são interessantes, pois ilustram o viés discutido previamente neste trabalho, mostrando que a detecção exoplanetária privilegia exoplanetas grandes, próximos de suas estrelas hospedeiras e com estrelas mais frias da sequência principal.

A Figura 7 apresenta a distribuição dos parâmetros de massas e raios planetários em função da metalicidade para um total de 550 exoplanetas (todos os exoplanetas que apresentam estas três medidas na base de exoplanetas da NASA). Além disso, a figura

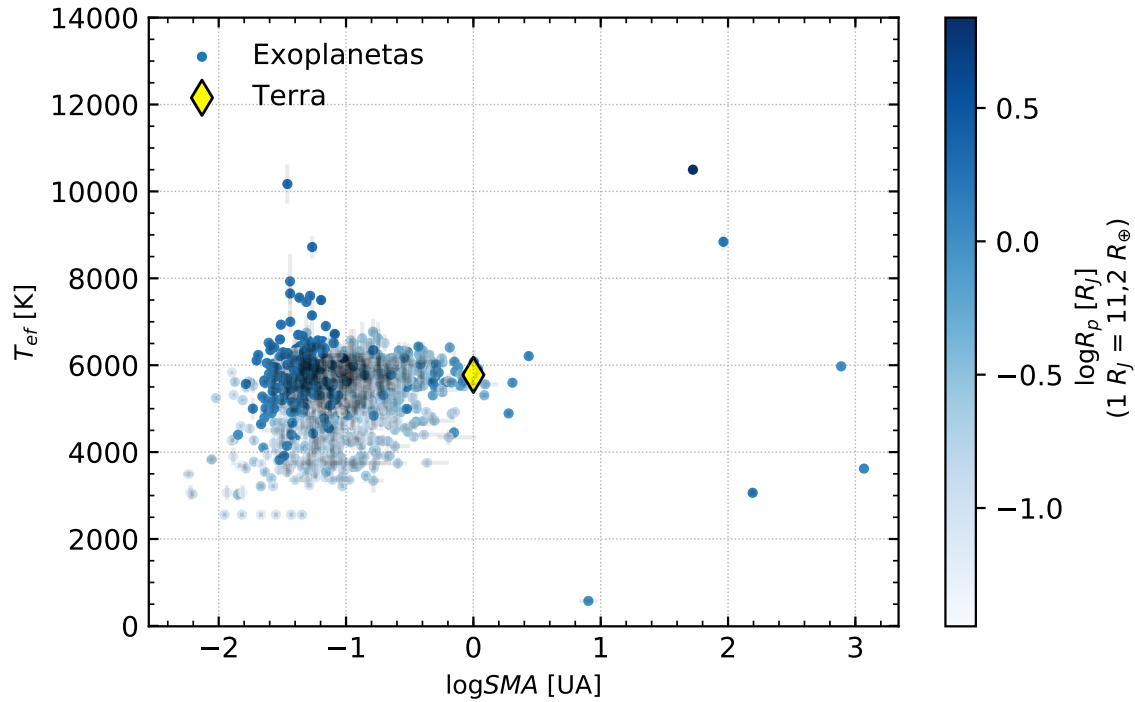


Figura 6 – Distribuição de exoplanetas da base da NASA, com base nos valores de temperatura efetiva, semieixo maior e raio planetário (os dois últimos em escala logarítmica). O gráfico só considera os exoplanetas que possuem as 3 medidas na base, o que totaliza 1426 exoplanetas (foram desconsiderados no gráfico os dois exoplanetas da estrela KOI-55, devido ao alto valor de  $T_{ef}$  da estrela, o que prejudica a visualização dos dados).

apresenta três curvas de densidades médias, representando a densidade média da Terra e seus desvios de 50% para cima e para baixo. Deste conjunto, destacamos que:

- 99% (543 exoplanetas) são mais massivos que a Terra;
- 97% (533 exoplanetas) são maiores que a Terra;
- 84% (462 exoplanetas) possuem densidade média menor que a da Terra;

Além de apresentar novamente a maior probabilidade de detecção em exoplanetas de maiores raios, a Figura 7 mostra uma tendência também a exoplanetas mais massivos e de menores densidades médias.

Ambas figuras atestam a maior probabilidade de detecção de *Hot Jupiters* (exoplanetas com massas da ordem da de Júpiter, no entanto mais próximos de suas estrelas hospedeiras), devido a eles serem corpos grandes, massivos, pouco densos e próximos de suas estrelas hospedeiras. Outro ponto interessante, é que percebemos que a Figura

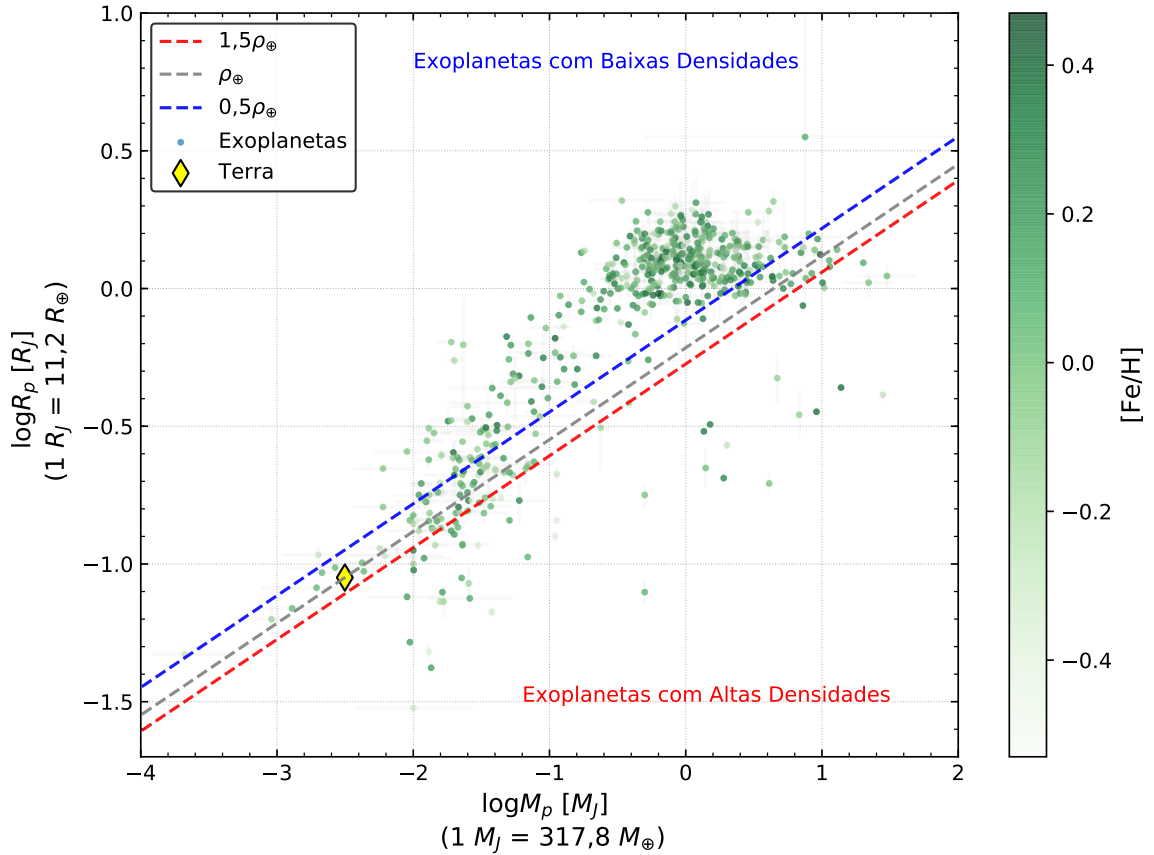


Figura 7 – Distribuição de exoplanetas da base da NASA, com base nos valores de raio e massa planetários (em escala logarítmica) em função da metalicidade. As curvas cinza, azul e vermelha representam respectivamente exoplanetas com densidades médias:  $\rho_p = \rho_\oplus$ ,  $\rho_p = 0,5\rho_\oplus$  e  $\rho_p = 1,5\rho_\oplus$ . De forma que classificamos os exoplanetas localizados abaixo da curva vermelha como de alta densidade média, e acima da curva azul como de baixa densidade média. O gráfico só considera os exoplanetas que possuem as 3 medidas na base, o que totaliza 550 exoplanetas.

7 apresenta uma tendência, em que exoplanetas de menores densidades médias tendem a orbitar estrelas mais metálicas. Esta constatação está em linha com a afirmação de que estrelas com maiores metalicidades possuem maior probabilidade de abrigar planetas gigantes gasosos (Ghezzi et al., 2010; Wilson et al., 2018).

### 3.3 As Amostras

Os resultados deste trabalho que serão apresentados nas seções seguintes, são baseados em duas amostras, uma de exoplanetas de anãs M (que chamaremos de Amostra I) e outro de exoplanetas de estrelas FGK (que chamaremos de Amostra II).

Ambas amostras seguiram o mesmo critério de seleção. Foram selecionados todos os

exoplanetas presentes na base da NASA, que possuam estrelas hospedeiras observadas pelo APOGEE. As amostras só consideraram exoplanetas que possuam dados de temperatura efetiva de suas respectivas estrelas hospedeiras em ambas as bases de dados ( $T_{ef}$  da NASA e  $T_{ef}$  não calibrada do ASPCAP).

O cruzamento entre as duas bases de dados foi feito por meio do programa ALADIN, a partir das coordenadas equatoriais ascensão reta e declinação.

A separação das estrelas entre as duas amostras foi realizada em dois passos. Inicialmente são separadas as estrelas que possuem valores de temperatura efetiva não calibrada do APOGEE iguais ou abaixo a 4300 K (valor acima do valor original de  $T_{ef}$  de estrelas de tipo espectral M0. Este valor foi adotado devido às incertezas na medida), posteriormente foi realizada uma análise para cada uma dessas estrelas, para validar se elas são estrelas de sequência principal, ou são estrelas frias evoluídas. Isso foi feito por meio da análise do valor de  $\log g$  calculado a partir da massa e raio da estrela, assim como por meio da base de dados SIMBAD que indica a classe de luminosidade da estrela.

O APOGEE possui sensibilidade a estrelas com temperaturas efetivas até cerca de 8.000 K, assim neste trabalho, analisaremos apenas estrelas FGKM. Devido ao fato de apresentar uma temperatura efetiva de 10.170 K na base da NASA, e ser descrita na literatura como de tipo espectral A, a estrela KELT-9 foi retirada da amostra.

Este procedimento resultou em um total de 290 exoplanetas (referentes a 160 estrelas), dos quais 29 pertencem a estrelas anãs M (referentes a 19 estrelas).

A informação de semieixo maior da órbita planetária é fundamental para cálculo de parâmetros tais como temperatura de equilíbrio e grau de insolação do planeta, além disso, dados como metalicidade e magnitudes fotométricas são entradas necessárias a calibrações que serão apresentadas a seguir. Assim, em vias de possibilitar a análise de todos exoplanetas de anãs M, fez-se necessário coletar dados da literatura para fechar lacunas de dados que não figuram na base da NASA.

A Tabela 1 apresenta os dados de exoplanetas coletados na literatura. São eles, o semieixo maior (SMA) e a profundidade de trânsito ( $T_{Depth}$ ). A obtenção do último parâmetro em conjunto com o dado de raio estelar pode ser utilizado para cálculo do raio planetário por meio da equação abaixo (considerando que o raio do planeta é menor que o raio da estrela):

$$T_{Depth} = 1,049 \left( \frac{R_p}{R_*} \right)^2 \quad (3.1)$$

onde  $T_{Depth}$  é a profundidade do trânsito dada em valor percentual,  $R_p$  é o raio do planeta em  $R_J$  e  $R_*$  é o raio da estrela em  $R_\odot$ . A profundidade de trânsito é dada pela divisão entre a seção-reta do exoplaneta ( $\pi R_p^2$ ) e da estrela ( $\pi R_*^2$ ), este fator de normalização de

1,049 tem o papel de possibilitar a utilização das unidades  $R_p$  e  $R_J$  na equação.

A Tabela 2 apresenta as referências dos dados de estrelas coletados na literatura. São eles:

- Magnitude aparente da banda V;
- Distância da estrela;
- Magnitude aparente das bandas do *survey* 2MASS ( $JHK_s$ );
- Magnitude aparente da banda r.

Tabela 1 – Dados de exoplanetas ao redor de estrelas anãs M coletados na literatura para complementar a base de dados da NASA. As profundidades de trânsito são dadas em milíarcosegundos (mas).

Estrela	SMA [UA]	$T_{Depth}$ [mas]
Kepler-205 b	-	$536^{+6}_{-6}$ <sup>1</sup>
Kepler-205 c	-	$706^{+12}_{-12}$ <sup>1</sup>
Kepler-395 b	-	$364^{+38}_{-38}$ <sup>1</sup>
Kepler-395 c	-	$564^{+51}_{-51}$ <sup>1</sup>
Kepler-186 b	-	$487^{+13}_{-13}$ <sup>1</sup>
Kepler-186 c	-	$682^{+16}_{-16}$ <sup>1</sup>
Kepler-186 d	-	$818^{+20}_{-20}$ <sup>1</sup>
Kepler-186 e	-	$669^{+24}_{-24}$ <sup>1</sup>
Kepler-186 f	-	$460^{+22}_{-19}$ <sup>2 3</sup>
Kepler-303 b	-	$334^{+10}_{-10}$ <sup>1</sup>
Kepler-303 c	-	$477^{+24}_{-24}$ <sup>1</sup>
GJ 273 b	-	-
GJ 273 c	-	-
GJ 625 b	-	-
GJ 687 b	-	-
K2-91 b	-	$1239^{+58}_{-58}$ <sup>4 3</sup>
Kepler-45 b	-	$32040^{+720}_{-720}$ <sup>5</sup>
Ross 128 b	-	-
Kepler-1308 b	$0,023^{+0,001}_{-0,001}$ <sup>6</sup>	$261^{+15}_{-15}$ <sup>7</sup>
Kepler-1351 b	$0,016^{+0,000}_{-0,000}$ <sup>6</sup>	$102^{+6}_{-6}$ <sup>7</sup>
Kepler-138 b	$0,075^{+0,003}_{-0,003}$ <sup>6</sup>	$125^{+6}_{-6}$ <sup>1</sup>

Continua na próxima página...

<sup>1</sup> Rowe et al. (2014)

<sup>2</sup> Quintana and Lissauer (2014)

<sup>3</sup> Para estes casos o dado coletado foi  $R_p/R_*$ , que foi convertido para profundidade de trânsito na Tabela.

<sup>4</sup> Crossfield et al. (2016)

<sup>5</sup> Johnson et al. (2012)

<sup>6</sup> Butler et al. (2006)

<sup>7</sup> Rowe et al. (2015)



Continuação da Tabela 1...

Estrela	SMA [UA]	$T_{Depth}$ [mas]
Kepler-138 c	$0,091^{+0,003}_{-0,003}$ <sup>8</sup>	$705^{+7}_{-7}$ <sup>1</sup>
Kepler-138 d	$0,128^{+0,004}_{-0,004}$ <sup>8</sup>	$583^{+11}_{-11}$ <sup>1</sup>
Kepler-1410 b	$0,26^{+0,006}_{-0,006}$ <sup>6</sup>	$916^{+62}_{-62}$ <sup>7</sup>
Kepler-1512 b	$0,131^{+0,004}_{-0,004}$ <sup>6</sup>	$340^{+15}_{-15}$ <sup>7</sup>
Kepler-1624 b	$0,034^{+0,001}_{-0,001}$ <sup>6</sup>	$15843^{+58}_{-58}$ <sup>9</sup>
Kepler-1651 b	$0,075^{+0,002}_{-0,002}$ <sup>10</sup>	$1582^{+167}_{-167}$ <sup>1</sup>
Kepler-617 b	$0,022^{+0,000}_{-0,000}$ <sup>6</sup>	$753^{+11}_{-11}$ <sup>1</sup>
Kepler-787 b	$0,016^{+0,000}_{-0,000}$ <sup>6</sup>	$423^{+22}_{-22}$ <sup>1</sup>

Tabela 2 – Dados de estrelas anãs M coletados na literatura para complementar a base de dados da NASA. A estrela GJ 265 foi a única estrela anã M da amostra sem dados das magnitudes aparentes  $JHK_s$  do levantamento 2MASS, na base de exoplanetas da NASA.

Estrela	V	Distância [pc]	J	H	$K_s$	r
Kepler-205	14,0 <sup>11</sup>	$142,6^{+8,9}_{-13,3}$ <sup>12</sup>	-	-	-	13,5 <sup>13</sup>
Kepler-395	16,8 <sup>14</sup>	$421,4^{+8,2}_{-7,9}$ <sup>15</sup>	-	-	-	16,0 <sup>13</sup>
Kepler-186	15,3 <sup>11</sup>	$177,6^{+0,8}_{-0,8}$ <sup>15</sup>	-	-	-	14,7 <sup>13</sup>
Kepler-303	14,9 <sup>11</sup>	$167,1^{+14,7}_{-17,6}$ <sup>12</sup>	-	-	-	14,4 <sup>13</sup>
GJ 273	9,9 <sup>11</sup>	$3,8^{+0,0}_{-0,0}$ <sup>16</sup>	-	-	-	9,0 <sup>17</sup>
GJ 625	10,1 <sup>11</sup>	$6,5^{+0,0}_{-0,0}$ <sup>16</sup>	6,6 <sup>18</sup>	6,1 <sup>18</sup>	5,8 <sup>18</sup>	9,4 <sup>11</sup>
GJ 687	9,4 <sup>11</sup>	$4,5^{+0,0}_{-0,0}$ <sup>16</sup>	-	-	-	9,0 <sup>11</sup>
K2-91	15,6 <sup>11</sup>	$58,1^{+2,1}_{-1,3}$ <sup>19</sup>	-	-	-	15,0 <sup>20</sup>
Kepler-45	16,8 <sup>14</sup>	$381,9^{+6,5}_{-6,3}$ <sup>15</sup>	-	-	-	16,1 <sup>13</sup>
Ross 128	11,1 <sup>11</sup>	$3,4^{+0,0}_{-0,0}$ <sup>16</sup>	-	-	-	10,5 <sup>20</sup>
Kepler-1308	15,6 <sup>14</sup>	$112,7^{+0,4}_{-0,4}$ <sup>15</sup>	-	-	-	14,8 <sup>13</sup>
Kepler-1351	14,6 <sup>11</sup>	$202,8^{+0,7}_{-0,7}$ <sup>15</sup>	-	-	-	14,1 <sup>13</sup>
Kepler-138	13,2 <sup>11</sup>	$66,9^{+0,1}_{-0,1}$ <sup>15</sup>	-	-	-	12,5 <sup>11</sup>
Kepler-1410	16,5 <sup>14</sup>	$220,0^{+3,8}_{-4,3}$ <sup>21</sup>	-	-	-	15,8 <sup>13</sup>
Kepler-1512	13,5 <sup>11</sup>	$223,7^{+16,6}_{-16,6}$ <sup>12</sup>	-	-	-	13,1 <sup>11</sup>
Kepler-1624	16,7 <sup>14</sup>	$259,0^{+3,0}_{-2,9}$ <sup>15</sup>	-	-	-	16 <sup>13</sup>

Continua na próxima página...

<sup>8</sup> Jontof-Hutter et al. (2015)

<sup>9</sup> Holczer et al. (2016)

<sup>10</sup> Fischer et al. (2012)

<sup>11</sup> Zacharias et al. (2012)

<sup>12</sup> Kraus et al. (2016)

<sup>13</sup> Kepler Mission Team (2009)

<sup>14</sup> Furlan et al. (2017)

<sup>15</sup> Bailer-Jones et al. (2018)

<sup>16</sup> Bailer-Jones (2015)

<sup>17</sup> Zacharias et al. (2004)

<sup>18</sup> Cutri et al. (2003)

<sup>19</sup> Huber et al. (2016)

<sup>20</sup> Ahn et al. (2012)

<sup>21</sup> Muirhead et al. (2014)

Continuação da Tabela 2...

Estrela	V	Distância [pc]	J	H	K <sub>s</sub>	r
Kepler-1651	13,8 <sup>11</sup>	66,4 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,1</sub> <sup>15</sup>	-	-	-	13,2 <sup>11</sup>
Kepler-617	15,8 <sup>11</sup>	173,4 <sup>+1,0</sup> <sub>-0,9</sub> <sup>15</sup>	-	-	-	15,0 <sup>13</sup>
Kepler-787	16,6 <sup>11</sup>	503,6 <sup>+9,4</sup> <sub>-9,1</sub> <sup>15</sup>	-	-	-	15,8 <sup>13</sup>

## 4 Metodologia

### 4.1 Determinação de Parâmetros Estelares e Exoplanetários

Neste capítulo, abordaremos as metodologias empregadas para obtenção dos parâmetros estelares e exoplanetários. A relação destes parâmetros provenientes de diversas fontes se encontra nos anexos deste trabalho.

#### 4.1.1 Calibrações Fotométricas

A fotometria é uma técnica que possibilita o cálculo de magnitudes (ou brilhos superficiais no caso de objetos extensos) a partir da luz coletada. A emissão eletromagnética de uma estrela se aproxima da de um corpo negro (corpo hipotético que absorve e reemite 100% da radiação incidente em todos os comprimentos de onda). Assim, a diferença entre o fluxo coletado em diferentes comprimentos de onda é sensível a temperatura. Com base nisso, calibrações fotométricas se utilizam de relações entre magnitudes em diversas bandas para inferir parâmetros estelares. Tais relações não são equações teóricas, tais como as Equações de Maxwell ou as Leis de Newton, mas sim relações empíricas que, após análise de conjuntos de dados, mostraram ter uma correlação com o resultado que se deseja alcançar, servindo assim como boas aproximações.

Neste trabalho, fizemos uso de calibrações para quatro grandezas estelares, são elas: metalicidade, raio estelar, temperatura efetiva e massa estelar. Discutimos abaixo a metodologia empregada para cada calibração.

A calibração utilizada para a metalicidade está descrita na seção 7.2 em [Mann et al. \(2013\)](#). O método utiliza a cor ( $J - K$ ) (as bandas fotométricas  $JHK$  estão dispostas na região do infravermelho próximo). Segue abaixo a equação utilizada na calibração:

$$[Fe/H] = -0,11 + 3,14\Delta(J - K) \quad (4.1)$$

onde:

$$\Delta(J - K) = \begin{cases} (J - K) - 0,835 & : (V - K) < 5,5 \\ (J - K) - \sum_{i=0} a_i (V - K)^i & : (V - K) \geq 5,5 \end{cases} \quad (4.2)$$

temos que  $\{a\} = \{1,637, -0,2910, 0,02557\}$ , e segundo [Johnson et al. \(2012\)](#) essa relação é válida para estrelas onde as relações  $-0,1 < \Delta(J - K) < 0,1$  e  $(V - K) > 3,8$  são verdadeiras, onde  $V$  é a magnitude visual do sistema fotométrico Johnson-Morgan. Esta calibração garante uma precisão de até  $\pm 0,15$  dex.

As outras três calibrações utilizadas (raio estelar, massa estelar e temperatura efetiva) partem do método discutido em [Mann et al. \(2015\)](#), que é exclusivo para estrelas anãs M. Cabe destacar que os métodos aqui empregados consideram a errata do artigo, publicada em [Mann et al. \(2016\)](#).

A calibração de massa estelar (em unidades de  $M_{\odot}$ ) é realizada em função da magnitude absoluta da banda  $K_s$  (banda do *survey* fotométrico no infravermelho próximo 2MASS). Como a relação é em função da magnitude absoluta, e não aparente, fez-se necessário coletar dados de distâncias na literatura e empregar a equação de módulo da distância para cálculo de  $M_{K_s}$ , conforme abaixo:

$$K_s - M_{K_s} = 5 \log D - 5 \quad (4.3)$$

onde  $K_s$  é a magnitude aparente,  $M_{K_s}$  é a magnitude absoluta e  $D$  é a distância da estrela. Utilizamos as distâncias de [Bailer-Jones et al. \(2018\)](#), que utiliza dados de paralaxe do Gaia. Para estrelas que não apresentaram valores nessa base de dados, buscamos por diferentes trabalhos na literatura.

Assim, a calibração fotométrica para massa estelar (dada por  $m_*$ , não confundir com  $M$  relativo à magnitude absoluta) é dada pelo polinômio abaixo:

$$m_* = a + bM_{K_s} + cM_{K_s}^2 + dM_{K_s}^3 + eM_{K_s}^4 \quad (4.4)$$

onde  $a = 0,5858$ ,  $b = 0,3872$ ,  $c = -0,1217$ ,  $d = 0,0106$  e  $e = -2,7262 \times 10^{-4}$ . O método apresenta uma incerteza média de 1,8 % do valor obtido.

O artigo apresenta diversas calibrações, em função de diferentes cores, para a temperatura efetiva. Neste trabalho utilizamos a média aritmética entre os resultados de duas delas para aumentar a precisão da temperatura efetiva. Ambas calibrações são descritas em função da metalicidade (obtida por meio da calibração já discutida) e de uma cor fotométrica, onde uma está em função da cor ( $V - J$ ) e outra da cor ( $r - J$ ). As duas calibrações seguem a relação polinomial abaixo, onde  $X$  deve ser substituído pela cor da calibração em questão.

$$T_{ef}/3500 = a + bX + cX^2 + dX^3 + eX^4 + f([Fe/H]) \quad (4.5)$$

A calibração que utiliza a cor ( $V - J$ ) apresenta uma incerteza média de 42 K e possui os seguintes coeficientes:  $a = 2,515$ ,  $b = -1,054$ ,  $c = 0,2965$ ,  $d = -0,04150$ ,  $e = 0,002245$  e  $f = 0,05262$ . A calibração que utiliza a cor ( $r - J$ ) apresenta uma incerteza média de 47 K e possui os seguintes coeficientes:  $a = 2,532$ ,  $b = -1,319$ ,  $c = 0,4449$ ,  $d = -0,07151$ ,  $e = 0,004333$  e  $f = 0,05629$ .

Por fim, a última calibração é a do raio estelar. Dentre as várias calibrações apresentadas no artigo, utilizamos uma que se baseia na magnitude absoluta  $M_{K_s}$  e metalicidade da estrela. Novamente, os valores utilizados para metalicidade foram os obtidos por meio da calibração já apresentada.

A calibração de raio estelar é dada pela relação abaixo:

$$R_* = (a + bM_{K_s} + cM_{K_s}^2) \times (1 + f([Fe/H])) \quad (4.6)$$

os coeficientes utilizados neste trabalho, foram os propostos na seção 5.2 de [Kesseli et al. \(2019\)](#), válidos para estrelas com  $-2 \leq [Fe/H] \leq +0,5$  e  $4 \leq M_{K_s} \leq 11$ . Os autores do artigo concluíram que os coeficientes utilizados por [Mann et al. \(2015\)](#) sobre-estimavam os valores de raio estelar para algumas estrelas com metalicidades abaixo de 0,5 dex. Dito isto, os coeficientes utilizados foram:  $a = 1,875$ ,  $b = 0,337$ ,  $c = 0,0161$  e  $f = 0,079$ . No artigo de [Kesseli et al. \(2019\)](#) a incerteza foi dada por parâmetro, enquanto, no artigo de [Mann et al. \(2015\)](#) a incerteza média foi de 2,70 % do valor obtido. Com a massa e raio estelar calibrados, foram calculados os valores de gravidade superficial das estrelas da amostra.

Os valores de temperatura efetiva, metalicidade e gravidade superficial encontrados são os utilizados como parâmetros atmosféricos iniciais na síntese espectral que será realizada neste trabalho (descrita na seção 4.1.2.3). A única exceção é a estrela Ross 128, em que foram utilizados os valores de gravidade superficial, metalicidade e temperatura efetiva obtidos por [Souto et al. \(2018\)](#) via síntese espectral, no lugar dos valores obtidos por calibração. Apenas para efeito de comparação os valores calibrados encontrados foram  $T_{ef} = 3163$  K,  $\log g = 5$  e  $[Fe/H] = -0,06$ . São bem próximos dos valores de [Souto et al. \(2018\)](#), conforme veremos a seguir.

A Tabela 3 apresenta a relação dos parâmetros estelares obtidos por meio das calibrações fotométricas discutidas nessa seção. Cabe salientar que os demais parâmetros de Ross 128 que figuram na Tabela 3 fora os três já discutidos, são os valores calibrados.

## 4.1.2 Síntese Espectral

### 4.1.2.1 Visão Geral

Existem duas metodologias principais para a caracterização química de estrelas, o método de larguras equivalentes e o método de síntese espectral.

O método de larguras equivalentes parte da constatação que a área compreendida por uma linha espectral é proporcional à abundância do átomo/molécula em questão na fotosfera da estrela. Estrelas anãs M possuem muitas linhas moleculares, de tal forma que uma mesma linha espectral pode ser oriunda de mais de um átomo/molécula, o que

Estrela	$m_*$	$R_*$	$\log g$	[Fe/H]	$T_{ef}$
GJ 273	0,32	0,31	4,96	-0,04	3341
GJ 625	0,35	0,32	4,96	-0,3	3516
GJ 687	0,42	0,39	4,89	-0,26	3267
K2-91	0,35	0,33	4,94	-0,03	3311
Kepler-1308	0,5	0,47	4,8	-0,05	3483
Kepler-1351	0,65	0,59	4,71	-0,36	4157
Kepler-138	0,57	0,52	4,77	-0,26	3833
Kepler-1410	0,46	0,42	4,85	-0,16	3873
Kepler-1512	0,81	0,78	4,57	-0,56	4203
Kepler-1624	0,59	0,54	4,74	-0,13	3516
Kepler-1651	0,52	0,48	4,8	-0,08	3694
Kepler-186	0,57	0,53	4,75	-0,01	3910
Kepler-205	0,62	0,57	4,72	-0,3	4168
Kepler-303	0,55	0,5	4,77	-0,18	4059
Kepler-395	0,66	0,62	4,67	0	3878
Kepler-45	0,64	0,59	4,7	-0,04	3777
Kepler-617	0,57	0,53	4,75	-0,02	3663
Kepler-787	0,7	0,66	4,65	-0,12	4084
Ross 128	0,2	0,21	5	-0,1	3221

Tabela 3 – Parâmetros estelares obtidos por calibração fotométrica. Os valores de metalicidade, gravidade superficial e temperatura efetiva são os utilizados como parâmetros iniciais no processo de síntese espectral realizado neste trabalho.

dificulta a análise por este método (a separação de linhas atômicas e moleculares pode ser realizada por métodos mais avançados, como a metodologia das Distribuições K, do *Malkmus band model*, entretanto, tal análise foge do escopo deste trabalho).

Assim, tanto o ASPCAP como este trabalho fazem uso do método de síntese espectral para cálculo dos parâmetros espectroscópicos. Em linhas gerais, o método consiste em utilizar modelos físico-químicos estelares para produzir artificialmente espectros teóricos.

Estes espectros sintéticos dependem dos parâmetros estelares utilizados como entradas em suas sínteses, de modo que se pode simular tais parâmetros para obter o *best-fit* entre o espectro observado e o sintetizado, e assim inferir parâmetros estelares. Este *best-fit* é dado por algum método estatístico, como pelo método de minimização de quadrados, ou quiquadrado ( $\chi^2$ ). Assim, o modelo que apresentar o menor  $\chi^2$  é o que melhor se ajusta aos dados observados. Segue abaixo a fórmula utilizada:

$$\chi^2 = \sum_{\lambda} \frac{(O_{\lambda} - F_{\lambda})^2}{\sigma_{\lambda}^2} \quad (4.7)$$

onde  $O_{\lambda}$  é o espectro observado,  $F_{\lambda}$  é o espectro sintético e  $\sigma_{\lambda}^2$  é a variância, que representa o peso relacionado às incertezas.

Para gerar um espectro sintético são necessários quatro conjuntos de dados: estima-

tivas de parâmetros estelares, modelos de atmosferas estelares, listas de linhas espectrais e um programa que compile as três principais entradas para gerar o espectro sintético. Segue abaixo um detalhamento de cada componente deste arcabouço:

1. Parâmetros Estelares: para otimização do processo de síntese espectral, é comum se adotar estimativas iniciais de alguns parâmetros estelares (apesar da entrada destes dados não ser obrigatória para execução da síntese espectral). Os principais parâmetros estimados são: temperatura efetiva ( $T_{ef}$ ), gravidade superficial ( $\log g$ ), metalicidade ( $[Fe/H]$ ) e velocidade de microturbulência ( $\xi$ ). Abaixo detalho cada um destes quatro parâmetros:

- Temperatura Efetiva ( $T_{ef}$ ): é a temperatura de um corpo negro cuja SED (distribuição de energia espectral, do inglês, *spectral energy distribution*) tem área igual a da SED da estrela. Na aproximação da estrela a um corpo negro, podemos adotar a temperatura efetiva como a temperatura que a estrela possui em sua fotosfera, ou em termos de profundidade ótica, em  $\tau = 2/3$ .
- Gravidade Superficial ( $\log g$ ): a aceleração da gravidade é medida na superfície no equador do corpo estudado. Ela costuma ser denotada pela letra  $g$  e é dada pela fórmula abaixo:

$$g = \frac{Gm}{R^2} \quad (4.8)$$

onde  $G$  é a constante gravitacional,  $e$ ,  $m$  e  $R$  são respectivamente a massa e raio do corpo.

Usualmente, quando o termo “gravidade superficial” é utilizado, está implícita a utilização do sistema CGS de medidas junto a uma escala logarítmica. Temos por exemplo que a aceleração da gravidade na Terra é dada por  $g \approx 9,8 \text{ m/s}^2 = 980 \text{ cm/s}^2$ , logo a gravidade superficial da Terra é dada por  $\log g \approx 3$ .

As anãs M são as estrelas da sequência principal com maiores valores de gravidade superficial (indo de 4,6 a 5,2). Isso ocorre pois a aceleração da gravidade é diretamente proporcional à massa, porém é inversamente proporcional ao quadrado do raio, conforme a fórmula acima mostra. Assim, apesar de serem estrelas de baixa massa, seus pequenos raios elevam seus valores de  $\log g$ .

- Metalicidade ( $[Fe/H]$ ): antes de apresentar o parâmetro metalicidade, cabe introduzir primeiramente três conceitos. O primeiro é o conceito de metais em astronomia. Ele difere do conceito empregado em química, que está na tabela periódica dos elementos. Em astronomia, metais são o conjunto de elementos químicos que não foram gerados primariamente no Big Bang, ou seja, todos os elementos químicos com exceção de hidrogênio e hélio. O segundo é o conceito

de abundâncias estelares, representadas pela forma  $A(\text{elemento químico})$ , as abundâncias são parâmetros que indicam a densidade volumétrica de um dado elemento em uma dada estrela em escala logarítmica. De forma que, para um dado elemento químico, como o carbono por exemplo:

$$A(C) = \log N_C \quad (4.9)$$

onde  $N_C$  é a densidade volumétrica de carbono na estrela.

O terceiro é a notação de colchetes. Ela indica uma comparação logarítmica da proporção entre duas quantidades entre a estrela estudada e o Sol. Exemplificando, se temos dois elementos químicos aleatórios, como o carbono e magnésio, o indicador  $[C/Mg]$  é expresso pela fórmula abaixo:

$$[C/Mg] = \log \left( \frac{N_C}{N_{Mg}} \right)_* - \log \left( \frac{N_C}{N_{Mg}} \right)_\odot \quad (4.10)$$

estes logaritmos podem ser facilmente abertos para evidenciar a equação em função de abundâncias estelares, conforme abaixo:

$$[C/Mg] = (A(C) - A(Mg))_* - (A(C) - A(Mg))_\odot \quad (4.11)$$

assim, temos que se  $[C/Mg] = -1$ , a proporção de C em relação a Mg na estrela é igual a apenas 10% deste valor para o Sol. Se  $[C/Mg] = 0$ , as proporções são iguais, já se  $[C/Mg] = 1$ , a proporção de C em relação a Mg para a estrela é 10 vezes maior que a mesma no Sol.

Dito isso, metalicidade é um parâmetro que compara a proporção de metais em relação à composição total da estrela com a mesma proporção no Sol. Usualmente é utilizado o indicador  $[Fe/H]$  para expressar metalicidade; porém outros indicadores podem vir a ser utilizados. É importante destacar que a abundância de hidrogênio no Universo é considerada constante, então uma vez tendo  $A(Fe)$  da estrela, basta subtrair a abundância solar que se obtém a metalicidade  $[Fe/H]$ . Outra notação comumente utilizada é a razão de abundâncias sem o uso de colchetes. Nesta notação, não se avalia a razão em comparação com o Sol, tampouco é utilizada a escala logarítmica. Avalia-se apenas a razão entre a densidade volumétrica de dois elementos em uma dada estrela. O indicador  $C/Mg$  se relaciona com as abundâncias elementais, conforme fórmula abaixo:

$$C/Mg = \frac{N_{C*}}{N_{Mg*}} = \frac{10^{A(C)*}}{10^{A(Mg)*}} \quad (4.12)$$

- Velocidade de microturbulência ( $\xi$ ): parâmetro relacionado à movimentação das partículas do gás na região de formação de linhas. A velocidade de microturbulência tem como efeito no espectro o alargamento de linhas, e deve ser



considerada em modelos de atmosferas em uma dimensão. Estrelas frias, tais como as anãs M, possuem pouca variação deste parâmetro, de forma que se pode adotar o valor constante de 1 km/s no estudo de espectros APOGEE.

2. Modelos de Atmosferas Estelares: são modelos teóricos que descrevem camada a camada da atmosfera de uma estrela.

Uma camada a certa altura em uma atmosfera estelar é descrita por diversos parâmetros, entre eles, a profundidade ótica ( $\tau_\nu$ ). A profundidade ótica é uma medida da opacidade em função da frequência da luz (indicada pelo subscrito  $\nu$ ) em uma determinada camada de uma atmosfera, ela pode ser descrita pela equação abaixo:

$$\tau_\nu(z) = - \int_{z_{m\acute{a}x}}^z \chi_\nu(z') dz' \quad (4.13)$$

onde  $\chi_\nu$  é a opacidade do gás,  $z$  indica a altura em uma atmosfera plana-paralela, e  $z_{m\acute{a}x}$  é a altura do topo da atmosfera. Assim, a equação demonstra que quanto mais profunda a camada na atmosfera estelar, maior a profundidade ótica, tendendo a infinito conforme se aproxima do centro da estrela. Em geral, adota-se  $\tau_\nu(z_{m\acute{a}x})=0$ ,  $\tau_\nu < 1$  como meio fino e  $\tau_\nu > 1$  como meio espesso.

Junto à profundidade ótica, os modelos apresentam para cada camada da atmosfera a temperatura ( $T$ ), pressão gasosa ( $P_g$ ) e pressão eletrônica ( $N_e$ ).

Os modelos variam de acordo com os parâmetros atmosféricos e abundâncias das estrelas.

3. Lista de Linhas Espectrais: uma lista de linhas espectrais é uma lista de transições atômicas e moleculares contendo para cada linha, informações tais como:

- Comprimento de onda central;
- Potencial de Excitação: diferença de energia entre o estado excitado e o estado fundamental do átomo/molécula;
- $\log gf$ : também chamado de valor- $gf$ , é um parâmetro relacionado à probabilidade de ocorrência da linha, onde  $g$  é o peso estatístico do estado (também chamado de degenerescência, é dado pela quantidade de estados quânticos degenerados com mesmo nível de energia do fóton absorvido/emitido), e  $f$  é a força de oscilador.

4. Geração de Espectros Sintéticos: um espectro sintético é uma distribuição que apresenta uma relação entre o fluxo normalizado e comprimento de onda (usualmente descritos em nm ou Å), podendo assim ser comparado graficamente ao espectro observado. Para gerar um espectro sintético, é necessário utilizar um código que

compile os 3 “ingredientes” apresentados nos tópicos acima. Tanto no ASPCAP, como nas demais análises deste trabalho, o código utilizado admite equilíbrio termodinâmico local (ETL). Claramente estrelas não estão em equilíbrio termodinâmico (ET), se isso fosse verdade não veríamos nenhum gradiente de temperatura em suas atmosferas. Podemos adotar a premissa de que o livre caminho médio das partículas é muito menor do que a taxa de variação de temperatura. Isso implica as partículas sofrerem diversas colisões sem ocorrer transferência de energia. Assim, localmente a estrela não apresentará variações na temperatura, estará em equilíbrio termodinâmico local (ETL).

A aproximação ETL implica que a matéria está em equilíbrio, mas não a radiação, ou seja:

- a) As velocidades das partículas do gás obedecem a Lei de Maxwell-Boltzmann;
- b) Os níveis de excitação do material obedecem a Lei de Boltzmann;
- c) Os níveis de ionização do material obedecem a Lei de Saha;
- d) A radiação não obedece a Lei de Planck. Esta é a diferença entre a situação ET para ETL.

O que um código de síntese espectral ETL faz é aplicar as 3 primeiras leis acima aos modelos de atmosferas, listas de linhas e parâmetros estelares para gerar um espectro sintético.

A escolha do código depende muito do tipo de estrela que se está estudando. Para anãs M, o programa utilizado (tanto para o ASPCAP como para as demais análises desse trabalho) foi o Turbospectrum (Plez, 2012). Ele foi escolhido devido ao fato de possibilitar a inclusão de linhas moleculares triatômicas, tais como da água, que são importantes para caracterizar estrelas frias (Souto, 2017).

Nas duas seções abaixo, apresentarei a metodologia de síntese espectral empregada pelo ASPCAP e por este trabalho, apresentando as diferenças entre ambos.

#### 4.1.2.2 ASPCAP

O ASPCAP (*APOGEE Stellar Parameters and Chemical Abundances Pipeline*) é responsável por calcular automaticamente para todas as estrelas observadas pelo APOGEE os parâmetros atmosféricos estelares ( $T_{ef}$ , Temperatura Efetiva;  $\log g$ , Gravidade Superficial; e  $\xi$ , Velocidade de Microtubulência), assim como as abundâncias químicas para mais de 20 elementos.

O *survey* é especializado em estrelas gigantes vermelhas, de modo que ele perde precisão no cálculo de parâmetros de estrelas anãs M. Isso ocorre devido a diversos fatores.

Um exemplo é a não-utilização de algumas linhas moleculares, tais como FeH. Devido a este motivo, fez-se necessário realizar uma análise especializada para as estrelas anãs M (detalhada na próxima seção).

O ASPCAP produziu uma biblioteca de mais de um milhão de espectros sintéticos, tais espectros são utilizados para se fazer o *best-fit* com os espectros observados. O ASPCAP utiliza sete parâmetros estelares iniciais para otimizar o tempo de processamento na geração dos espectros sintéticos. Os três parâmetros não detalhados na seção anterior são as razões de abundâncias  $[C/M]$ ,  $[N/M]$  e  $[\alpha/M]$ . O parâmetro  $\alpha$  é referente aos chamados elementos alfa, que são elementos que possuem núcleos formados por partículas  $\alpha$  ou, em outros termos, núcleos de hélio (2 prótons e 2 nêutrons), enquanto  $M$  representa os metais.

Para estrelas anãs M, o ASPCAP faz uso de modelos de atmosferas MARCS (Gustafsson et al., 2008), que são especializados em estrelas frias convectivas. Os modelos MARCS possuem disponibilidade em geometria esférica e plana-paralela, porém, tanto o ASPCAP como este trabalho utilizam apenas geometria plana-paralela. A geometria plana-paralela difere da esférica por considerar que os parâmetros físicos descritos nos modelos de atmosferas não possuem nenhuma dependência azimutal, mas apenas radial. Assim, utiliza-se apenas a coordenada espacial “z” (relacionada à profundidade na atmosfera estelar), para representar a altura de uma camada.

A lista de linhas empregada pelo ASPCAP é formada por mais de 130.000 transições atômicas e moleculares (todas compreendidas no intervalo de 1,5-1,7  $\mu m$ ).

Alguns resultados obtidos automaticamente pelo ASPCAP apresentaram variações sistemáticas em relação aos valores obtidos na literatura. Para contornar este problema, o projeto realizou algumas calibrações objetivando diminuir essas discrepâncias. Assim, alguns parâmetros, tais como temperatura efetiva, possuem dados calibrados e não-calibrados. Para este trabalho, foram utilizados apenas dados não-calibrados (não confundir com as calibrações fotométricas realizadas neste trabalho).

#### 4.1.2.3 Este Trabalho (Anãs M)

Esta etapa é feita apenas para a amostra I, que é composta por exoplanetas que orbitam anãs M. Como o procedimento é feito em estrelas e não nos exoplanetas, temos uma amostra de 19 estrelas. Assim como o ASPCAP, utilizamos os modelos de atmosferas MARCS e o programa Turbospectrum. A lista de linhas utilizada, é formada pelas linhas do DR14 APOGEE, porém acrescentamos as linhas de FeH de Hargreaves et al. (2010). Esta lista atualizada será utilizada no DR16 APOGEE.

Para otimização do processo são necessários os seguintes parâmetros iniciais: temperatura efetiva, gravidade superficial, metalicidade e velocidade de microturbulência.

A velocidade de microturbulência adotada foi de 1 km/s para todas as estrelas,

uma vez que este parâmetro é pouco sensível em estrelas anãs M (Souto et al., 2017). Os outros três parâmetros iniciais utilizados foram os derivados das calibrações fotométricas. Além disso foi utilizado um alargamento de 730 miliângstrons para compensar o perfil instrumental do APOGEE.

Com os parâmetros iniciais calculados, calculamos as abundâncias químicas para 5 elementos (Fe, C, O, Mg, e Si). Neste trabalho, essa tarefa foi realizada por meio do código BACCHUS (*Brussels Automatic Code for Characterizing High accuracy Spectra*); (Masseron et al., 2016).

O procedimento consiste em rodar o programa para cada elemento de cada estrela que se deseja o valor de abundância. A saída é um arquivo que varia os valores de abundância para o elemento selecionado, e informa para cada linha espectral qual o valor de abundância que resulta no melhor ajuste entre o espectro sintético e observado. O melhor ajuste é informado com base em diferentes métodos estatísticos, porém neste trabalho fazemos uso do valor obtido por meio do método qui-quadrado. A Figura 8 apresenta um exemplo do arquivo de abundâncias gerado pelo BACCHUS.

A lista de linhas utilizada pelo programa foram definidas em um arquivo a parte, onde definimos não só linhas atômicas como também linhas moleculares que são necessárias no tratamento de estrelas anãs M, como FeH e H<sub>2</sub>O.

Após a obtenção dos valores de abundâncias, é feita uma análise qualitativa, onde se analisa cada linha de cada elemento de cada estrela por meio das saídas do código BACCHUS. O objetivo é verificar se o ajuste realizado foi satisfatório (baixo  $\chi^2$ ); em caso negativo, a linha é excluída ou reanalisada em mais detalhes para a estrela/elemento. Por fim, tiramos uma média entre os valores de abundâncias para cada estrela, considerando todas as linhas satisfatórias, e temos assim o primeiro valor para as abundâncias elementais das estrelas.

A etapa seguinte objetiva obter a temperatura efetiva e gravidade superficial espectroscópicas, a partir das abundâncias de ferro e de oxigênio. Para esta etapa, são utilizadas as abundâncias obtidas a partir das linhas de FeI, FeH, OH e H<sub>2</sub>O (para as três moléculas, foram utilizadas linhas moleculares traçadoras de ferro e oxigênio).

A escolha destes átomo/moléculas se dá devido:

- À abundância de oxigênio obtida por meio das linhas de OH ser pouco sensível a temperatura efetiva, enquanto a obtida por meio da H<sub>2</sub>O ser bastante sensível. Quanto à sensibilidade em relação à gravidade superficial, a relação se inverte, sendo a linha da água pouco sensível e a de OH bastante sensível;
- À abundância de ferro obtida por meio das linhas de FeI ser bastante sensível tanto à temperatura efetiva como à gravidade superficial, enquanto a obtida por meio das

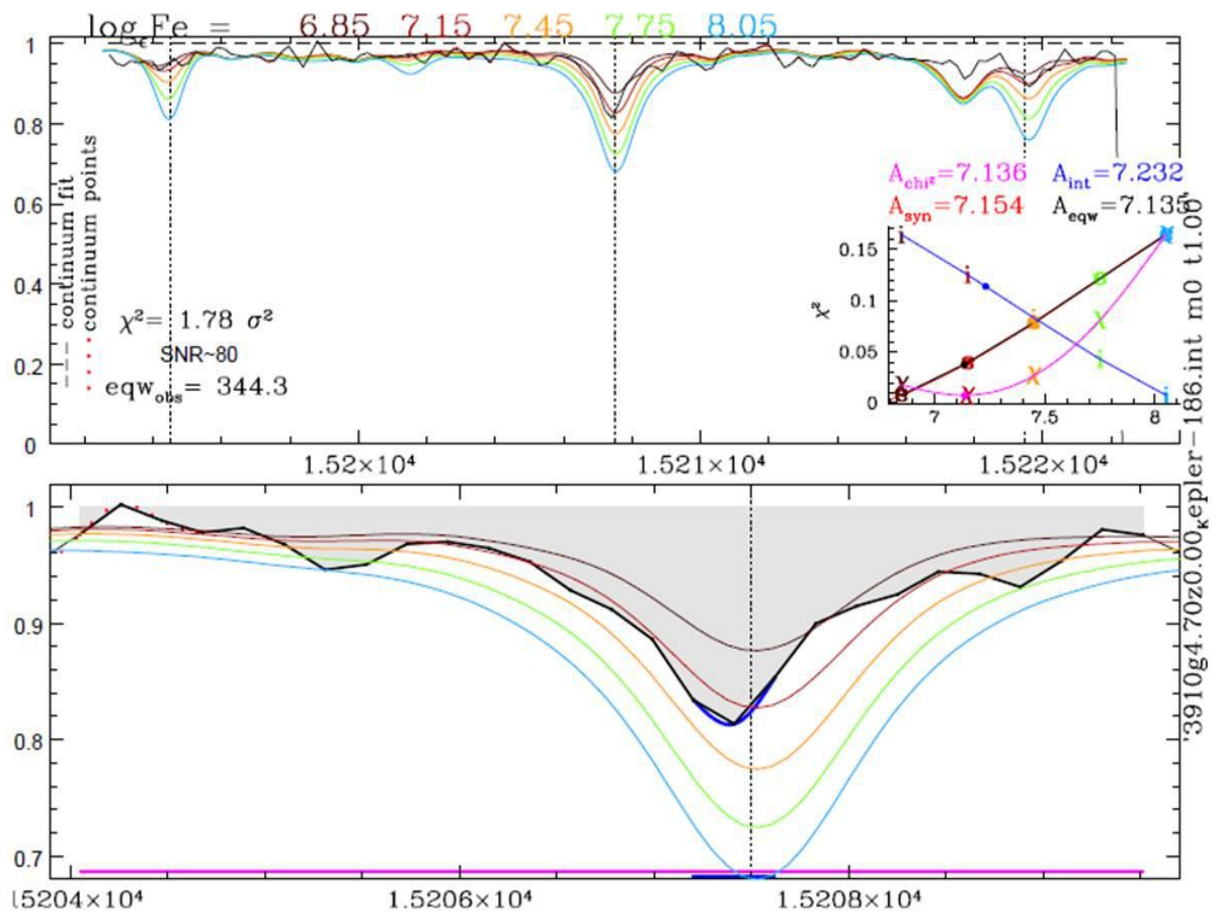


Figura 8 – Síntese espectral da linha de ferro de 15.207,53 Å (considerando os parâmetros atmosféricos calculados via calibração fotométrica) da estrela Kepler-186 gerada através do BACCHUS. Para este elemento e estrela, fizemos uso de um total de 41 linhas espectrais para cálculo da abundância de ferro. Neste trabalho o método de ajuste estatístico utilizado foi o quiquadrado, representado pela curva rosa da Figura.

linhas de FeH ser pouco sensível a ambos parâmetros.

Assim, o procedimento consiste em mapear o cruzamento de duas curvas de abundância de um dado elemento (Fe ou O), por um dado parâmetro atmosférico ( $T_{ef}$  ou  $\log g$ ), sendo uma curva de abundância obtida a partir de uma linha espectral bastante sensível ao parâmetro, e outra pouco ou inversamente sensível. O ponto de cruzamento entre as curvas define tanto o valor do parâmetro atmosférico, como da abundância mais precisa do elemento. A Figura 9 ilustra este procedimento.

Para cada elemento teremos dois valores de abundância elemental, um obtido por meio da temperatura efetiva e outro pela gravidade superficial. Da mesma forma, teremos os parâmetros  $T_{ef}$  e  $\log g$  obtidos tanto por meio do ferro como pelo oxigênio.

Os valores espectroscópicos <sup>1</sup> dos 4 parâmetros ( $T_{ef}$ ,  $\log g$ ,  $A(\text{Fe})$  e  $A(\text{O})$ ) serão

<sup>1</sup> A minha participação no processo de síntese espectral neste trabalho se deu até a etapa de geração

dados pela média aritmética entre os dois valores obtidos para cada um. Assim temos os parâmetros atmosféricos (com a abundância do ferro, obtém-se o parâmetro de metalicidade) e abundâncias obtidos de forma espectroscópica a partir dos espectros APOGEE.

A etapa final consiste em repetir o processo realizado com o código BACCHUS, para determinar todas as abundâncias novamente (incluindo Fe e O). Visto que as abundâncias elementais foram determinadas previamente pelo método de síntese espectral, é possível utilizá-las como entradas em uma nova síntese. Assim, este processo é realizado a partir dos valores de abundâncias obtidos nas etapas anteriores, e dos parâmetros atmosféricos estelares calculados. Os espectros sintéticos e observados das 19 estrelas anãs M da amostra estão no Apêndice A deste trabalho.

## 4.2 Parâmetros Exoplanetários

Nesta seção, serão apresentados os principais parâmetros exoplanetários. São eles temperatura de equilíbrio, grau de insolação, zona de habitabilidade estelar, assim como densidades médias planetárias e abundâncias.

1. Grau de Insolação ( $S_p$ ): o parâmetro grau de insolação descreve o fluxo de radiação que o exoplaneta recebe da estrela. O fluxo de radiação representa a quantidade de energia que atravessa uma unidade de área em uma unidade de tempo. Usualmente o parâmetro é descrito em unidades terrestres ( $S_{\oplus}$ ), assim se  $S_p = 2$ , temos que o planeta recebe o dobro do fluxo de radiação que a Terra recebe do Sol, além disso é usual o grau de insolação ser dado em escala logarítmica, em  $\log S_*$ .

A equação do fluxo planetário é dado pela lei do inverso do quadrado da distância, que no caso exoplanetário pode ser escrita como:

$$S_p = \frac{L_*}{4\pi d^2} \quad (4.14)$$

onde  $L_*$  é a luminosidade da estrela, e  $d$  é a distância entre o planeta e a estrela.

Se dividirmos esta equação pela equação análoga para  $S_{\oplus}$ , teremos:

$$\frac{S_p}{S_{\oplus}} = \frac{L_*}{L_{\odot}} \left( \frac{1 \text{ UA}}{a} \right)^2 \quad (4.15)$$

---

de abundâncias por linha espectral por estrela pelo programa BACCHUS. A análise qualitativa linha a linha e o procedimento de geração dos parâmetros atmosféricos  $\log g$  e  $T_{ef}$  foram realizados pelo orientador deste projeto Diogo Souto. Com os parâmetros atmosféricos e abundâncias espectroscópicas, eu gerei os espectros sintéticos e os comparei aos observados, conforme é apresentado no apêndice desse trabalho. Ressalto que futuramente tais parâmetros atmosféricos e abundâncias serão recalculados com uma lista de linhas espectrais atualizada, e o processo será inteiramente realizado pelo autor desse trabalho.

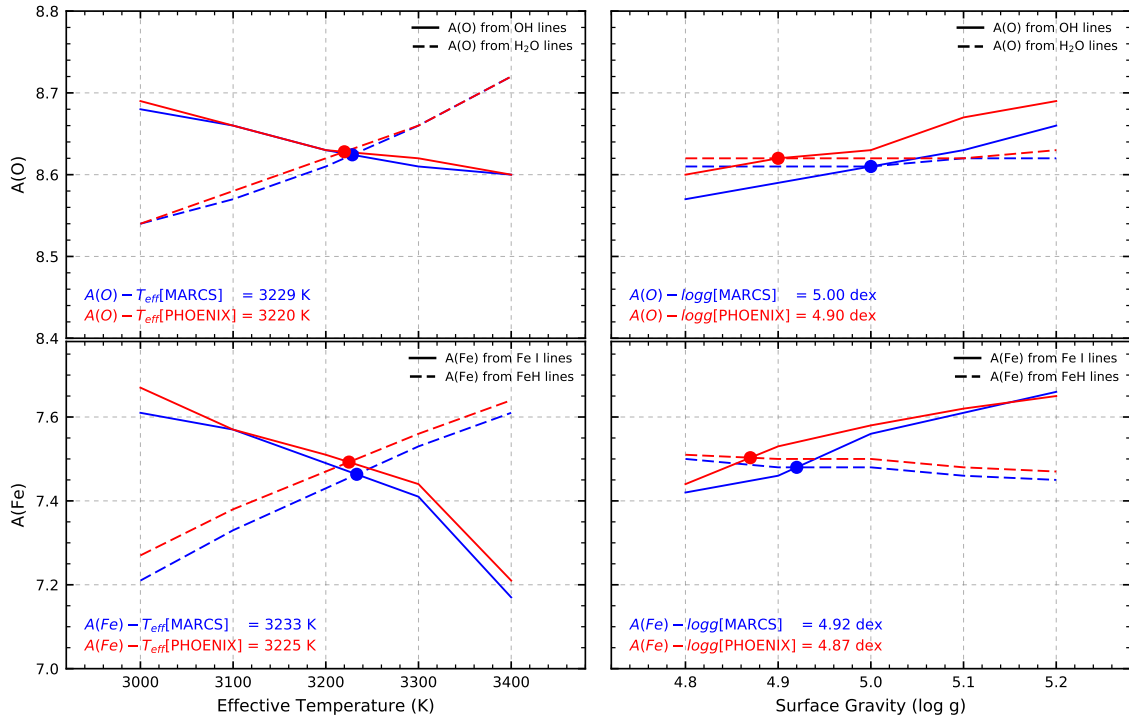


Figura 9 – Imagem extraída de Souto et al. (2018) que ilustra o procedimento de obtenção dos parâmetros atmosféricos e abundâncias de ferro e oxigênio a partir de síntese espectral. O procedimento consiste em mapear o encontro de duas curvas de abundância do mesmo elemento por parâmetro atmosférico, uma obtida a partir de uma linha espectral sensível ao parâmetro e outra pouco ou inversamente sensível. Neste trabalho apenas modelos de atmosferas MARCS foram utilizados, porém na figura temos também modelos PHOENIX, por isso cada painel contém 4 curvas e não 2. Painel esquerdo superior: cruzamento de  $A(O)$  por  $T_{ef}$ , fazendo uso das linhas de OH e H<sub>2</sub>O. Painel direito superior: cruzamento de  $A(O)$  por  $\log g$ , fazendo uso das linhas de OH e H<sub>2</sub>O. Painel esquerdo inferior: cruzamento de  $A(Fe)$  por  $T_{ef}$ , fazendo uso das linhas de Fe I e Fe H. Painel direito inferior: cruzamento de  $A(Fe)$  por  $\log g$ , fazendo uso das linhas de Fe I e Fe H.

onde UA é a unidade que define a distância média Terra-Sol chamada Unidade Astronômica ( $1 \text{ UA} \approx 150.000.000 \text{ km}$ ), e  $a$  é o semieixo maior da órbita planetária.

Ambas luminosidades podem ser descritas pela equação de Stefan-Boltzmann:

$$L_* = 4\pi R_*^2 \sigma T_{ef}^4 \quad (4.16)$$

onde  $R_*$  é o raio da estrela,  $\sigma$  é a constante de Stefan-Boltzmann e  $T_{ef}$  é a temperatura efetiva da estrela.

Substituindo ambas as luminosidades chegamos à equação final:

$$\frac{S_p}{S_{\oplus}} = \left(\frac{R_*}{R_{\odot}}\right)^2 \left(\frac{T_{ef*}}{T_{ef\odot}}\right)^4 \left(\frac{1UA}{a}\right)^2 \quad (4.17)$$

assim, para se ter o grau de insolação do exoplaneta em  $S_{\oplus}$  apenas três parâmetros são necessários: raio da estrela ( $R_{\odot}$ ), temperatura efetiva da estrela ( $T_{ef}$ ) e semieixo maior (UA). Repare que apesar dos dois primeiros serem parâmetros intrínsecos da estrela, o último é dependente da relação entre o planeta e estrela.

2. Temperatura de Equilíbrio: o parâmetro temperatura de equilíbrio ( $T_{eq}$ ) é a temperatura que o planeta teria se sua única fonte de energia fosse a radiação estelar. Dessa forma, não são considerados efeitos provenientes de uma possível atmosfera exoplanetária, ou qualquer outro fenômeno que tenha como consequência a alteração na temperatura do planeta.

Para efeito de comparação a temperatura de equilíbrio da Terra é de 255 K, ou aproximadamente  $-18^{\circ}\text{C}$ . Este valor está abaixo da temperatura média que percebemos, o principal motivo dessa discrepância é o fato de esse indicador não considerar a atmosfera terrestre, que é responsável por reter calor por meio do efeito estufa, aquecendo nosso planeta. Essa discussão justifica a necessidade do estudo de atmosferas exoplanetárias.

O cálculo parte da premissa que a energia absorvida pelo planeta (*power-in* -  $P_{in}$ ) é igual a energia emitida (*power-out* -  $P_{out}$ ), ou seja, considera-se que o planeta irradia energia igual a um corpo negro, reemitindo toda a energia absorvida. Repare que neste caso não consideramos unidades de fluxo, pois não utilizamos a energia por unidade de área absorvida/emitida por segundo, mas sim a energia total absorvida/emitida por segundo.

Assim, o *power-in* é dado pela energia total que atravessa a seção-reta do planeta (aproximada a um círculo) e é absorvida por ele. O parâmetro que define o grau de reflexão do planeta é chamado Albedo ( $A$ ). Se  $A=1$ , temos que toda energia que incide no planeta é refletida e não há absorção, já se  $A=0$ , temos que o planeta absorve toda energia incidente. Assim, o albedo é a fração da energia incidente que é espalhada, considerando todos os comprimentos de onda (Perryman, 2011). Para ilustrar, temos que  $A_{\oplus} = 0,306$ ,  $A_{Marte} = 0,25$  e  $A_{Vênus} = 0,77$ . O alto albedo de Vênus é justificado pela sua densa atmosfera de dióxido de carbono, que reflete 77 % da radiação incidente, fazendo com que seja particularmente difícil observar detalhes de sua superfície. Temos então que:

$$P_{in} = S_p(1 - A_p)\pi R_p^2 \quad (4.18)$$



com a energia absorvida determinada, deve-se calcular a energia emitida pelo planeta. A premissa de que os planetas irradiam energia igual a corpos negros nos possibilita utilizar a Lei de Stefan-Boltzmann para derivar o *power-out*. A equação é a mesma de 4.16, porém, utilizando luminosidades, raios e temperaturas planetários. A temperatura de equilíbrio planetária ocupa a função da temperatura efetiva estelar (mesmo lugar na equação). Além disso, multiplica-se todo o lado direito da equação pela emissividade do planeta ( $\epsilon$ ). Assim, ao igualarmos *power-in* e *power-out*, isolando  $T_{eq}$  chegamos a:

$$T_{eq} = \left( \frac{S_p(1 - A)}{4\sigma\epsilon} \right)^{1/4} \quad (4.19)$$

a emissividade é um parâmetro que indica a eficiência de um corpo como emissor térmico, indo de zero a um. Como consideramos que o planeta irradia como um corpo negro, é usual considerar  $\epsilon=1$  (para efeito de comparação  $\epsilon_{\oplus} = 0,96$ ). Assim, se considerarmos emissividade máxima ( $\epsilon = 1$ ), substituímos  $S_p$  pela equação 4.14, e disso substituímos  $L_*$  pela equação 4.16 chegamos à equação final que nos dá a temperatura de equilíbrio em K:

$$T_{eq} = T_{ef}(1 - A)^{1/4} \sqrt{\frac{R_*}{2a}} \quad (4.20)$$

cabe salientar que diferentemente da equação de grau de insolação, nesta os parâmetros  $R_*$  e  $a$  devem ser utilizados com a mesma unidade dimensional.

3. Zona de Habitabilidade Estelar: apesar de ter incluído este parâmetro nesta seção, é importante destacar que o cálculo da zona de habitabilidade só depende de parâmetros estelares e não planetários. A zona de habitabilidade estelar é a região na órbita estelar em que é possível se obter água líquida na superfície planetária. Existem muitas variáveis que influenciam a possibilidade de existência de água líquida superficial em um planeta. Contudo, assim como discutido para temperatura de equilíbrio, o cálculo da zona de habitabilidade desconsidera efeitos tais como atmosfera exoplanetária, levando em consideração unicamente a energia recebida da estrela hospedeira. Assim, a zona de habitabilidade é definida como uma região compreendida por uma distância mínima (limite interior da zona habitável - ZHI) e máxima (limite exterior da zona habitável - ZHE) da estrela. É comum a zona de habitabilidade ser chamada de *goldilocks zone*, fazendo uma alusão à fábula de Cachinhos Dourados. Essa analogia, decorre do fato de que a zona de habitabilidade deve ser quente o suficiente para que a água não esteja congelada, porém fria o suficiente para que ela não evapore. As equações dos limites da zona de habitabilidade em função da luminosidade são descritas em NASA (2016), que faz uso dos modelos de Kasting et al. (1993).

Neste trabalho calculamos a luminosidade por meio da Lei de Stefan-Boltzmann e com isso calculamos a zona de habitabilidade.

Dito isto, seguem abaixo as equações de ZHI, ZHC (centro da zona de habitabilidade) e ZHE.

$$ZHI/UA = 0,75 \sqrt{\left(\frac{R_*}{R_\odot}\right)^2 \left(\frac{T_{ef*}}{T_{ef\odot}}\right)^4} \quad (4.21)$$

$$ZHC/UA = 1,0 \sqrt{\left(\frac{R_*}{R_\odot}\right)^2 \left(\frac{T_{ef*}}{T_{ef\odot}}\right)^4} \quad (4.22)$$

$$ZHE/UA = 1,77 \sqrt{\left(\frac{R_*}{R_\odot}\right)^2 \left(\frac{T_{ef*}}{T_{ef\odot}}\right)^4} \quad (4.23)$$

conforme representado nas equações, os limites da zona de habitabilidade são dados pela distância da estrela em unidades astronômicas.

Assim, tendo apenas três grandezas (semieixo maior orbital, temperatura efetiva e raio estelar), e se adotarmos um valor de albedo, pode-se obter os 3 parâmetros exoplanetários principais (grau de insolação, temperatura de equilíbrio e zona de habitabilidade).

4. Densidades Médias Planetárias ( $\rho$ ) e Diagramas Massa-Raio: a densidade quantifica como a massa de um corpo está distribuída pelo seu volume. Apesar da densidade se tratar de um parâmetro muito difundido, cabe aqui estabelecer a diferença entre densidade e densidade média.

A densidade é dada pela divisão de um elemento de massa de um corpo pelo seu respectivo elemento de volume. Planetas são corpos não-homogêneos, o que significa que parâmetros tais como composição química e densidade variam camada a camada na estrutura interna do exoplaneta (se fossem corpos homogêneos a densidade e densidade média seriam iguais).

Uma análise da densidade exoplanetária necessitaria de um modelo que descrevesse a estrutura camada a camada do exoplaneta (analogamente a modelos de atmosferas que utilizamos para estrelas). Assim, é comum o estudo de densidades médias, dadas pela divisão entre a massa total pelo volume total do exoplaneta, contudo, a informação da densidade média por si só não é suficiente para estimar a composição interna de um exoplaneta.

Segundo as relações de massa-raio de [Zeng et al. \(2016\)](#), planetas que compartilham dos mesmos valores de densidades médias, podem ter composições internas completamente diferentes. Exemplificando, o trabalho associa um planeta com  $0,0625 M_\oplus$

e  $0,3571 R_{\oplus}$  (ou seja, com  $\rho = 7,5659 \text{ g/cm}^3$ ) a uma composição interna de 100% ferro, e um planeta com  $1,528 M_{\oplus}$  e  $2,113 R_{\oplus}$  (ou seja, com  $\rho = 7,5972 \text{ g/cm}^3$ ) a uma composição interna 100% rochosa. Isso mostra, a importância em se levar em consideração a massa e raio do planeta, além de sua densidade média.

Assim, neste trabalho, objetivando a caracterização da composição interna exoplanetária, faremos uso de relações massa-raio em vez de densidades médias, utilizando uma estratégia de análise similar a realizada por [Souto et al. \(2018\)](#).

5. Abundâncias: em geral, exoplanetas se formam da mesma nuvem de gás que deu origem a suas estrelas hospedeiras (salvo o caso de exoplanetas de outros sistemas que foram aprisionados gravitacionalmente). Assim, é natural adotar a premissa de que ambos os corpos apresentem a mesma composição química.

O estudo de abundâncias estelares é muito importante na caracterização de exoplanetas pois, além de nos fornecer informações a respeito das abundâncias elementares planetárias (assumindo a suposição discutida), existem razões de abundâncias que servem como traçadores de outras características importantes, principalmente no estudo de exoplanetas rochosos.

## 5 Resultados

### 5.1 Análise de Exoplanetas e Estrelas a partir de dados da base da NASA e do ASPCAP (Todas Estrelas)

Nessa seção, apresentaremos alguns resultados gerais referentes às duas amostras (29 exoplanetas que orbitam 19 anãs M e 261 exoplanetas que orbitam 141 estrelas FGK). Em especial, analisaremos os parâmetros exoplanetários de grau de insolação, temperatura de equilíbrio e zona de habitabilidade. É importante destacar que apesar de a base da NASA possuir campos referentes às variáveis  $T_{eq}$  e  $S_p$ , os dados a seguir não são os provenientes da base da NASA, mas sim calculados a partir dela.

Conforme apresentado previamente, o cálculo destes três parâmetros só necessita de três variáveis, são elas: a temperatura efetiva da estrela, o raio estelar e o semieixo maior da órbita planetária. Estas variáveis foram obtidas das seguintes fontes:

- Valores de SMA provenientes da base da NASA e coletados na literatura (conforme detalhado na Tabela 1);
- Valores de raios estelares provenientes da base da NASA;
- Valores de temperaturas efetivas provenientes da base da NASA;
- Valores de temperaturas efetivas provenientes do ASPCAP.

Os parâmetros serão calculados utilizando dois grupos de dados que a partir de agora denominaremos “NASA” e “APOGEE”. Ambos utilizam os mesmos valores de SMA e  $R_*$ , porém enquanto o primeiro usa  $T_{ef}$  da NASA o segundo usa do ASPCAP. Assim, as análises a seguir darão um direcionamento não só à caracterização planetária, mas também serão estudadas as diferenças entre os dois conjuntos de dados.

As Figuras 10, 11 e 12 apresentam as comparações de  $T_{ef}$ ,  $T_{eq}$  e  $S_p$  entre os dois conjuntos de dados. O gráfico superior apresenta os desvios em escala logarítmica, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{APOGEE} > \text{Valor}_{NASA}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{APOGEE} < \text{Valor}_{NASA}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O gráfico inferior apresenta os módulos das variações. Considere por exemplo  $\Delta T_{ef}=1$ , neste caso temos uma diferença de 10 K entre os dados, já se  $\Delta T_{ef}=2$  a diferença é de 100 K e assim sucessivamente.

A distribuição de temperatura efetiva contempla as 160 estrelas da amostra, enquanto as de temperatura de equilíbrio e grau de insolação contemplam os 290 exoplanetas

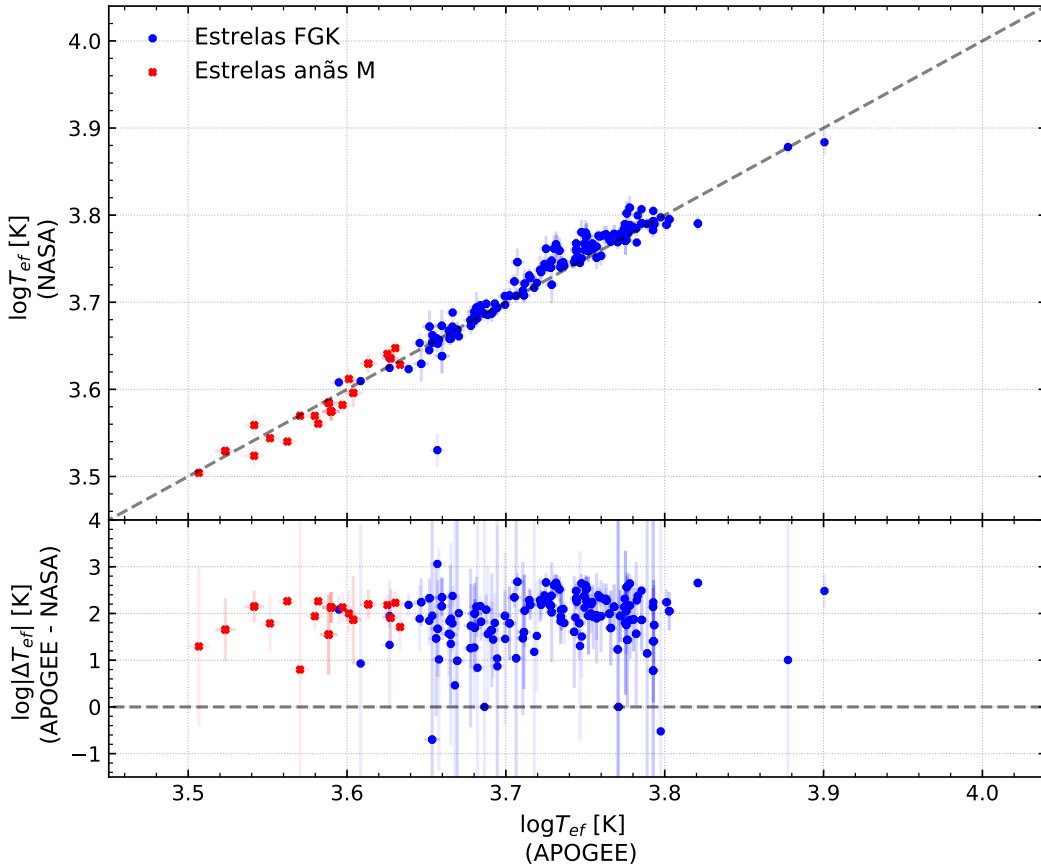


Figura 10 – Análise da variação entre os valores de  $T_{ef}$  das amostras de estrelas anãs M e FGK provenientes da base da NASA e do ASPCAP. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados em escala logarítmica, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{APOGEE} > \text{Valor}_{NASA}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{APOGEE} < \text{Valor}_{NASA}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações em escala logarítmica.

da amostra. A média dos módulos das variações dos valores de temperatura efetiva entre os dois conjuntos de dados foi de  $246 \pm 262$  K. A média dos módulos das variações dos valores de temperatura de equilíbrio e grau de insolação entre os dois conjuntos de dados foram respectivamente de  $20 \pm 20$  K e  $26 \pm 90 S_{\oplus}$ .

Calculamos também a luminosidade estelar, com base nos valores de  $R_{*}$  e  $T_{ef}$  (por meio da Lei de Stefan-Boltzmann) utilizando ambos conjuntos de dados. Os resultados têm impacto na definição da zona de habitabilidade para cada estrela. Assim, com base nessa luminosidade calculada e nos valores de semieixo maior orbital, pode-se determinar quais exoplanetas da amostra estão dentro da zona de habitabilidade de suas respectivas estrelas.

A Figura 13 apresenta a análise da zona de habitabilidade para ambos conjuntos de dados. Planetas com valores de semieixo maior orbital inferiores ao limite interior da zona

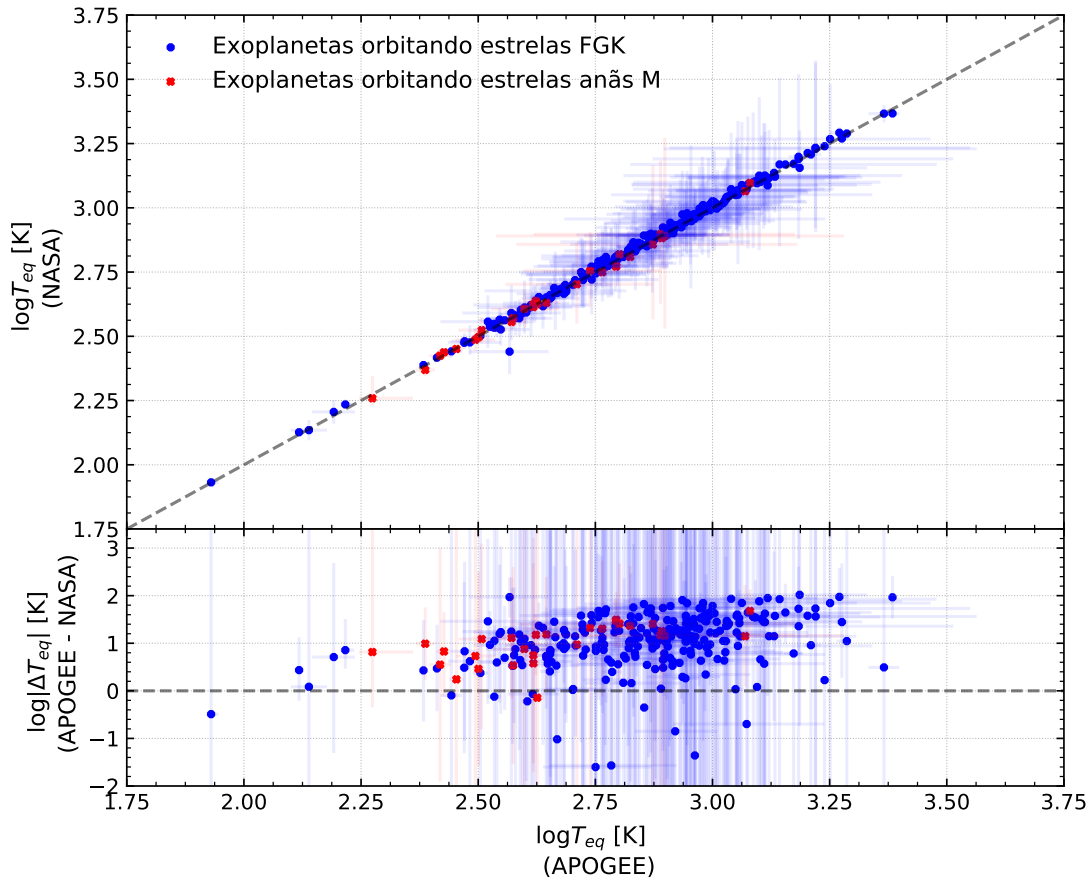


Figura 11 – Análise da variação entre os valores de  $T_{eq}$  das amostras de exoplanetas que orbitam estrelas anãs M e de exoplanetas que orbitam estrelas FGK provenientes da base da NASA e do ASPCAP. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados em escala logarítmica, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{APOGEE} > \text{Valor}_{NASA}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{APOGEE} < \text{Valor}_{NASA}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações em escala logarítmica.

habitável possuem temperaturas de equilíbrio superiores a temperatura de condensação da água. Analogamente, planetas com valores de semieixo maior superiores ao limite exterior da zona habitável possuem temperaturas de equilíbrio abaixo da temperatura de fusão da água. Planetas localizados entre ambas as faixas estão dentro da zona de habitabilidade estelar podendo apresentar água líquida na superfície, o que é de maior interesse astrobiológico. É importante destacar que essa análise leva em consideração apenas o fluxo estelar recebido pelo exoplaneta da estrela hospedeira, a confirmação da existência de água líquida na superfície exige outras análises adicionais como, por exemplo, efeitos da atmosfera planetária.

A Tabela 4 apresenta os exoplanetas dentre os 290 da amostra que tiveram indicação de estar dentro da zona de habitabilidade de suas estrelas em algum dos quatro cenários estipulados. Nesta análise consideramos tanto os exoplanetas que possuem SMA entre os

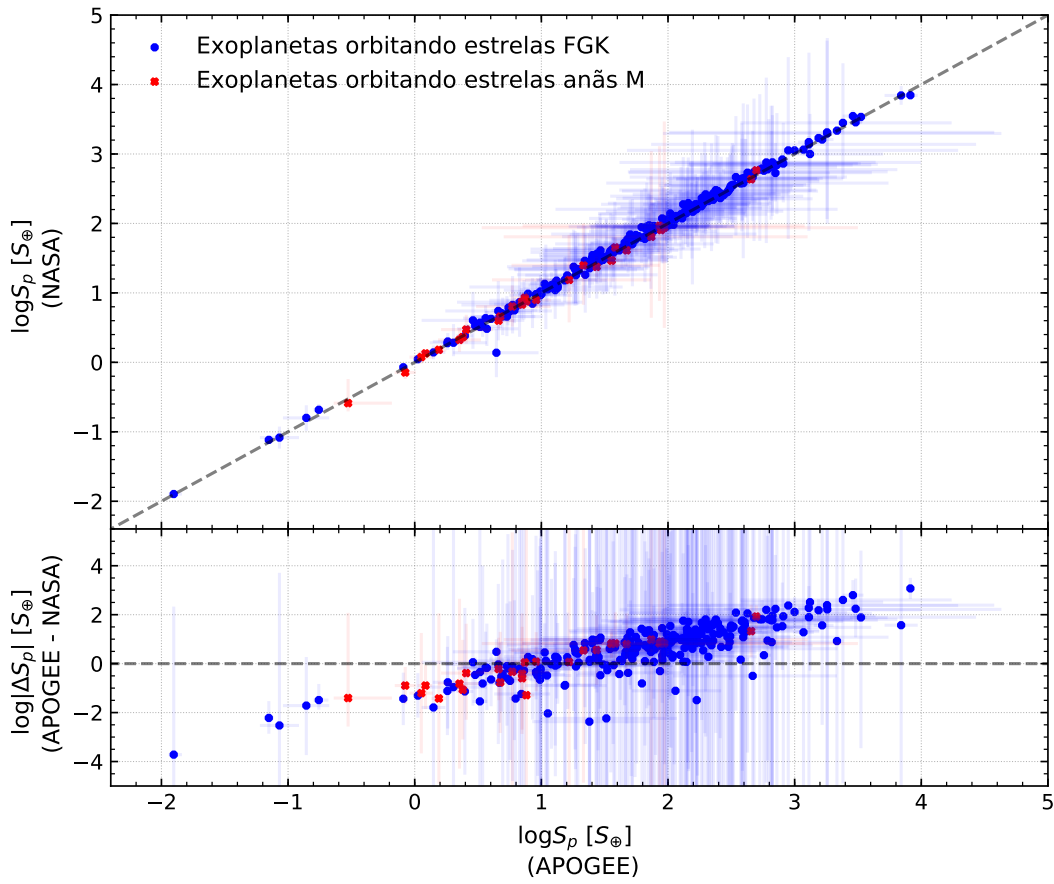


Figura 12 – Análise da variação entre os valores de  $S_p$  das amostras de exoplanetas que orbitam estrelas anãs M e de exoplanetas que orbitam estrelas FGK provenientes da base da NASA e do ASPCAP. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados em escala logarítmica, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{APOGEE} > \text{Valor}_{NASA}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{APOGEE} < \text{Valor}_{NASA}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações em escala logarítmica.

ZHI e ZHE de suas estrelas hospedeiras, como também, os que passam a atender o critério ao se considerar a margem de erro das zonas de habitabilidade.

Um total de 17 exoplanetas caem em algum dos critérios estabelecidos; destes, 6 são hospedados por estrelas anãs M. Dado que apenas 10% da amostra de exoplanetas é hospedado por anãs M (29 de 290), o fato de cerca de 35% dos exoplanetas que atendem estes critérios serem hospedados por este tipo de estrela é significativo. Esta análise ilustra o que foi discutido previamente neste trabalho, que existe uma maior probabilidade de se encontrar exoplanetas localizados dentro da zona de habitabilidade de suas estrelas, quando hospedados por anãs M, do que quando hospedados por outros tipos de estrelas.

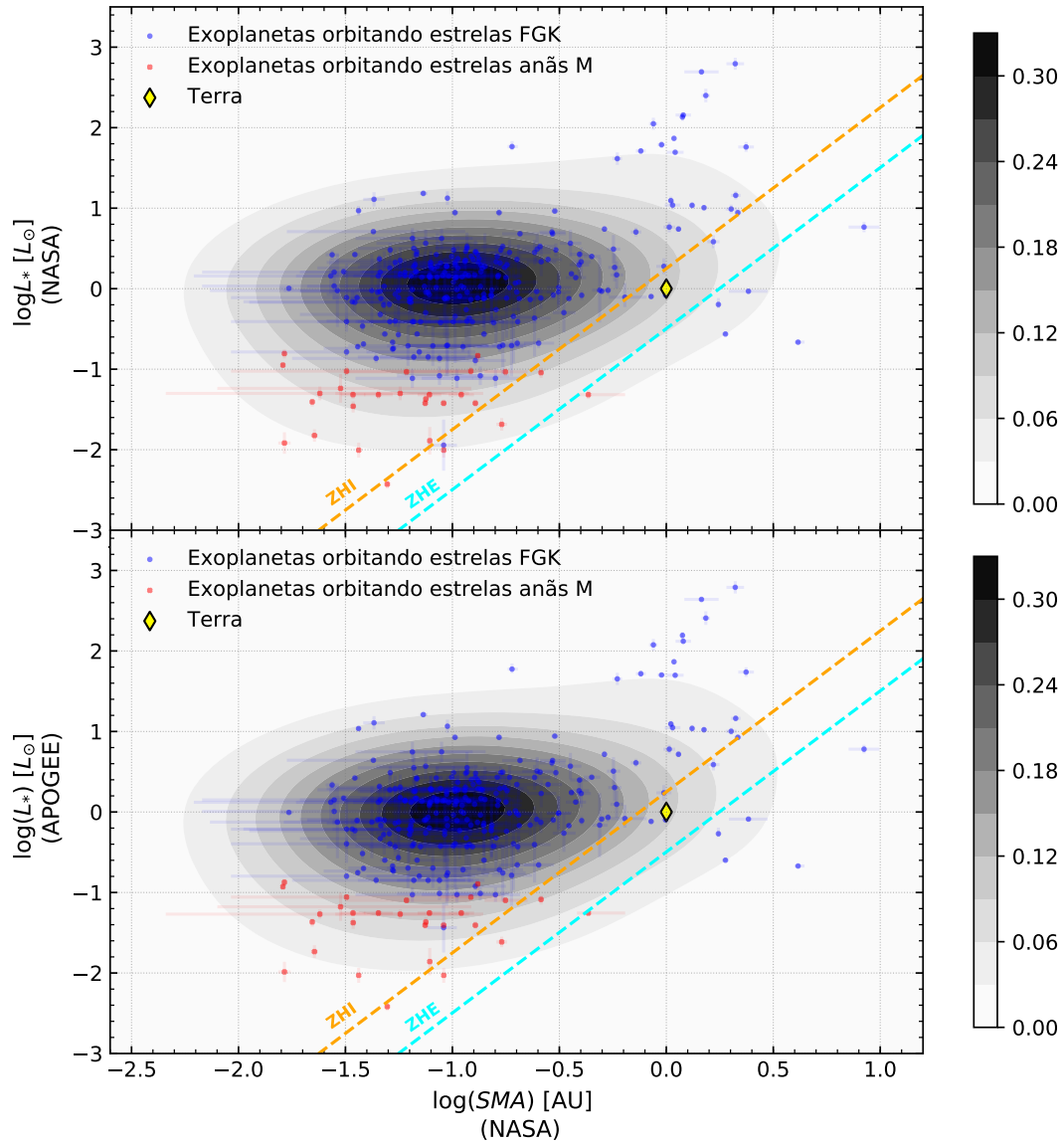


Figura 13 – Distribuição de exoplanetas em órbita de estrelas anãs M e FGK, em função da luminosidade estelar e semieixo maior planetário, ambos em escala logarítmica. A barra de cor indica a PDF (função de densidade de probabilidade) dos dados, o modelo utilizado foi de uma KDE (*Kernel Density Distribution*). A reta laranja é o limite interior da zona de habitabilidade (ZHI) e a azul clara o limite exterior (ZHE). A luminosidade estelar e limites da zona habitável foram obtidos a partir de dados da NASA no painel superior, e a partir de dados do APOGEE no inferior.



Exoplaneta	Amostra	$ZH_{NASA}$	$ZH_{APOGEE}$	$ZH_{NASA}$ (erros)	$ZH_{APOGEE}$ (erros)
GJ 273 b	Anãs M	✓	✓	✓	✓
GJ 625 b	Anãs M	×	×	✓	✓
GJ 687 b	Anãs M	✓	✓	✓	✓
Kepler-1410 b	Anãs M	✓	✓	✓	✓
Kepler-186 f	Anãs M	×	×	×	✓
Ross 128 b	Anãs M	✓	✓	✓	✓
Kepler-22 b	Estrelas FGK	✓	✓	✓	✓
Kepler-241 c	Estrelas FGK	×	×	✓	✓
Kepler-258 c	Estrelas FGK	×	×	✓	✓
Kepler-263 c	Estrelas FGK	×	×	✓	✓
Kepler-344 c	Estrelas FGK	×	×	✓	✓
Kepler-47 c	Estrelas FGK	✓	✓	✓	✓
Kepler-56 d	Estrelas FGK	×	×	✓	✓
Kepler-69 c	Estrelas FGK	×	×	✓	✓
HD 148284 b	Estrelas FGK	×	×	✓	✓
HD 38801 b	Estrelas FGK	✓	✓	✓	✓
K2-9 b	Estrelas FGK	✓	×	✓	×

Tabela 4 – Lista de exoplanetas da amostra que estão dentro da zona de habitabilidade de suas estrelas hospedeiras considerando os valores de ZHI e ZHE da NASA, do APOGEE, ou a margem de erro destes índices. O símbolo “✓” indica que o exoplaneta está dentro da zona de habitabilidade dentro do critério considerado, enquanto o símbolo “×” indica que não está.

## 5.2 Análise de Exoplanetas e Estrelas a partir de Espectros APOGEE (Anãs M)

A partir de calibrações fotométricas calculamos os valores de  $T_{ef}$ ,  $\log g$  e  $[\text{Fe}/\text{H}]$  para as 19 anãs M da amostra. Utilizando estes indicadores como entradas derivamos valores atmosféricos e abundâncias por meio do método de síntese espectral (o procedimento utilizado foi discutido no capítulo 4).

Nesta seção, analisaremos as diferenças entre parâmetros obtidos de conjuntos de dados diferentes. Além dos dados da NASA e APOGEE que utilizamos e definimos na seção anterior, analisaremos os dados provenientes das calibrações fotométricas e da síntese espectral. Ambas fontes de dados usam os valores de SMA da NASA/literatura, porém enquanto os dados calibrados por fotometria utilizam a metalicidade calibrada, a temperatura efetiva calibrada, a massa estelar calibrada e o raio estelar calibrado a partir da metalicidade calibrada, os dados espectroscópicos utilizam a metalicidade espectroscópica, a temperatura efetiva espectroscópica, a gravidade superficial espectroscópica e o raio estelar calibrado a partir da metalicidade espectroscópica.

A seguir, mostraremos 5 figuras que objetivam apresentar a diferença entre os

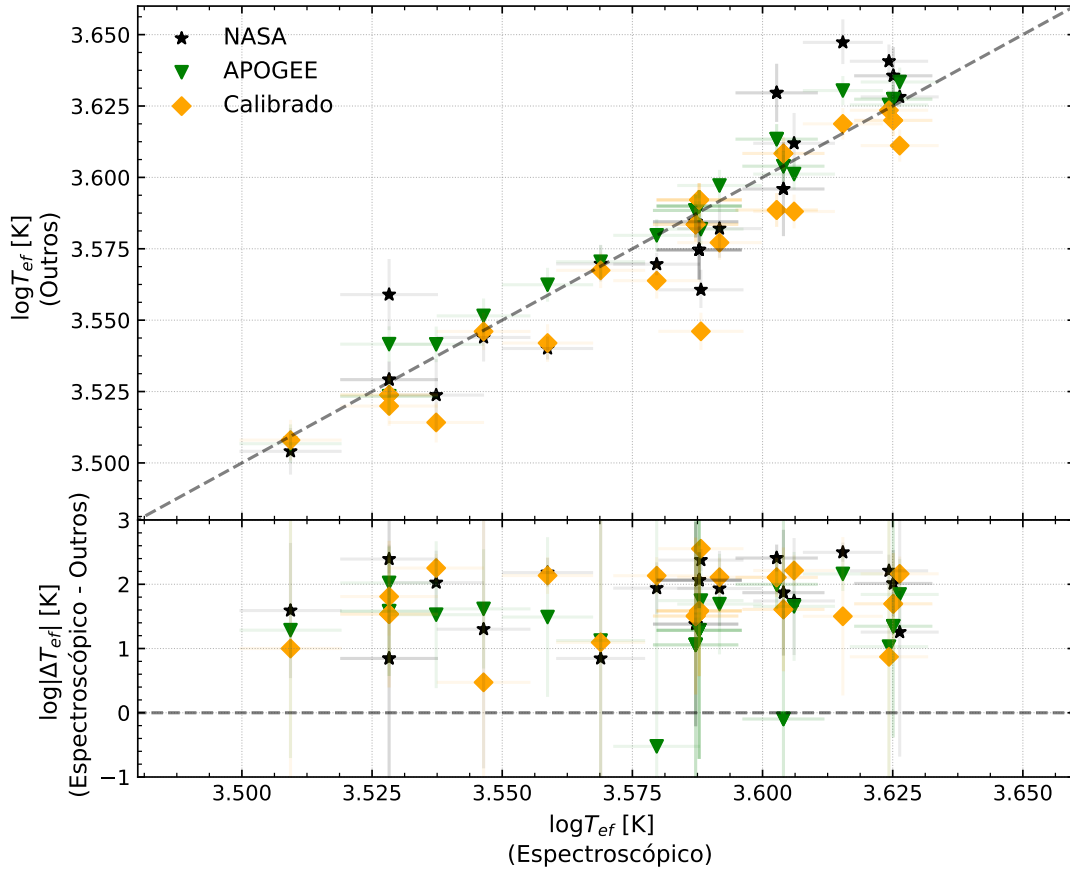


Figura 14 – Análise da variação entre os valores de  $T_{ef}$  da amostra de estrelas anãs M provenientes de valores espectroscópicos, da NASA, do APOGEE e calibrados por fotometria. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados em escala logarítmica, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} > \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} < \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações em escala logarítmica.

conjuntos de dados. As figuras de  $T_{ef}$  (Figura 14),  $\log g$  (Figura 17) e  $[\text{Fe}/\text{H}]$  (Figura 18) contemplam as 19 estrelas da amostra e as figuras de  $T_{eq}$  (Figura 15) e  $S_p$  (Figura 16) os 29 exoplanetas hospedados por elas.

A interpretação das figuras é análoga às Figuras 10, 11 e 12, porém, cabe destacar uma particularidade. Os eixos verticais dos gráficos inferiores das figuras de  $\log g$  (Figura 17) e  $[\text{Fe}/\text{H}]$  (Figura 18) não apresentam o logaritmo do módulo da diferença como os demais, mas sim a diferença absoluta.

Assim, se no gráfico inferior da figura de temperatura efetiva temos um ponto apresentando a coordenada vertical -1, isso significa que há uma diferença de 0,1 K. Em contrapartida, no gráfico inferior de  $[\text{Fe}/\text{H}]$  ou  $\log g$ , isso indicaria que o conjunto de dados associado é 1.0 dex superior ao valor espectroscópico.

A Figura 19 é análoga a Figura 13, ela mostra onde se localizam os exoplanetas

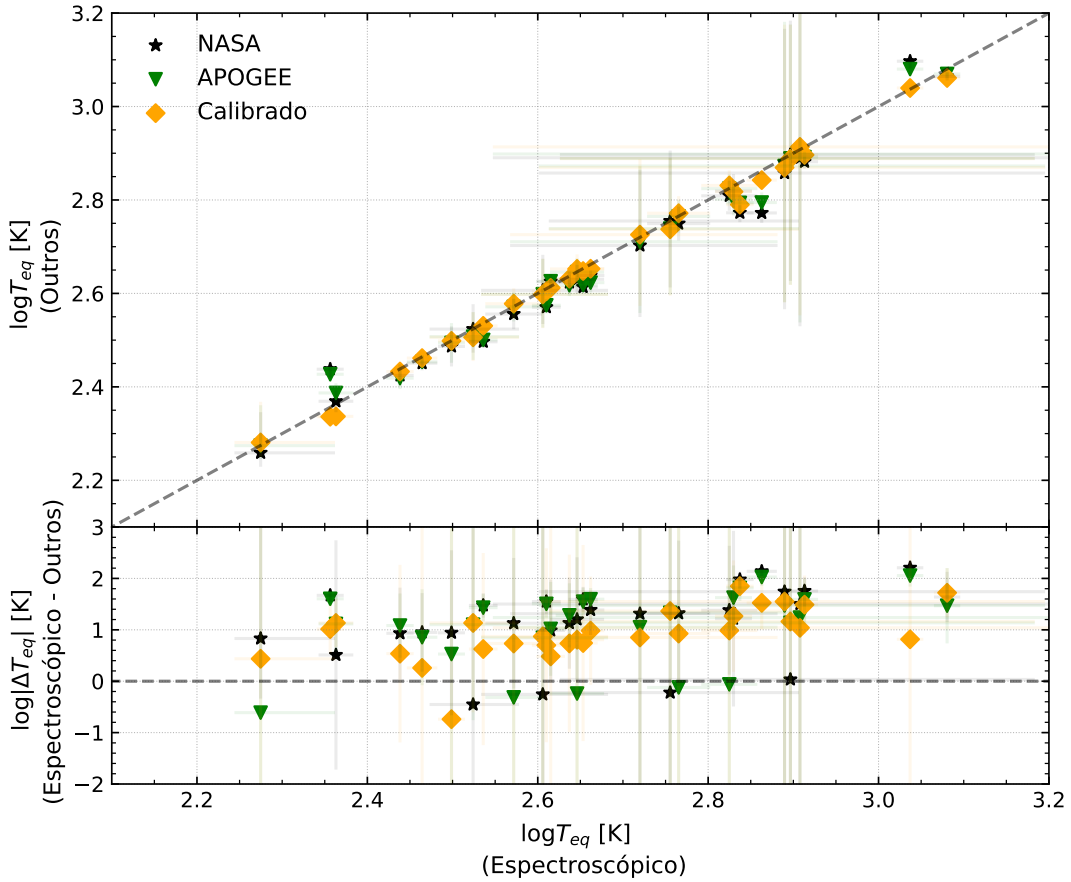


Figura 15 – Análise da variação entre os valores de  $T_{eq}$  da amostra de exoplanetas que orbitam estrelas anãs M provenientes de valores espectroscópicos, da NASA, do APOGEE e calibrados por fotometria. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados em escala logarítmica, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} > \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} < \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações em escala logarítmica.

que orbitam estrelas anãs M da amostra em relação à zona de habitabilidade de suas estrelas hospedeiras. A Tabela 5 apresenta o módulo da diferença média entre os diferentes parâmetros e diferentes conjuntos de dados que foram apresentados nesta seção

Assim como na seção anterior, verificamos novamente a listagem de exoplanetas que se encontram dentro da zona de habitabilidade de suas respectivas estrelas, porém considerando agora os dados calibrados por fotometria e espectroscópicos. A Tabela 6 apresenta os resultados referentes a estes dados, e apresenta a listagem de todos os exoplanetas de anãs M que com base em algum dos 8 cenários (NASA, APOGEE, calibrados e espectroscópicos e suas margens de erro) estão dentro da zona de habitabilidade. Dos 29 exoplanetas de anãs M da amostra, apenas 3 cumpriram os requisitos de habitabilidade considerando os 8 critérios considerados (NASA, APOGEE, calibrados, espectroscópicos e

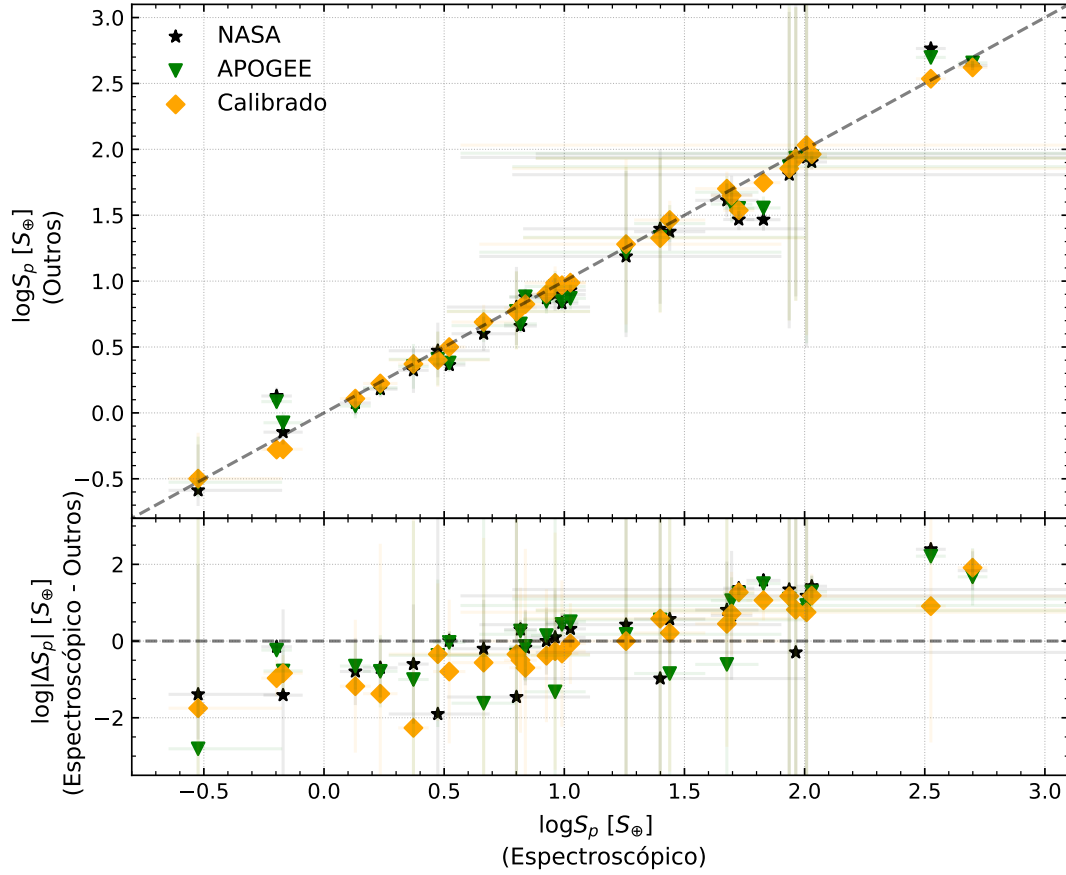


Figura 16 – Análise da variação entre os valores de  $S_p$  da amostra de exoplanetas que orbitam estrelas anãs M provenientes de valores espectroscópicos, da NASA, do APOGEE e calibrados por fotometria. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados em escala logarítmica, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} > \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} < \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações em escala logarítmica.

Parâmetro	NASA	APOGEE	Calibrado
$T_{ef}$ [K]	$111 \pm 94$	$43 \pm 39$	$89 \pm 88$
$\log g$ [cm/s <sup>2</sup> ]	$0,05 \pm 0,04$	$0,37 \pm 0,10$	$0,04 \pm 0,04$
[Fe/H]	$0,15 \pm 0,10$	$0,16 \pm 0,15$	$0,17 \pm 0,12$
$T_{eq}$ [K]	$32 \pm 39$	$26 \pm 28$	$14 \pm 16$
$S_p$ [S <sub>⊕</sub> ]	$16,3 \pm 46,9$	$11,6 \pm 31,1$	$6,3 \pm 15,5$

Tabela 5 – Média do módulo da diferença entre os parâmetros espectroscópicos e os demais conjuntos de dados (NASA e calibrados por fotometria)

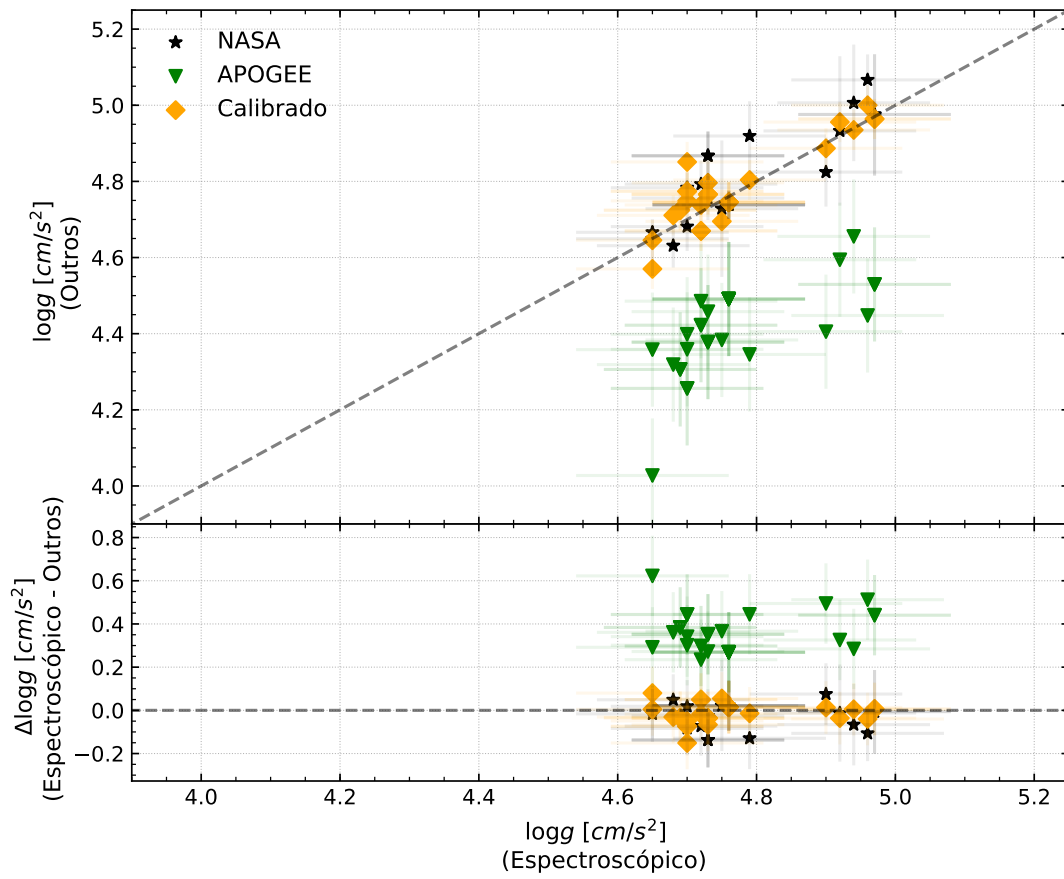


Figura 17 – Análise da variação entre os valores de  $\log g$  da amostra de estrelas anãs M provenientes de valores espectroscópicos, da NASA, do APOGEE e calibrados por fotometria. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados, evidenciando desvios para cima ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} > \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ) e para baixo ( $\text{Valor}_{\text{Espectroscópico}} < \text{Valor}_{\text{Outro}}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações.

suas menrgens de erro), são eles GJ 687 b, Kepler-1410 b e Ross 128 b.

Finalizamos a análise das zonas de habitabilidade, destacando que (considerando os 8 critérios apresentados), ao passo que 21% dos exoplanetas que orbitam estrelas anãs M estão dentro das zonas habitáveis de suas respectivas estrelas, esse número é apenas 4% para exoplanetas que orbitam estrelas FGK. Este resultado está em linha com a discussão prévia acerca da probabilidade de detecção de exoplanetas que orbitam estrelas anãs M localizados dentro da zona habitável de suas estrelas hospedeiras.

### 5.3 Análise de Razões de Abundâncias (Todas Estrelas)

Em ciências planetárias, o conceito de habitabilidade é claro. Um planeta habitável é aquele que tem condições de ter água líquida na superfície. Nesta seção e, na seguinte, apresentaremos a habitabilidade com foco em duas óticas diferentes; contudo é importante

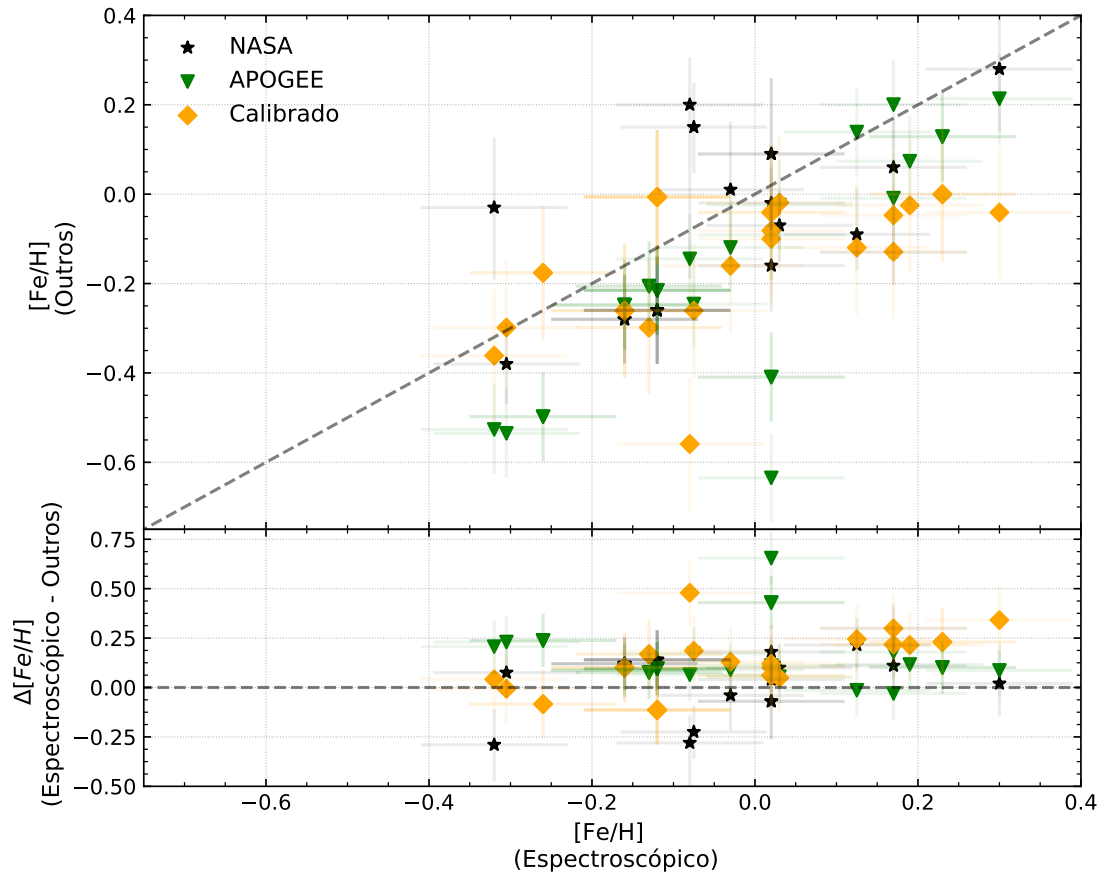


Figura 18 – Análise da variação entre os valores de  $[Fe/H]$  da amostra de estrelas anãs M provenientes de valores espectroscópicos, da NASA, do APOGEE e calibrados por fotometria. O painel superior apresenta os desvios entre os conjuntos de dados, evidenciando desvios para cima ( $Valor_{Espectroscópico} > Valor_{Outro}$ ) e para baixo ( $Valor_{Espectroscópico} < Valor_{Outro}$ ). A reta representa a adequação entre os conjuntos de dados. O painel inferior apresenta os módulos das variações. Seis estrelas da amostra não possuem dados de  $[Fe/H]$  da NASA e calibrados por fotometria. Sete estrelas da amostra não possuem dados de  $[Fe/H]$  da NASA. Uma estrela da base da NASA possui o valor de  $[M/H]$  ao invés de  $[Fe/H]$ , ela foi considerada na Figura.

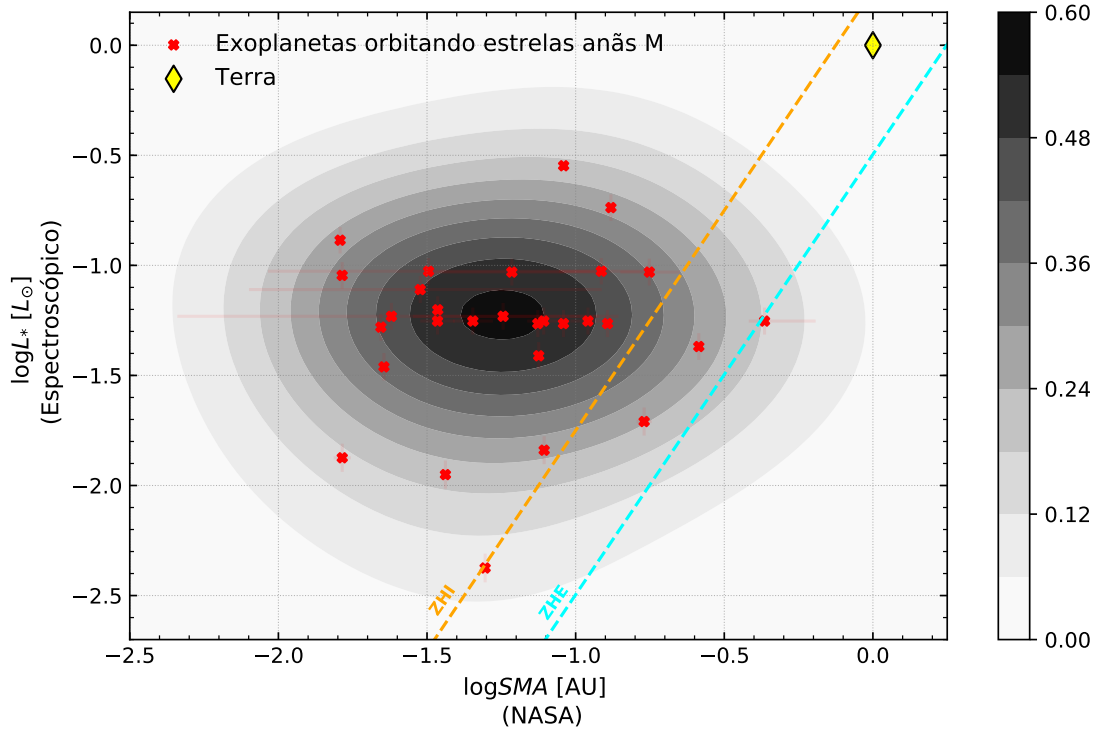


Figura 19 – Distribuição de exoplanetas em órbita de estrelas anãs M em função da luminosidade estelar e semieixo maior planetário, ambos em escala logarítmica. A barra de cor indica a PDF (função de densidade de probabilidade) dos dados. O modelo utilizado foi de uma KDE (*Kernel Density Distribution*). A reta laranja é a zona de habitabilidade interior (ZHI) e a azul clara a exterior (ZHE). A luminosidade estelar e os limites da zona habitável foram determinados a partir dos dados espectroscópicos.

Exoplaneta	$ZH_{Calibrados}$	$ZH_{Espectroscópicos}$	$ZH_{Calibrados}$ (erros)	$ZH_{Espectroscópicos}$ (erros)
GJ 273 b	✓	×	✓	×
GJ 625 b	×	×	×	×
GJ 687 b	✓	✓	✓	✓
Kepler-1410 b	✓	✓	✓	✓
Kepler-186 f	×	×	✓	✓
Ross 128 b	✓	✓	✓	✓

Tabela 6 – Lista de exoplanetas da amostra de anãs M que estão dentro da zona de habitabilidade de suas estrelas hospedeiras considerando os valores de ZHI e ZHE da NASA, do APOGEE, com dados calibrados por fotometria e espectroscópicos ou considerando a margem de erro destas fontes. O símbolo “✓” indica que o exoplaneta está dentro da zona de habitabilidade dentro do critério considerado, enquanto o símbolo “×” indica que está fora da zona de habitabilidade.

ressaltar que a habitabilidade que será discutida não é a expressa acima. Serão discutidos fatores exoplanetários relacionados à existência e manutenção da vida que não se limitam à existência de água líquida na superfície.

Nesta seção, abordaremos a habitabilidade sob a ótica das razões de abundâncias nos sistemas. Em geral, espera-se que exoplanetas e estrelas hospedeiras sejam provenientes da mesma nuvem molecular; portanto, é razoável adotar a premissa de que ambos os corpos possuem uma química similar.

Assim, analisaremos duas razões de abundâncias: a razão C/O e a razão Mg/Si. O modelo empregado foi apresentado em [Brewer and Fischer \(2016\)](#), e é particularmente importante na caracterização de planetas rochosos.

- A razão C/O: o monóxido de carbono (CO) é dominante em discos protoplanetários gasosos, de modo que se a razão de C/O estiver acima de um dado valor (que aqui adotaremos como 1) restará pouco oxigênio livre para formar silicatos e a estrutura dos planetesimos será dominada por carbonatos, podendo formar cristais de diamante a altas pressões. Já se a razão C/O for inferior a este valor, a geologia dos planetesimos será formada por silicatos de magnésio. A razão C/O solar é de aproximadamente 0,54.

A ocorrência de estrelas com razão C/O superior a 1 é extremamente incomum, e a estrutura exoplanetária nesses casos não é bem conhecida. Por isso, das 160 estrelas da amostra, as 6 que possuem valores de C/O superiores a 1 foram retiradas das análises (representando 9 exoplanetas de estrelas FGK da amostra), pois os valores das abundâncias de carbono para estas estrelas foram considerados insatisfatórios.

- A razão Mg/Si: para os casos onde  $C/O < 1$  (que engloba nossa amostra), é dado que a mineralogia de exoplanetas rochosos será dominada por silicatos. Assim, a razão Mg/Si irá definir a composição interna destes exoplanetas, conforme abaixo:
  1.  $Mg/Si < 1$ : o magnésio será consumido, e a estrutura interna do exoplaneta será dominada por piroxênio ( $MgSiO_3$ );
  2.  $1 < Mg/Si < 2$ : a estrutura interna do exoplaneta será dominada por um misto de piroxênio e olivina ( $Mg_2SiO_4$ ), conforme ocorre no nosso sistema solar. A razão Mg/Si solar é de aproximadamente 1,05;
  3.  $Mg/Si > 2$ : a estrutura interna do exoplaneta será dominada por olivina e outros compostos de magnésio (como MgO e MgS).

Piroxênios e olivinas são os minerais mais abundantes do manto terrestre, e isso é de grande importância para a habitabilidade planetária.



As placas tectônicas da Terra possibilitam a existência do ciclo do carbono, o que é fundamental na regulação da temperatura na superfície terrestre. Se a composição do manto terrestre fosse mais rígida, possivelmente não seria possível a existência a longo prazo de placas tectônicas, o que inviabilizaria a manutenção da vida. Além de desempenhar um papel importante na regulação climática, as placas tectônicas são fundamentais para a existência de um campo magnético planetário (Foley and Driscoll, 2016), o que por sua vez é importante na proteção da Terra de ventos solares que erodiriam a atmosfera terrestre. Assim, pode-se inferir que sistemas planetários com  $1 < \text{Mg}/\text{Si} < 2$  possuem uma maior possibilidade de serem habitáveis.

Sugere-se que Vênus já foi habitável no passado, possuindo um oceano de água líquida; porém com o aumento de luminosidade solar este oceano foi evaporado. Visto que o planeta não possuía placas tectônicas, não houve regulação térmica, o que desencadeou um efeito estufa descontrolado. Hoje o planeta é completamente inabitável, tendo temperaturas superiores a Mercúrio apesar de estar mais distante do Sol.

As figuras presentes nesta seção apresentam resultados das razões C/O, Mg/Si e [Fe/H] para a amostra de exoplanetas e estrelas. Para as estrelas anãs M da amostra, os valores apresentados nos gráficos são os determinados neste trabalho, os demais são os referentes ao ASPCAP.

A Figura 20 apresenta a distribuição de razões C/O e Mg/Si das estrelas da amostra em função da metalicidade. Estrelas com  $1 < \text{Mg}/\text{Si} < 2$ , apresentam uma maior possibilidade de possuir exoplanetas rochosos com composição mineralógica interna similar à da Terra. A Tabela 7 apresenta a relação das 57 estrelas (referentes a 6 exoplanetas<sup>1</sup> de estrelas anãs M e 105 de estrelas FGK) que atendem este critério.

Tabela 7 – Lista de estrelas da amostra que possuem  $\text{C}/\text{O} > 1$  e  $1 < \text{Mg}/\text{Si} < 2$ , indicando a possibilidade de uma composição química similar a do nosso sistema solar.

Estrela	Amostra	Mg/Si	Estrela	Amostra	Mg/Si
GJ 273	Anãs M	1,30	Kepler-241	Estrelas FGK	1,14
GJ 625	Anãs M	1,34	Kepler-245	Estrelas FGK	1,35
GJ 687	Anãs M	1,30	Kepler-258	Estrelas FGK	1,13
Kepler-1651	Anãs M	1,14	Kepler-261	Estrelas FGK	1,16
Ross 128	Anãs M	1,14	Kepler-263	Estrelas FGK	1,03
CoRoT-7	Estrelas FGK	1,01	Kepler-274	Estrelas FGK	1,18
HAT-P-12	Estrelas FGK	1,54	Kepler-28	Estrelas FGK	1,18
HAT-P-18	Estrelas FGK	1,05	Kepler-320	Estrelas FGK	1,01
HD 104985	Estrelas FGK	1,02	Kepler-323	Estrelas FGK	1,01
HD 114762	Estrelas FGK	1,06	Kepler-326	Estrelas FGK	1,09
HD 158038	Estrelas FGK	1,01	Kepler-333	Estrelas FGK	1,24

Continua na próxima página...

<sup>1</sup> GJ 273 b, GJ 273 c, GJ 625 b, GJ 687 b, Kepler-1651 b e Ross 128 b.

Continuação da Tabela 7...

Estrela	Amostra	Mg/Si	Estrela	Amostra	Mg/Si
HD 32518	Estrelas FGK	1,08	Kepler-344	Estrelas FGK	1,04
HD 75784	Estrelas FGK	1,01	Kepler-345	Estrelas FGK	1,15
K2-121	Estrelas FGK	1,08	Kepler-36	Estrelas FGK	1,01
Kepler-10	Estrelas FGK	1,18	Kepler-367	Estrelas FGK	1,21
Kepler-126	Estrelas FGK	1,10	Kepler-371	Estrelas FGK	1,14
Kepler-130	Estrelas FGK	1,25	Kepler-378	Estrelas FGK	1,22
Kepler-135	Estrelas FGK	1,02	Kepler-383	Estrelas FGK	1,22
Kepler-144	Estrelas FGK	1,02	Kepler-390	Estrelas FGK	1,09
Kepler-156	Estrelas FGK	1,08	Kepler-398	Estrelas FGK	1,35
Kepler-163	Estrelas FGK	1,01	Kepler-410 A	Estrelas FGK	1,01
Kepler-167	Estrelas FGK	1,16	Kepler-411	Estrelas FGK	1,15
Kepler-197	Estrelas FGK	1,07	Kepler-447	Estrelas FGK	1,00
Kepler-20	Estrelas FGK	1,24	Kepler-539	Estrelas FGK	1,01
Kepler-206	Estrelas FGK	1,03	Kepler-69	Estrelas FGK	1,16
Kepler-208	Estrelas FGK	1,00	Kepler-81	Estrelas FGK	1,17
Kepler-210	Estrelas FGK	1,31	Kepler-91	Estrelas FGK	1,03
Kepler-215	Estrelas FGK	1,04	alf Tau	Estrelas FGK	1,00
Kepler-22	Estrelas FGK	1,09	-	-	-

As Figuras 21 e 22, apresentam a distribuição de razões C/O e Mg/Si das estrelas da amostra em função da metalicidade e raios planetários. A primeira destaca sistemas de anãs M, e a segunda, planetas que orbitam estrelas FGK. Os raios planetários de exoplanetas que orbitam anãs M foram obtidos por meio de calibração fotométrica do raio estelar, fazendo uso da metalicidade espectroscópica; para os demais exoplanetas, os valores são os apresentados na base da NASA. Nessas figuras a área rachurada em cinza demarca a região dos exoplanetas com raio inferior a 1,5 raios terrestres, que é a região dos exoplanetas com raio tipo terrestre, tais planetas possuem uma grande chance de serem rochosos. A Figura 22 mostra uma correlação positiva entre a metalicidade e a razão de abundâncias C/O para exoplanetas que orbitam estrelas FGK. Esta tendência será analisada com mais detalhes em um trabalho futuro, tendo em vista que as abundâncias de oxigênio obtidas pelo APOGEE para estrelas FGK podem apresentar maiores incertezas e estão ligadas a evolução química da galáxia (Souto et al., 2019).

Dos 261 exoplanetas de estrelas FGK da amostra, 228 possuem dados de raio planetário, dos quais 60 possuem raio tipo terrestre. Para anãs M, dos 29 exoplanetas, 24 possuem dados de raio planetário, dos quais 13 possuem raio tipo terrestre. Assim, 54% da amostra de exoplanetas que orbitam anãs M e possuem informação de raio, possuem raio do tipo terrestre, ao passo que esse percentual é de 26% para estrelas FGK, o que corrobora a maior probabilidade que anãs M possuem de abrigar planetas rochosos.

Dos 6 exoplanetas que orbitam anãs M tendo  $1 < \text{Mg/Si} < 2$ , o único para o qual temos medição de raio planetário é o exoplaneta Kepler-1651 b, com aproximadamente 2,1

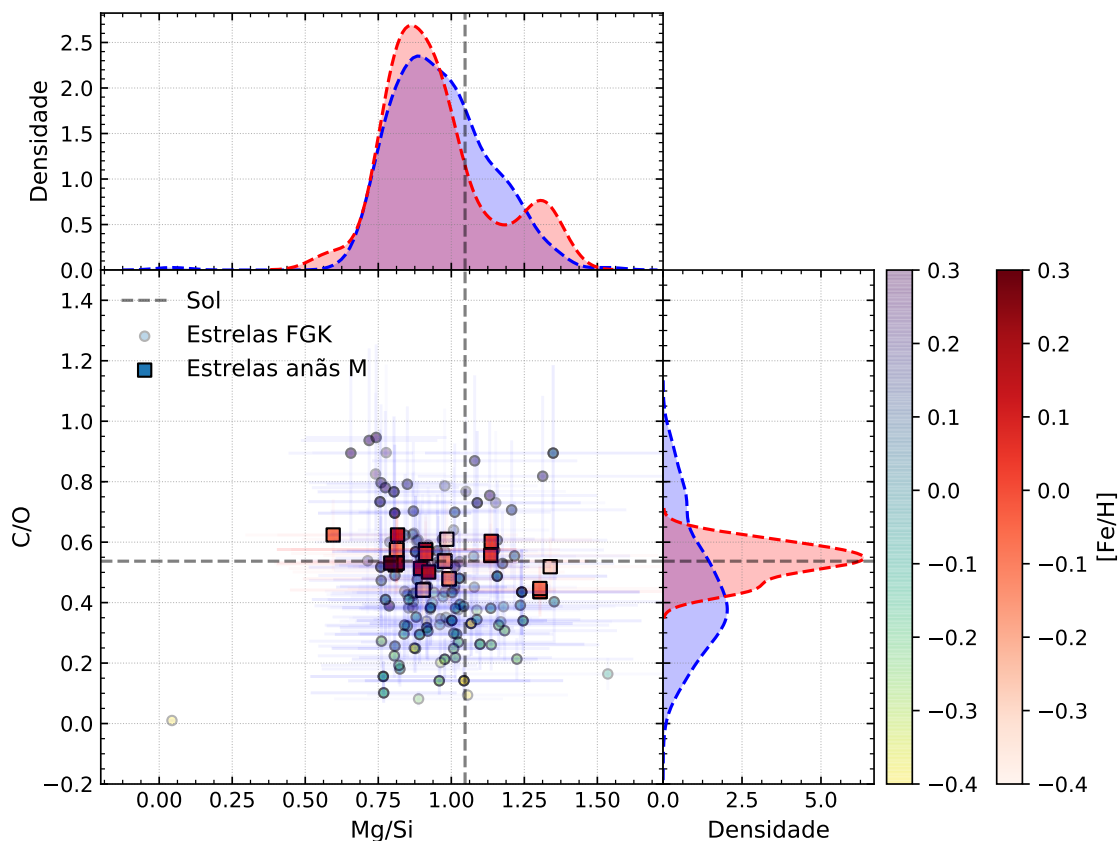


Figura 20 – Distribuição das razões de abundâncias C/O e Mg/Si para todas as estrelas da amostra. O painel superior apresenta as distribuições KDE da razão de abundâncias Mg/Si para as estrelas anãs M (vermelho) e FGK (azul). Da mesma forma o painel a direita apresenta os mesmos dados para a razão de abundâncias C/O. A estrela K2-9 possui uma baixa metalicidade, e portanto foi retirada do gráfico para melhor visualização.

raios terrestres.

É importante destacar que essa caracterização do planeta a partir do raio planetário é apenas uma extrapolação. Para uma melhor caracterização do tipo planetário é necessária a informação de massa, conforme será discutido a seguir.

## 5.4 Análise do Diagrama Massa-Raio (Todas Estrelas)

Nesta seção consideraremos a análise de habitabilidade com base nas relações entre massas e raios exoplanetários.

A Figura 23 apresenta a distribuição de massas e raios planetários, em conjunto com as relações massa-raio, estabelecidas por Zeng et al. (2016) (utilizamos neste trabalho as seguintes relações: 100% Fe, 50% Fe, 100% rocha, 50% H<sub>2</sub>O, 100% H<sub>2</sub>O e H<sub>2</sub>/He frios). As curvas apresentadas são válidas no intervalo de 0,1 a 30 massas terrestres, e 0,1 a 5 raios

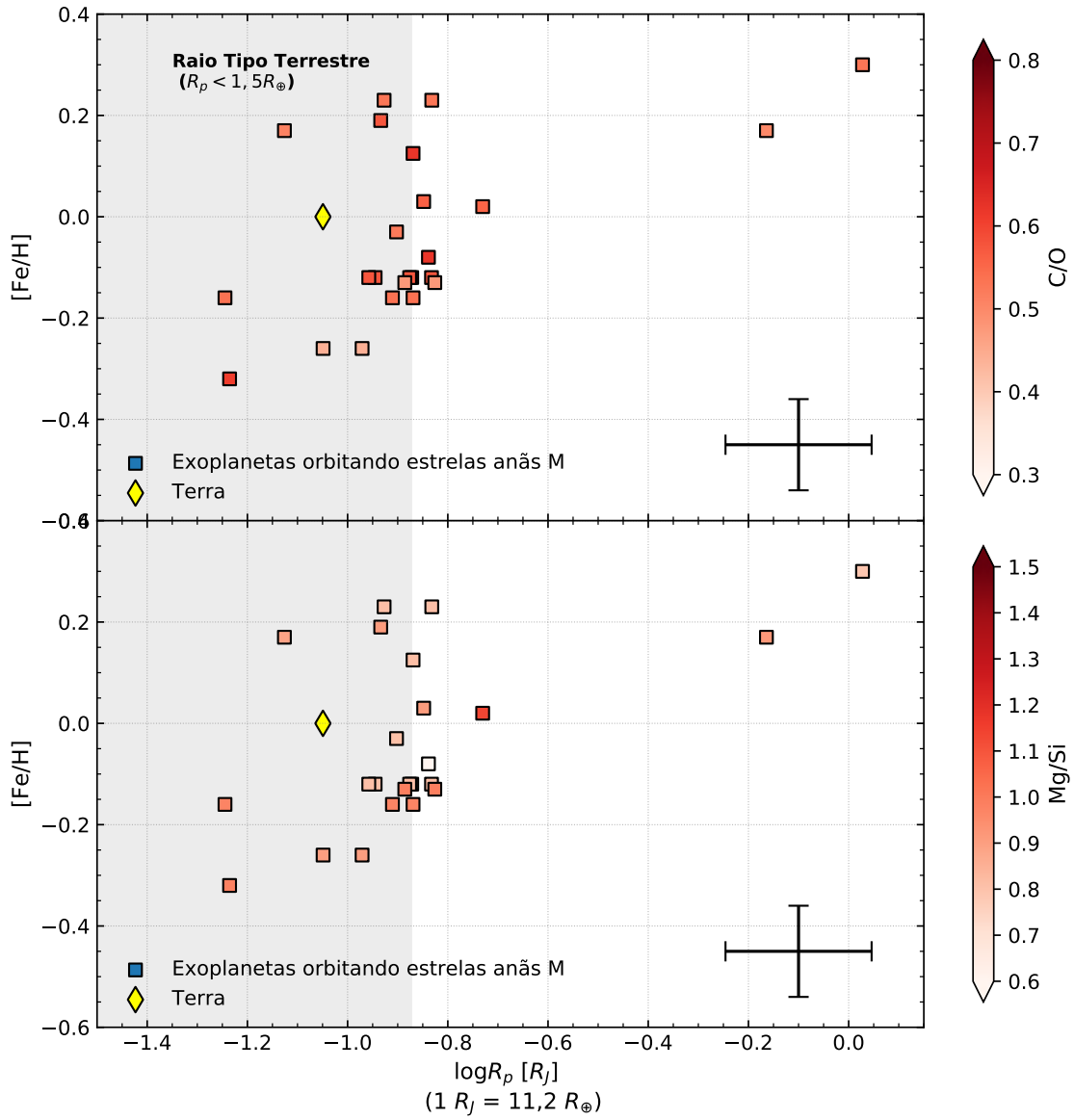


Figura 21 – Distribuição das razões de abundâncias C/O e Mg/Si em função de metalicidades e raios planetários para os exoplanetas de estrelas anãs M da amostra. Na direita inferior é apresentada a incerteza média da amostra. Os exoplanetas do raio tipo terrestre estão delimitados pela região cinza do gráfico, que identifica a região dos exoplanetas com raios planetários inferiores a 1,5 raios terrestres.

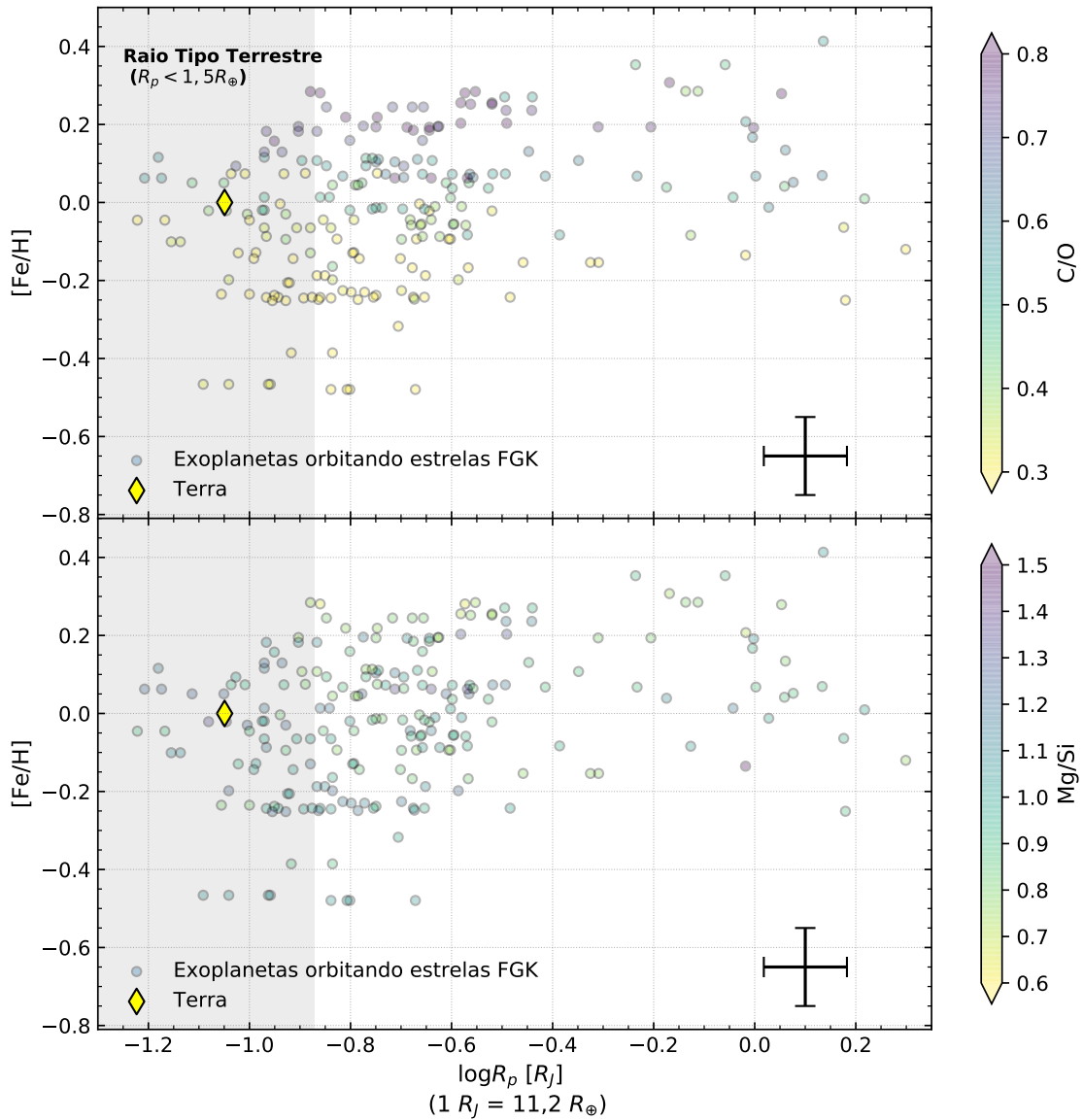


Figura 22 – Distribuição das razões de abundâncias C/O e Mg/Si em função de metalicidades e raios planetários para os exoplanetas de estrelas FGK da amostra. Na direita inferior é apresentada a incerteza média da amostra. Os exoplanetas do raio tipo terrestre estão delimitados pela região cinza do gráfico, que identifica a região dos exoplanetas com raios planetários inferiores a 1,5 raios terrestres.

terrestres. As massas planetárias foram coletadas na base da NASA e os raios planetários seguem o mesmo critério discutido na seção anterior. A região cinza do gráfico apresenta a região dos exoplanetas com maiores chances de serem rochosos, que são os localizados entre as curvas 50% Fe e 50% H<sub>2</sub>O.

Como temos dados de massa e raio, podemos inferir que os sistemas analisados estão aproximadamente *edge-on*; logo  $i \approx 90^\circ$  e  $m_p \sin i \approx m_p$ .

A quantidade de exoplanetas com dados de raio e massa planetários é muito baixo. Portanto, diferentemente das demais figuras apresentadas neste capítulo, os dados apresentados na Figura, não se limitam a amostra de 290 exoplanetas. Eles são referentes a todos os exoplanetas da base da NASA que apresentem dados de raio e massa planetários no intervalo descrito acima. Para os exoplanetas da amostra que povoam o gráfico, o critério de classificação segue o resto deste trabalho; para os demais se considerou, como exoplanetas de anãs M, os exoplanetas de estrelas com  $T_{ef} < 4300K$ .

Assim, a Figura 23 apresentou um total de 22 exoplanetas que orbitam anãs M (2 da amostra original de 290 exoplanetas) e 133 exoplanetas que orbitam estrelas dos demais tipos (13 da amostra original de 290 exoplanetas).

Dos 2 exoplanetas da amostra original de estrelas anãs M, apenas Kepler-138 c se encontra na região cinza da Figura 23, ao passo que, dos 13 exoplanetas da amostra original de estrelas anãs FGK, cinco se encontram nesta região (Kepler-10 b, Kepler-18 b, Kepler-20 b, Kepler-21 b e Kepler-36 b). Assim, tais exoplanetas possuem maiores probabilidades de serem rochosos, o que é um ponto positivo às suas habitabilidades.

Já considerando todos os 155 exoplanetas da análise, nota-se que 55% dos exoplanetas que orbitam anãs M possuem maiores probabilidades de serem rochosos (12/22), ao passo que, para estrelas de outros tipos este percentual é de 30% (40/133), o que sugere uma maior probabilidade de anãs M hospedarem planetas rochosos em comparação a outros tipos estelares.

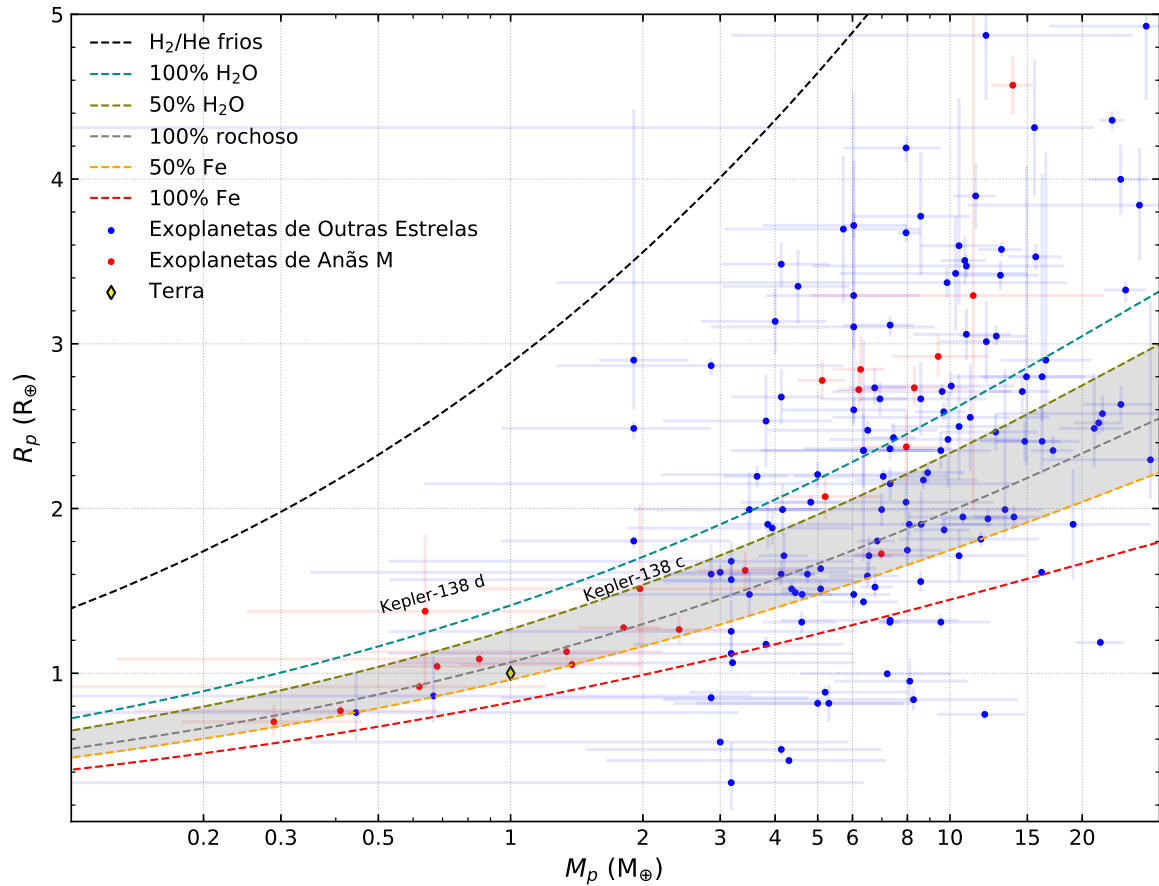


Figura 23 – Distribuição de massas e raios planetários de exoplanetas que possuem massas no intervalo de 0,1 a 30 massas terrestres e raios no intervalo de 0,1 a 5 raios terrestres. Diferentemente dos gráficos anteriores, este não é limitado pela amostra de 290 exoplanetas, mas se baseia em toda a base da NASA. A Figura apresenta as relações massa-raio de Zeng et al. (2016) (utilizamos neste trabalho as seguintes relações: 100% Fe, 50% Fe, 100% rocha, 50% H<sub>2</sub>O, 100% H<sub>2</sub>O e H<sub>2</sub>/He frios), que delimitam intervalos de massas e raios planetários para os quais se tem diferentes composições internas. Os exoplanetas foram divididos conforme tipos estelares (anãs M ou outras estrelas), e a posição da Terra está representada no diagrama. Dos 29 exoplanetas que orbitam anãs M da amostra deste trabalho, apenas Kepler-138 c e Kepler-138 d estão presentes nesta análise, ambos destacados no gráfico. A área cinza do gráfico (compreendida entre as curvas 50% Fe e 50% H<sub>2</sub>O), demarca a região dos exoplanetas com maiores possibilidades de serem rochosos.

## 6 Conclusões e Perspectivas Futuras

Este trabalho teve como objetivo principal, analisar a habitabilidade de um conjunto de 290 exoplanetas, com um foco especial nos 29 que orbitam estrelas anãs do tipo M.

Este estudo foi feito a partir da obtenção de parâmetros estelares e exoplanetários provenientes de diversas fontes, são elas: base da NASA, ASPCAP, calibrações (fotometricamente) e síntese espectral (espectroscopicamente). Além disso, muitos parâmetros foram derivados a partir de tais fontes, tais como temperatura de equilíbrio e grau de insolação.

A média dos módulos das diferenças entre os valores de temperatura efetiva obtidos espectroscopicamente e os valores da NASA, APOGEE e calibrados foram, respectivamente  $111 \pm 94$  K,  $43 \pm 39$  K e  $89 \pm 88$  K. Para os valores de temperatura de equilíbrio tais desvios foram de  $32 \pm 39$  K,  $26 \pm 28$  K e  $14 \pm 16$  K, e para grau de insolação  $16,3 \pm 46,9 S_{\oplus}$ ,  $11,6 \pm 31,1 S_{\oplus}$  e  $6,3 \pm 15,5 S_{\oplus}$ .

Constatou-se que dos 290 exoplanetas, 17 estão localizados dentro da zona habitável de suas respectivas estrelas hospedeiras (podendo apresentar água líquida na superfície) ao se considerar algum dos critérios propostos. Destes 17, 6 orbitam estrelas anãs M.

Adicionalmente, 111 exoplanetas da amostra orbitam estrelas que apresentam valores de  $C/O < 1$  e  $1 < Mg/Si < 2$ ; 6 destes orbitam estrelas anãs M. Tais corpos possuem maiores chances de possuírem uma composição mineralógica interna similar à da Terra (Brewer and Fischer, 2016).

O terceiro teste de habitabilidade foi o de relações massa-raio exoplanetárias, fazendo uso das curvas de Zeng et al. (2016), e utilizando o critério de que planetas compreendidos entre as curvas de 50% Fe e 50% H<sub>2</sub>O possuem maiores probabilidades de serem rochosos. Dos 155 exoplanetas englobados neste teste, um total de 52 foram considerados com maiores probabilidades de serem rochosos, dos quais 12 são planetas que orbitam estrelas anãs M. Nesta análise figuraram apenas 15 exoplanetas da amostra original, sendo 13 de estrelas FGK e 2 de estrelas anãs M. Destes, 5 exoplanetas de estrelas FGK e 1 de anã M (Kepler-138 c) foram considerados com maior probabilidade de serem rochosos.

É interessante notar que 4 exoplanetas que orbitam anãs M foram bem sucedidos nos dois primeiros testes de habitabilidade, são eles: GJ 273 b, GJ 625 b, GJ 687 b e Ross 128 b. Infelizmente nenhum dos quatro apresenta dados de raio planetário; por isso, não foi possível realizar a análise de densidades médias para esses corpos. Para um futuro trabalho pode-se considerar estimar raios planetários fazendo uso da ferramenta Exoplex (Unterborn et al., 2018), que tem como uma de suas funções estimar os raios de planetas



rochosos.

O campo de estudo de exoplanetas está em constante evolução. Este trabalho foi apenas uma amostra inicial de algumas das técnicas e ferramentas utilizadas na análise de habitabilidade exoplanetária. Para o futuro, as expectativas são:

- Continuar este trabalho na pós-graduação, progredindo na análise de características estelares e exoplanetárias que influenciem na habitabilidade em exoplanetas. Diversos fatores não considerados neste trabalho, tais como modelos de atmosferas planetárias e campos magnéticos estelares, são fundamentais neste estudo. Além disso, futuras missões e *surveys* trarão novos dados que poderão ser incorporados às análises.
- Parte do processo de cálculo de abundâncias e parâmetros atmosféricos estelares realizado neste trabalho foi executada pelo orientador do projeto, Diogo Souto. Para o futuro, tais parâmetros serão recalculados com uma lista de linhas espectrais atualizada, e o processo será inteiramente realizado e liderado pelo autor desse trabalho.

As futuras missões e *surveys*, nos possibilitarão caracterizar exoplanetas como nunca antes. Além da composição interna, poderemos estudar com maiores detalhes as suas atmosferas. Assim, será possível obter pistas da existência de vida em outros mundos na forma de sinais indiretos, tais como bioassinaturas. A evolução da ciência exoplanetária é motivada não apenas pelo conhecimento astrofísico que se pode adquirir ao estudar estes sistemas, mas também pela busca da resposta que sempre intrigou o homem: estamos sozinhos no Universo?

# Referências

- D. Deming, D. Louie, and H. Sheets. How to Characterize the Atmosphere of a Transiting Exoplanet. , 131(1):013001, January 2019. doi: 10.1088/1538-3873/aae5c5. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 26.
- M. N. Lund, R. Handberg, H. Kjeldsen, W. J. Chaplin, and J. Christensen-Dalsgaard. Data preparation for asteroseismology with TESS. In *European Physical Journal Web of Conferences*, volume 160 of *European Physical Journal Web of Conferences*, page 01005, October 2017. doi: 10.1051/epjconf/201716001005. Citado 2 vezes nas páginas 9 e 33.
- D. Souto, C. T. Unterborn, V. V. Smith, K. Cunha, J. Teske, K. Covey, B. Rojas-Ayala, D. A. García-Hernández, K. Stassun, O. Zamora, T. Masseron, J. A. Johnson, S. R. Majewski, H. Jönsson, S. Gilhool, C. Blake, and F. Santana. Stellar and Planetary Characterization of the Ross 128 Exoplanetary System from APOGEE Spectra. , 860: L15, June 2018. doi: 10.3847/2041-8213/aac896. Citado 6 vezes nas páginas 10, 44, 54, 58, 120 e 121.
- L. Zeng, D. D. Sasselov, and S. B. Jacobsen. Mass-Radius Relation for Rocky Planets Based on PREM. , 819:127, March 2016. doi: 10.3847/0004-637X/819/2/127. Citado 6 vezes nas páginas 14, 21, 57, 74, 78 e 79.
- A. Wolszczan and D. A. Frail. A planetary system around the millisecond pulsar PSR1257 + 12. , 355:145–147, January 1992. doi: 10.1038/355145a0. Citado na página 19.
- M. Mayor and D. Queloz. A Jupiter-mass companion to a solar-type star. , 378:355–359, November 1995. doi: 10.1038/378355a0. Citado na página 19.
- M. Mayor, F. Pepe, D. Queloz, F. Bouchy, G. Rupprecht, G. Lo Curto, G. Avila, W. Benz, J. L. Bertaux, X. Bonfils, Th. Dall, H. Dekker, B. Delabre, W. Eckert, M. Fleury, A. Gilliotte, D. Gojak, J. C. Guzman, D. Kohler, J. L. Lizon, A. Longinotti, C. Lovis, D. Megevand, L. Pasquini, J. Reyes, J. P. Sivan, D. Sosnowska, R. Soto, S. Udry, A. van Kesteren, L. Weber, and U. Weilenmann. Setting New Standards with HARPS. *The Messenger*, 114:20–24, Dec 2003. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 31.
- G. D. Mulders, I. Pascucci, and D. Apai. An Increase in the Mass of Planetary Systems around Lower-mass Stars. , 814:130, December 2015. doi: 10.1088/0004-637X/814/2/130. Citado 2 vezes nas páginas 19 e 30.
- Verne V. Smith, Katia Cunha, Matthew D. Shetrone, Szabolcs Mészáros, Carlos Allende Prieto, Dmitry Bizyaev, Ana García Pérez, Steven R. Majewski, Ricardo Schiavon, Jon

- Holtzman, and Jennifer A. Johnson. Chemical Abundances in Field Red Giants from High-resolution H-band Spectra Using the APOGEE Spectral Linelist. , 765(1):16, Mar 2013. doi: 10.1088/0004-637X/765/1/16. Citado na página 20.
- M. Shetrone, D. Bizyaev, J. E. Lawler, C. Allende Prieto, J. A. Johnson, V. V. Smith, K. Cunha, J. Holtzman, A. E. García Pérez, Sz. Mészáros, J. Sobeck, O. Zamora, D. A. García-Hernández, D. Souto, D. Chojnowski, L. Koesterke, S. Majewski, and G. Zasowski. The SDSS-III APOGEE Spectral Line List for H-band Spectroscopy. , 221(2):24, Dec 2015. doi: 10.1088/0067-0049/221/2/24. Citado na página 20.
- Steven R. Majewski, Ricardo P. Schiavon, Peter M. Frinchaboy, Carlos Allende Prieto, Robert Barkhouser, Dmitry Bizyaev, Basil Blank, Sophia Brunner, Adam Burton, Ricardo Carrera, S. Drew Chojnowski, Kátia Cunha, Courtney Epstein, Greg Fitzgerald, Ana E. García Pérez, Fred R. Hearty, Chuck Henderson, Jon A. Holtzman, Jennifer A. Johnson, Charles R. Lam, James E. Lawler, Paul Maseman, Szabolcs Mészáros, Matthew Nelson, Duy Cong Nguyen, David L. Nidever, Marc Pinsonneault, Matthew Shetrone, Stephen Smee, Verne V. Smith, Todd Stolberg, Michael F. Skrutskie, Eric Walker, John C. Wilson, Gail Zasowski, Friedrich Anders, Sarbani Basu, Stephane Beland, Michael R. Blanton, Jo Bovy, Joel R. Brownstein, Joleen Carlberg, William Chaplin, Cristina Chiappini, Daniel J. Eisenstein, Yvonne Elsworth, Diane Feuillet, Scott W. Fleming, Jessica Galbraith-Frew, Rafael A. García, D. Aníbal García-Hernández, Bruce A. Gillespie, Léo Girardi, James E. Gunn, Sten Hasselquist, Michael R. Hayden, Saskia Hekker, Inese Ivans, Karen Kinemuchi, Mark Klaene, Suvrath Mahadevan, Savita Mathur, Benoît Mosser, Demitri Muna, Jeffrey A. Munn, Robert C. Nichol, Robert W. O’Connell, John K. Parejko, A. C. Robin, Helio Rocha-Pinto, Matthias Schultheis, Aldo M. Serenelli, Neville Shane, Victor Silva Aguirre, Jennifer S. Sobeck, Benjamin Thompson, Nicholas W. Troup, David H. Weinberg, and Olga Zamora. The apache point observatory galactic evolution experiment (APOGEE). *The Astronomical Journal*, 154(3):94, aug 2017. Citado 3 vezes nas páginas 20, 34 e 35.
- J. C. Bond, D. P. O’Brien, and D. S. Laretta. The Compositional Diversity of Extrasolar Terrestrial Planets. I. In Situ Simulations. , 715:1050–1070, June 2010. doi: 10.1088/0004-637X/715/2/1050. Citado na página 21.
- C. T. Unterborn and W. R. Panero. The Effects of Mg/Si on the Exoplanetary Refractory Oxygen Budget. , 845:61, August 2017. doi: 10.3847/1538-4357/aa7f79. Citado na página 21.
- J. N. Winn. *Exoplanet Transits and Occultations*, pages 55–77. 2010. Citado na página 25.
- L. Kaltenegger and W. A. Traub. Transits of Earth-like Planets. , 698:519–527, June 2009. doi: 10.1088/0004-637X/698/1/519. Citado na página 30.

- A. L. Shields, S. Ballard, and J. A. Johnson. The habitability of planets orbiting M-dwarf stars. , 663:1, December 2016. doi: 10.1016/j.physrep.2016.10.003. Citado na página 31.
- H. Lammer, H. I. M. Lichtenegger, Y. N. Kulikov, J.-M. Grießmeier, N. Terada, N. V. Erkaev, H. K. Biernat, M. L. Khodachenko, I. Ribas, T. Penz, and F. Selsis. Coronal Mass Ejection (CME) Activity of Low Mass M Stars as An Important Factor for The Habitability of Terrestrial Exoplanets. II. CME-Induced Ion Pick Up of Earth-like Exoplanets in Close-In Habitable Zones. *Astrobiology*, 7:185–207, February 2007. doi: 10.1089/ast.2006.0128. Citado na página 31.
- R. Luger, R. Barnes, E. Lopez, J. Fortney, B. Jackson, and V. Meadows. Habitable Evaporated Cores: Transforming Mini-Neptunes into Super-Earths in the Habitable Zones of M Dwarfs. *Astrobiology*, 15:57–88, January 2015. doi: 10.1089/ast.2014.1215. Citado na página 31.
- M. Perryman. *The Exoplanet Handbook*. May 2011. Citado 2 vezes nas páginas 32 e 55.
- R. M. Cutri, M. F. Skrutskie, S. van Dyk, C. A. Beichman, J. M. Carpenter, T. Chester, L. Cambresy, T. Evans, J. Fowler, J. Gizis, E. Howard, J. Huchra, T. Jarrett, E. L. Kopan, J. D. Kirkpatrick, R. M. Light, K. A. Marsh, H. McCallon, S. Schneider, R. Stiening, M. Sykes, M. Weinberg, W. A. Wheaton, S. Wheelock, and N. Zacarias. VizieR Online Data Catalog: 2MASS All-Sky Catalog of Point Sources (Cutri+ 2003). *VizieR Online Data Catalog*, art. II/246, Jun 2003. Citado 2 vezes nas páginas 34 e 40.
- L. Ghezzi, K. Cunha, V. V. Smith, F. X. de Araújo, S. C. Schuler, and R. de la Reza. Stellar Parameters and Metallicities of Stars Hosting Jovian and Neptunian Mass Planets: A Possible Dependence of Planetary Mass on Metallicity. , 720(2):1290–1302, Sep 2010. doi: 10.1088/0004-637X/720/2/1290. Citado na página 37.
- Robert F. Wilson, Johanna Teske, Steven R. Majewski, Katia Cunha, Verne Smith, Diogo Souto, Chad Bender, Suvrath Mahadevan, Nicholas Troup, Carlos Allende Prieto, Keivan G. Stassun, Michael F. Skrutskie, Andrés Almeida, D. A. García-Hernández, Olga Zamora, and Jonathan Brinkmann. Elemental Abundances of Kepler Objects of Interest in APOGEE. I. Two Distinct Orbital Period Regimes Inferred from Host Star Iron Abundances. , 155(2):68, Feb 2018. doi: 10.3847/1538-3881/aa9f27. Citado na página 37.
- Jason F. Rowe, Stephen T. Bryson, Geoffrey W. Marcy, Jack J. Lissauer, Daniel Jontof-Hutter, Fergal Mullally, Ronald L. Gilliland, Howard Issacson, Eric Ford, Steve B. Howell, William J. Borucki, Michael Haas, Daniel Huber, Jason H. Steffen, Susan E. Thompson, Elisa Quintana, Thomas Barclay, Martin Still, Jonathan Fortney, III Gautier, T. N., Roger Hunter, Douglas A. Caldwell, David R. Ciardi, Edna Devore, William Cochran, Jon Jenkins, Eric Agol, Joshua A. Carter, and John Geary. Validation of Kepler’s

- Multiple Planet Candidates. III. Light Curve Analysis and Announcement of Hundreds of New Multi-planet Systems. , 784:45, Mar 2014. doi: 10.1088/0004-637X/784/1/45. Citado na página 39.
- Elisa V. Quintana and Jack J. Lissauer. The Effect of Planets Beyond the Ice Line on the Accretion of Volatiles by Habitable-zone Rocky Planets. , 786:33, May 2014. doi: 10.1088/0004-637X/786/1/33. Citado na página 39.
- Ian J. M. Crossfield, David R. Ciardi, Erik A. Petigura, Evan Sinukoff, Joshua E. Schlieder, Andrew W. Howard, Charles A. Beichman, Howard Isaacson, Courtney D. Dressing, Jessie L. Christiansen, Benjamin J. Fulton, Sébastien Lépine, Lauren Weiss, Lea Hirsch, John Livingston, Christoph Baranec, Nicholas M. Law, Reed Riddle, Carl Ziegler, Steve B. Howell, Elliott Horch, Mark Everett, Johanna Teske, Arturo O. Martinez, Christian Obermeier, Björn Benneke, Nic Scott, Niall Deacon, Kimberly M. Aller, Brad M. S. Hansen, Luigi Mancini, Simona Ciceri, Rafael Brahm, Andrés Jordán, Heather A. Knutson, Thomas Henning, Michaël Bonnefoy, Michael C. Liu, Justin R. Crepp, Joshua Lothringer, Phil Hinz, Vanessa Bailey, Andrew Skemer, and Denis Defrere. 197 Candidates and 104 Validated Planets in K2’s First Five Fields. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 226:7, Sep 2016. doi: 10.3847/0067-0049/226/1/7. Citado na página 39.
- John Asher Johnson, J. Zachary Gazak, Kevin Apps, Philip S. Muirhead, Justin R. Crepp, Ian J. M. Crossfield, Tabetha Boyajian, Kaspar von Braun, Barbara Rojas-Ayala, Andrew W. Howard, Kevin R. Covey, Everett Schlawin, Katherine Hamren, Timothy D. Morton, Geoffrey W. Marcy, and James P. Lloyd. Characterizing the Cool KOIs. II. The M Dwarf KOI-254 and Its Hot Jupiter. , 143:111, May 2012. doi: 10.1088/0004-6256/143/5/111. Citado na página 39.
- R. P. Butler, J. T. Wright, G. W. Marcy, D. A. Fischer, S. S. Vogt, C. G. Tinney, H. R. A. Jones, B. D. Carter, J. A. Johnson, C. McCarthy, and A. J. Penny. Catalog of Nearby Exoplanets. , 646:505–522, July 2006. doi: 10.1086/504701. Citado na página 39.
- Jason F. Rowe, Jeffrey L. Coughlin, Victoria Antoci, Thomas Barclay, Natalie M. Batalha, William J. Borucki, Christopher J. Burke, Steven T. Bryson, Douglas A. Caldwell, Jennifer R. Campbell, Joseph H. Catanzarite, Jessie L. Christiansen, William Cochran, Ronald L. Gilliland, Forrest R. Girouard, Michael R. Haas, Krzysztof G. Hełminiak, Christopher E. Henze, Kelsey L. Hoffman, Steve B. Howell, Daniel Huber, Roger C. Hunter, Hannah Jang-Condell, Jon M. Jenkins, Todd C. Klaus, David W. Latham, Jie Li, Jack J. Lissauer, Sean D. McCauliff, Robert L. Morris, F. Mullally, Aviv Ofir, Billy Quarles, Elisa Quintana, Anima Sabale, Shawn Seader, Avi Shporer, Jeffrey C. Smith, Jason H. Steffen, Martin Still, Peter Tenenbaum, Susan E. Thompson, Joseph D. Twicken, Christa Van Laerhoven, Angie Wolfgang, and Khadeejah A. Zamudio. Planetary

- Candidates Observed by Kepler. V. Planet Sample from Q1-Q12 (36 Months). *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 217:16, Mar 2015. doi: 10.1088/0067-0049/217/1/16. Citado na página 39.
- Daniel Jontof-Hutter, Jason F. Rowe, Jack J. Lissauer, Daniel C. Fabrycky, and Eric B. Ford. The mass of the Mars-sized exoplanet Kepler-138 b from transit timing. , 522 (7556):321–323, Jun 2015. doi: 10.1038/nature14494. Citado na página 40.
- Tomer Holczer, Tsevi Mazeh, Gil Nachmani, Daniel Jontof-Hutter, Eric B. Ford, Daniel Fabrycky, Darin Ragozzine, Mackenzie Kane, and Jason H. Steffen. Transit Timing Observations from Kepler. IX. Catalog of the Full Long-cadence Data Set. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 225:9, Jul 2016. doi: 10.3847/0067-0049/225/1/9. Citado na página 40.
- Debra A. Fischer, Megan E. Schwamb, Kevin Schawinski, Chris Lintott, John Brewer, Matt Giguere, Stuart Lynn, Michael Parrish, Thibault Sartori, and Robert Simpson. Planet Hunters: the first two planet candidates identified by the public using the Kepler public archive data. , 419(4):2900–2911, Feb 2012. doi: 10.1111/j.1365-2966.2011.19932.x. Citado na página 40.
- N. Zacharias, C. T. Finch, T. M. Girard, A. Henden, J. L. Bartlett, D. G. Monet, and M. I. Zacharias. VizieR Online Data Catalog: UCAC4 Catalogue (Zacharias+, 2012). *VizieR Online Data Catalog*, art. I/322A, Jul 2012. Citado na página 40.
- Adam L. Kraus, Michael J. Ireland, Daniel Huber, Andrew W. Mann, and Trent J. Dupuy. The Impact of Stellar Multiplicity on Planetary Systems. I. The Ruinous Influence of Close Binary Companions. , 152:8, Jul 2016. doi: 10.3847/0004-6256/152/1/8. Citado na página 40.
- Kepler Mission Team. VizieR Online Data Catalog: Kepler Input Catalog (Kepler Mission Team, 2009). *VizieR Online Data Catalog*, art. V/133, Nov 2009. Citado na página 40.
- E. Furlan, D. R. Ciardi, M. E. Everett, M. Saylor, J. K. Teske, E. P. Horch, S. B. Howell, G. T. van Belle, L. A. Hirsch, III Gautier, T. N., E. R. Adams, D. Barrado, K. M. S. Cartier, C. D. Dressing, A. K. Dupree, R. L. Gilliland, J. Lillo-Box, P. W. Lucas, and J. Wang. The Kepler Follow-up Observation Program. I. A Catalog of Companions to Kepler Stars from High-Resolution Imaging. , 153:71, Feb 2017. doi: 10.3847/1538-3881/153/2/71. Citado na página 40.
- C. A. L. Bailer-Jones, J. Rybizki, M. Fouesneau, G. Mantelet, and R. Andrae. Estimating Distance from Parallaxes. IV. Distances to 1.33 Billion Stars in Gaia Data Release 2. , 156:58, Aug 2018. doi: 10.3847/1538-3881/aacb21. Citado 2 vezes nas páginas 40 e 43.

- C. A. L. Bailer-Jones. Close encounters of the stellar kind. , 575:A35, Mar 2015. doi: 10.1051/0004-6361/201425221. Citado na página 40.
- N. Zacharias, D. G. Monet, S. E. Levine, S. E. Urban, R. Gaume, and G. L. Wycoff. The Naval Observatory Merged Astrometric Dataset (NOMAD). In *American Astronomical Society Meeting Abstracts*, volume 205, page 48.15, Dec 2004. Citado na página 40.
- Daniel Huber, Stephen T. Bryson, Michael R. Haas, Thomas Barclay, Geert Barentsen, Steve B. Howell, Sanjib Sharma, Dennis Stello, and Susan E. Thompson. The K2 Ecliptic Plane Input Catalog (EPIC) and Stellar Classifications of 138,600 Targets in Campaigns 1-8. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 224:2, May 2016. doi: 10.3847/0067-0049/224/1/2. Citado na página 40.
- Christopher P. Ahn, Rachael Alexandroff, Carlos Allende Prieto, Scott F. Anderson, Timothy Anderton, Brett H. Andrews, Éric Aubourg, Stephen Bailey, Eduardo Balbinot, Rory Barnes, Julian Bautista, Timothy C. Beers, Alessandra Beifiori, Andreas A. Berlind, Vaishali Bhardwaj, Dmitry Bizyaev, Cullen H. Blake, Michael R. Blanton, Michael Blomqvist, John J. Bochanski, Adam S. Bolton, Arnaud Borde, Jo Bovy, W. N. Brandt, J. Brinkmann, Peter J. Brown, Joel R. Brownstein, Kevin Bundy, N. G. Busca, William Carithers, Aurelio R. Carnero, Michael A. Carr, Dana I. Casetti-Dinescu, Yanmei Chen, Cristina Chiappini, Johan Comparat, Natalia Connolly, Justin R. Crepp, Stefano Cristiani, Rupert A. C. Croft, Antonio J. Cuesta, Luiz N. da Costa, James R. A. Davenport, Kyle S. Dawson, Roland de Putter, Nathan De Lee, Timothée Delubac, Saurav Dhital, Anne Ealet, Garrett L. Ebelke, Edward M. Edmondson, Daniel J. Eisenstein, S. Escoffier, Massimiliano Esposito, Michael L. Evans, Xiaohui Fan, Bruno Femenía Castellá, Emma Fernández Alvar, Leticia D. Ferreira, N. Filiz Ak, Hayley Finley, Scott W. Fleming, Andreu Font-Ribera, Peter M. Frinchaboy, D. A. García-Hernández, A. E. García Pérez, Jian Ge, R. Génova-Santos, Bruce A. Gillispie, Léo Girardi, Jonay I. González Hernández, Eva K. Grebel, James E. Gunn, Hong Guo, Daryl Haggard, Jean-Christophe Hamilton, David W. Harris, Suzanne L. Hawley, Frederick R. Hearty, Shirley Ho, David W. Hogg, Jon A. Holtzman, Klaus Honscheid, J. Huehnerhoff, Inese I. Ivans, Željko Ivezić, Heather R. Jacobson, Linhua Jiang, Jonas Johansson, Jennifer A. Johnson, Guinevere Kauffmann, David Kirkby, Jessica A. Kirkpatrick, Mark A. Klaene, Gillian R. Knapp, Jean-Paul Kneib, Jean-Marc Le Goff, Alexie Leauthaud, Khee-Gan Lee, Young Sun Lee, Daniel C. Long, Craig P. Loomis, Sara Lucatello, Britt Lundgren, Robert H. Lupton, Bo Ma, Zhibo Ma, Nicholas MacDonald, Claude E. Mack, Suvrath Mahadevan, Marcio A. G. Maia, Steven R. Majewski, Martin Makler, Elena Malanushenko, Viktor Malanushenko, A. Manchado, Rachel Mandelbaum, Marc Manera, Claudia Maraston, Daniel Margala, Sarah L. Martell, Cameron K. McBride, Ian D. McGreer, Richard G. McMahon, Brice Ménard, Sz. Meszaros, Jordi Miralda-Escudé, Antonio D. Montero-Dorta, Francesco Montesano, Heather L. Morrison, Demitri Muna, Jeffrey A. Munn,



- Hitoshi Murayama, Adam D. Myers, A. F. Neto, Duy Cuong Nguyen, Robert C. Nichol, David L. Nidever, Pasquier Noterdaeme, Sebastián E. Nuza, Ricardo L. C. Ogando, Matthew D. Olmstead, Daniel J. Oravetz, Russell Owen, Nikhil Padmanabhan, Nathalie Palanque-Delabrouille, Kaike Pan, John K. Parejko, Prachi Parihar, Isabelle Pâris, Petchara Pattarakijwanich, Joshua Pepper, Will J. Percival, Ismael Pérez-Fournon, Ignasi Pérez-Ràfols, Patrick Petitjean, Janine Pforr, Matthew M. Pieri, Marc H. Pinsonneault, G. F. Porto de Mello, Francisco Prada, Adrian M. Price-Whelan, M. Jordan Raddick, Rafael Rebolo, James Rich, Gordon T. Richards, Annie C. Robin, Helio J. Rocha-Pinto, Constance M. Rockosi, Natalie A. Roe, Ashley J. Ross, Nicholas P. Ross, Graziano Rossi, J. A. Rubiño-Martín, Lado Samushia, J. Sanchez Almeida, Ariel G. Sánchez, Basilio Santiago, Conor Sayres, David J. Schlegel, Katharine J. Schlesinger, Sarah J. Schmidt, Donald P. Schneider, Mathias Schultheis, Axel D. Schwope, C. G. Scóccola, Uros Seljak, Erin Sheldon, Yue Shen, Yiping Shu, Jennifer Simmerer, Audrey E. Simmons, Ramin A. Skibba, M. F. Skrutskie, A. Slosar, Flavia Sobreira, Jennifer S. Sobeck, Keivan G. Stassun, Oliver Steele, Matthias Steinmetz, Michael A. Strauss, Alina Streblyanska, Nao Suzuki, Molly E. C. Swanson, Tomer Tal, Aniruddha R. Thakar, Daniel Thomas, Benjamin A. Thompson, Jeremy L. Tinker, Rita Tojeiro, Christy A. Tremonti, M. Vargas Magaña, Licia Verde, Matteo Viel, Shailendra K. Vikas, Nicole P. Vogt, David A. Wake, Ji Wang, Benjamin A. Weaver, David H. Weinberg, Benjamin J. Weiner, Andrew A. West, Martin White, John C. Wilson, John P. Wisniewski, W. M. Wood-Vasey, Brian Yanny, Christophe Yèche, Donald G. York, O. Zamora, Gail Zasowski, Idit Zehavi, Gong-Bo Zhao, Zheng Zheng, Guangtun Zhu, and Joel C. Zinn. The Ninth Data Release of the Sloan Digital Sky Survey: First Spectroscopic Data from the SDSS-III Baryon Oscillation Spectroscopic Survey. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 203:21, Dec 2012. doi: 10.1088/0067-0049/203/2/21. Citado na página 40.
- Philip S. Muirhead, Juliette Becker, Gregory A. Feiden, Bárbara Rojas-Ayala, Andrew Vanderburg, Ellen M. Price, Rachel Thorp, Nicholas M. Law, Reed Riddle, Christoph Baranec, Katherine Hamren, Everett Schlawin, Kevin R. Covey, John Asher Johnson, and James P. Lloyd. Characterizing the Cool KOIs. VI. H- and K-band Spectra of Kepler M Dwarf Planet-candidate Hosts. *The Astrophysical Journal Supplement Series*, 213:5, Jul 2014. doi: 10.1088/0067-0049/213/1/5. Citado na página 40.
- A. W. Mann, J. M. Brewer, E. Gaidos, S. Lépine, and E. J. Hilton. Prospecting in Late-type Dwarfs: A Calibration of Infrared and Visible Spectroscopic Metallicities of Late K and M Dwarfs Spanning 1.5 dex. , 145:52, February 2013. doi: 10.1088/0004-6256/145/2/52. Citado na página 42.
- John Asher Johnson, J. Zachary Gazak, Kevin Apps, Philip S. Muirhead, Justin R. Crepp, Ian J. M. Crossfield, Tabettha Boyajian, Kaspar von Braun, Barbara Rojas-Ayala, Andrew W. Howard, Kevin R. Covey, Everett Schlawin, Katherine Hamren, Timothy D.



- Morton, Geoffrey W. Marcy, and James P. Lloyd. Characterizing. 143(5):111, apr 2012. Citado na página 42.
- A. W. Mann, G. A. Feiden, E. Gaidos, T. Boyajian, and K. von Braun. How to constrain your M dwarf: measuring effective temperature, bolometric luminosity, mass, and radius. *VizieR Online Data Catalog*, 180, 2015. Citado 2 vezes nas páginas 43 e 44.
- A. W. Mann, G. A. Feiden, E. Gaidos, T. Boyajian, and K. von Braun. Erratum: How to Constrain Your M Dwarf: Measuring Effective Temperature, Bolometric Luminosity, Mass, and Radius (ApJ, 804, 64). , 819:87, March 2016. doi: 10.3847/0004-637X/819/1/87. Citado na página 43.
- A. Y. Kesseli, J. D. Kirkpatrick, S. B. Fajardo-Acosta, M. T. Penny, B. S. Gaudi, M. Veyette, P. C. Boeshaar, C. B. Henderson, M. C. Cushing, S. Calchi-Novati, Y. Shvartzvald, and P. S. Muirhead. Radii of 88 M Subdwarfs and Updated Radius Relations for Low-metallicity M-dwarf Stars. , 157:63, February 2019. doi: 10.3847/1538-3881/aae982. Citado na página 44.
- B. Plez. Turbospectrum: Code for spectral synthesis. Astrophysics Source Code Library, May 2012. Citado na página 49.
- Diogo Souto. *Espectroscopia de Alta Resolução no Infravermelho de Estrelas Anãs-M, Anãs-G, Subgigantes-G e Gigantes Vermelhas-K Observadas com o APOGEE*. PhD thesis, Observatório Nacional, São Cristóvão, March 2017. Citado na página 49.
- B. Gustafsson, B. Edvardsson, K. Eriksson, U. G. Jørgensen, Å. Nordlund, and B. Plez. A grid of MARCS model atmospheres for late-type stars. I. Methods and general properties. , 486:951–970, August 2008. doi: 10.1051/0004-6361:200809724. Citado na página 50.
- Robert J. Hargreaves, Kenneth H. Hinkle, Jr. Bauschlicher, Charles W., Sebastian Wende, Andreas Seifahrt, and Peter F. Bernath. High-resolution 1.6  $\mu\text{m}$  Spectra of FeH in M and L Dwarfs. , 140(4):919–924, Oct 2010. doi: 10.1088/0004-6256/140/4/919. Citado na página 50.
- D. Souto, K. Cunha, D. A. García-Hernández, O. Zamora, C. Allende Prieto, V. V. Smith, S. Mahadevan, C. Blake, J. A. Johnson, H. Jönsson, M. Pinsonneault, J. Holtzman, S. R. Majewski, M. Shetrone, J. Teske, D. Nidever, R. Schiavon, J. Sobeck, A. E. García Pérez, Y. Gómez Maqueo Chew, and K. Stassun. Chemical Abundances of M-dwarfs from the APOGEE Survey. I. The Exoplanet Hosting Stars Kepler-138 and Kepler-186. , 835:239, February 2017. doi: 10.3847/1538-4357/835/2/239. Citado na página 51.
- T. Masseron, T. Merle, and K. Hawkins. BACCHUS: Brussels Automatic Code for Characterizing High accuracy Spectra. Astrophysics Source Code Library, May 2016. Citado na página 51.

- NASA. How the predicted observables for exoplanets are calculated, 2016. URL [https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/poet\\_calculations.html](https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/docs/poet_calculations.html). Citado na página 56.
- J. F. Kasting, D. P. Whitmire, and R. T. Reynolds. Habitable Zones around Main Sequence Stars. , 101:108–128, January 1993. doi: 10.1006/icar.1993.1010. Citado na página 56.
- J. M. Brewer and D. A. Fischer. C/O and Mg/Si Ratios of Stars in the Solar Neighborhood. , 831:20, November 2016. doi: 10.3847/0004-637X/831/1/20. Citado 2 vezes nas páginas 71 e 79.
- Bradford J. Foley and Peter E. Driscoll. Whole planet coupling between climate, mantle, and core: Implications for rocky planet evolution. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 17(5):1885–1914, May 2016. doi: 10.1002/2015GC006210. Citado na página 72.
- Diogo Souto, C. Allende Prieto, Katia Cunha, Marc Pinsonneault, Verne V. Smith, R. Garcia-Dias, Jo Bovy, D. A. García-Hernández, Jon Holtzman, J. A. Johnson, Henrik Jönsson, Steve R. Majewski, Matthew Shetrone, Jennifer Sobeck, Olga Zamora, Kaike Pan, and Christian Nitschelm. Chemical Abundances of Main-sequence, Turnoff, Subgiant, and Red Giant Stars from APOGEE Spectra. II. Atomic Diffusion in M67 Stars. , 874(1):97, Mar 2019. doi: 10.3847/1538-4357/ab0b43. Citado na página 73.
- C. T. Unterborn, S. J. Desch, N. R. Hinkel, and A. Lorenzo. Inward migration of the TRAPPIST-1 planets as inferred from their water-rich compositions. *Nature Astronomy*, 2:297–302, April 2018. doi: 10.1038/s41550-018-0411-6. Citado na página 79.

# Apêndices

# APÊNDICE A – Espectros Observados X Sintéticos

Esse apêndice apresenta 19 figuras (Figura 25 a 42) de comparação entre os espectros observados APOGEE e os espectros sintéticos gerados neste trabalho, uma para cada estrela da amostra de anãs M. As figuras apresentam os parâmetros atmosféricos calculados de cada estrela, assim como a razão sinal/ruído (SNR) dos espectros observados. A geração dos espectros sintéticos foi realizada por meio do programa Turbospectrum conforme metodologia apresentada no capítulo 4.

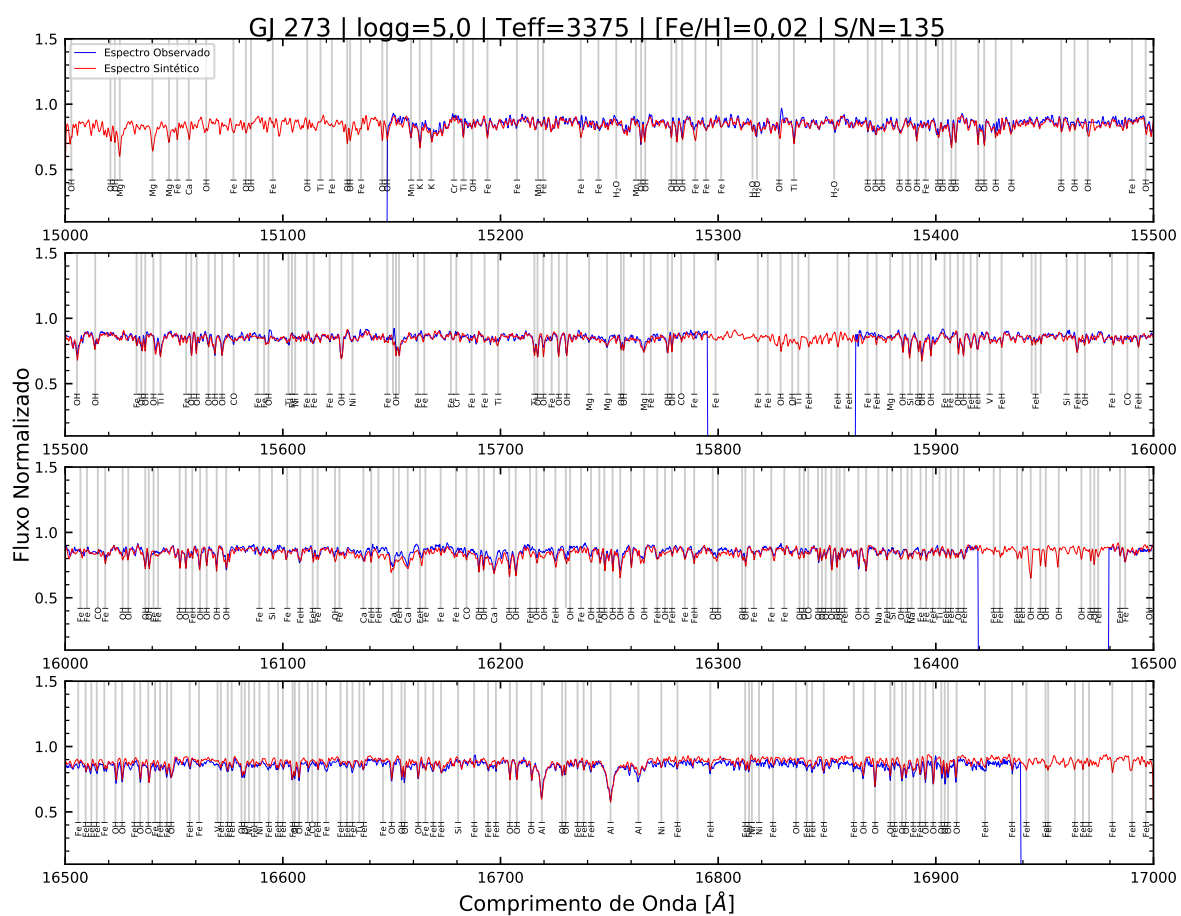


Figura 24 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela GJ 273.

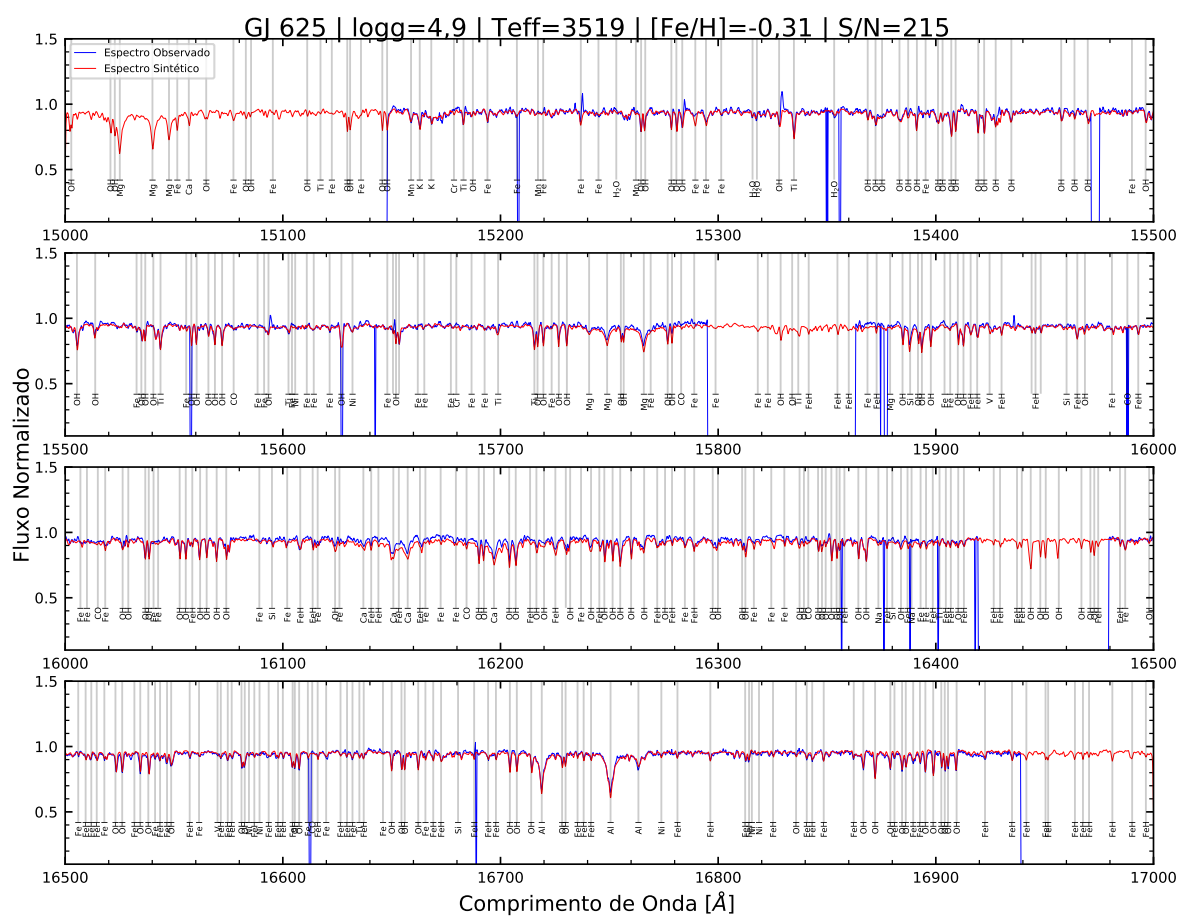


Figura 25 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela GJ 625.

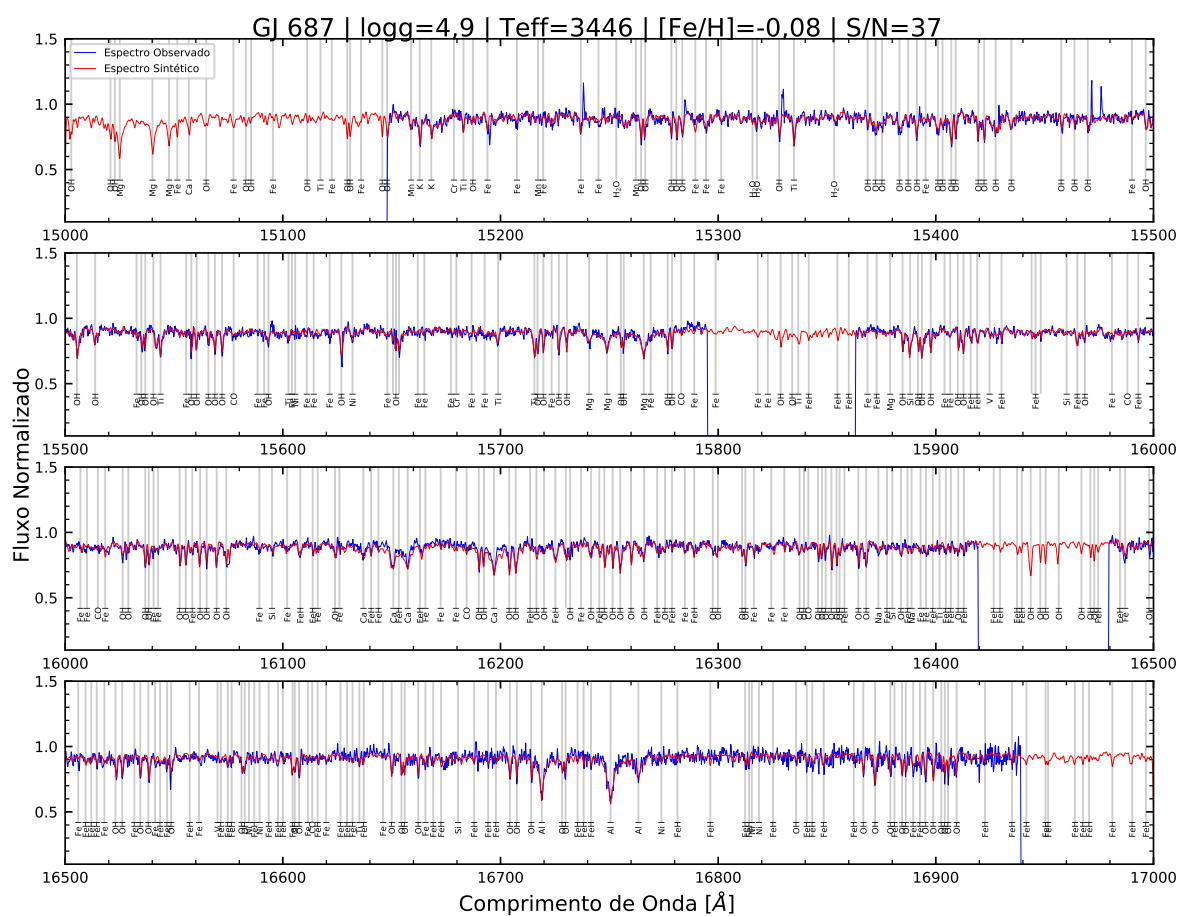


Figura 26 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela GJ 687.

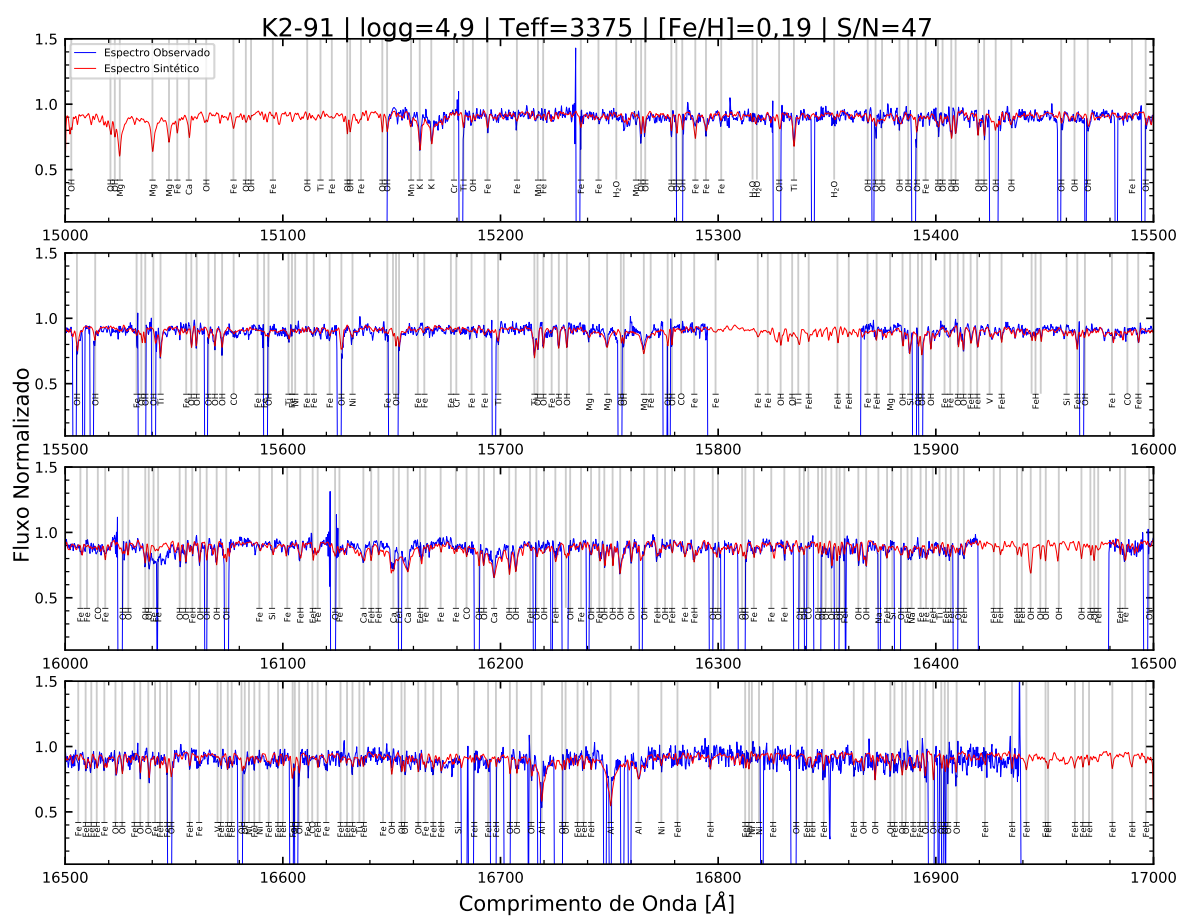


Figura 27 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela K2-91.



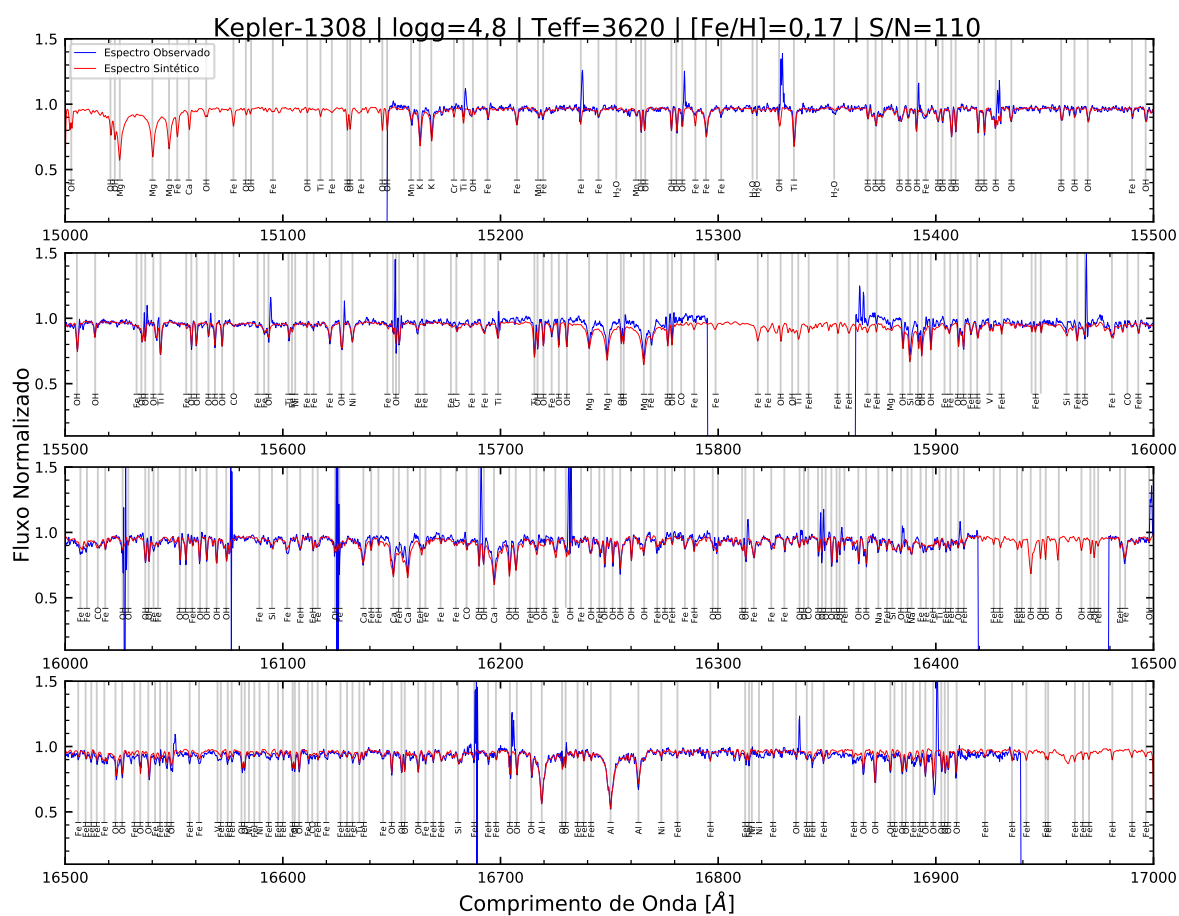


Figura 28 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-1308.

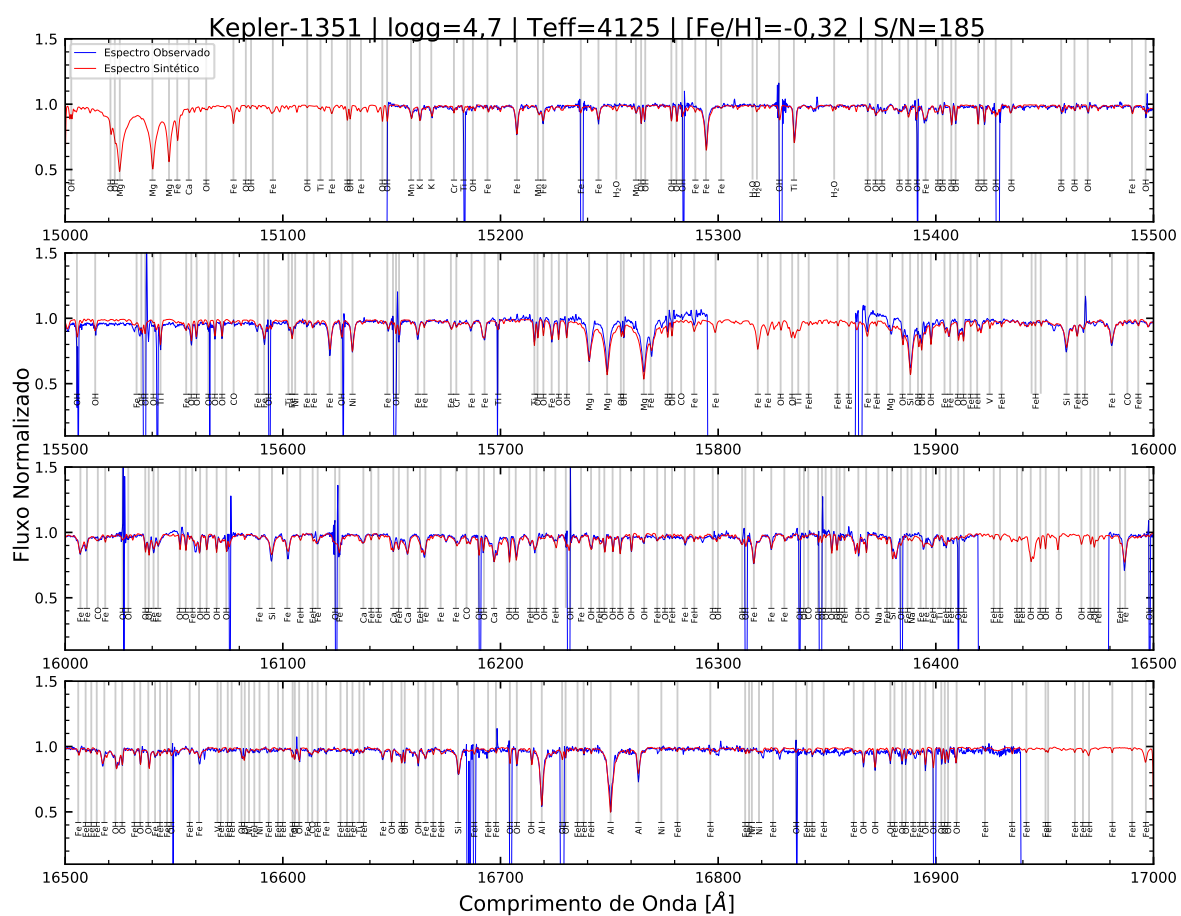


Figura 29 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-1351.

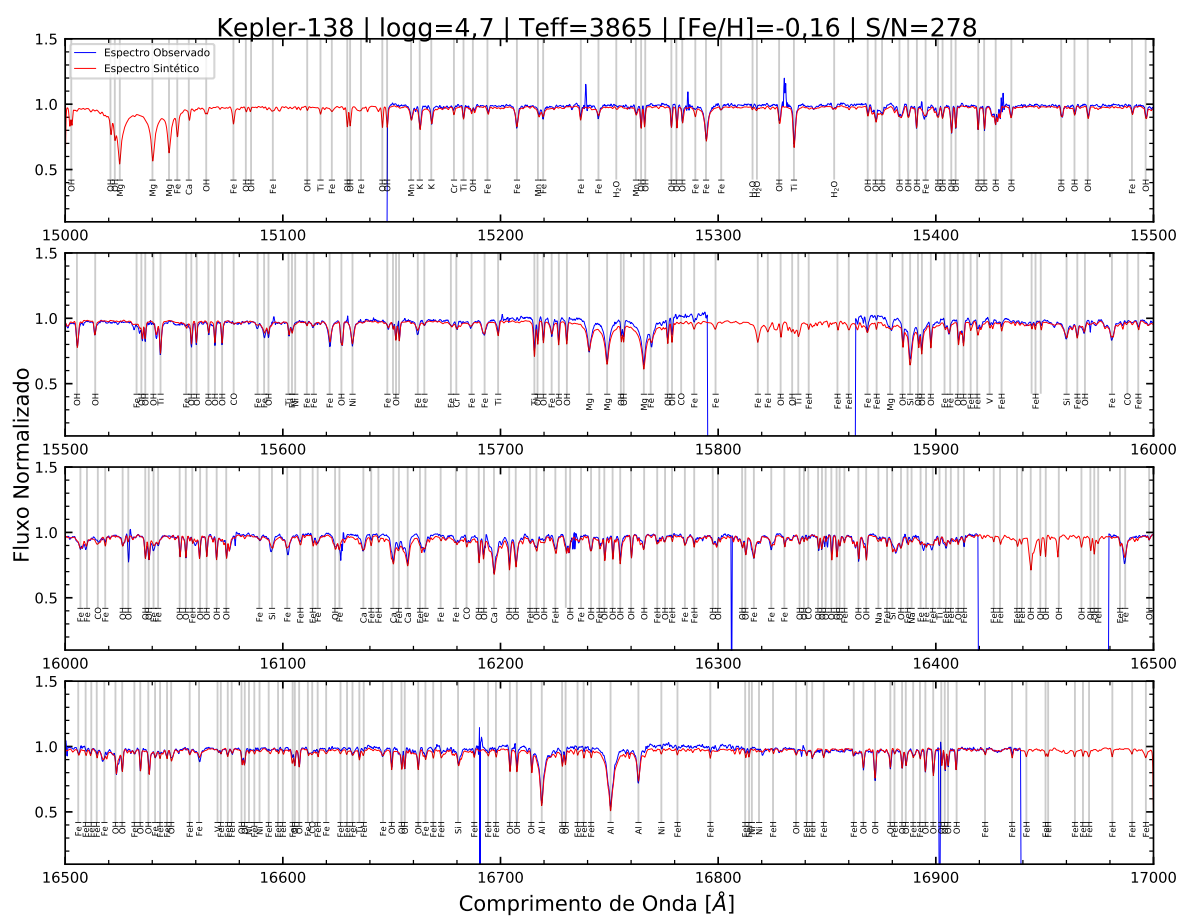


Figura 30 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-138.

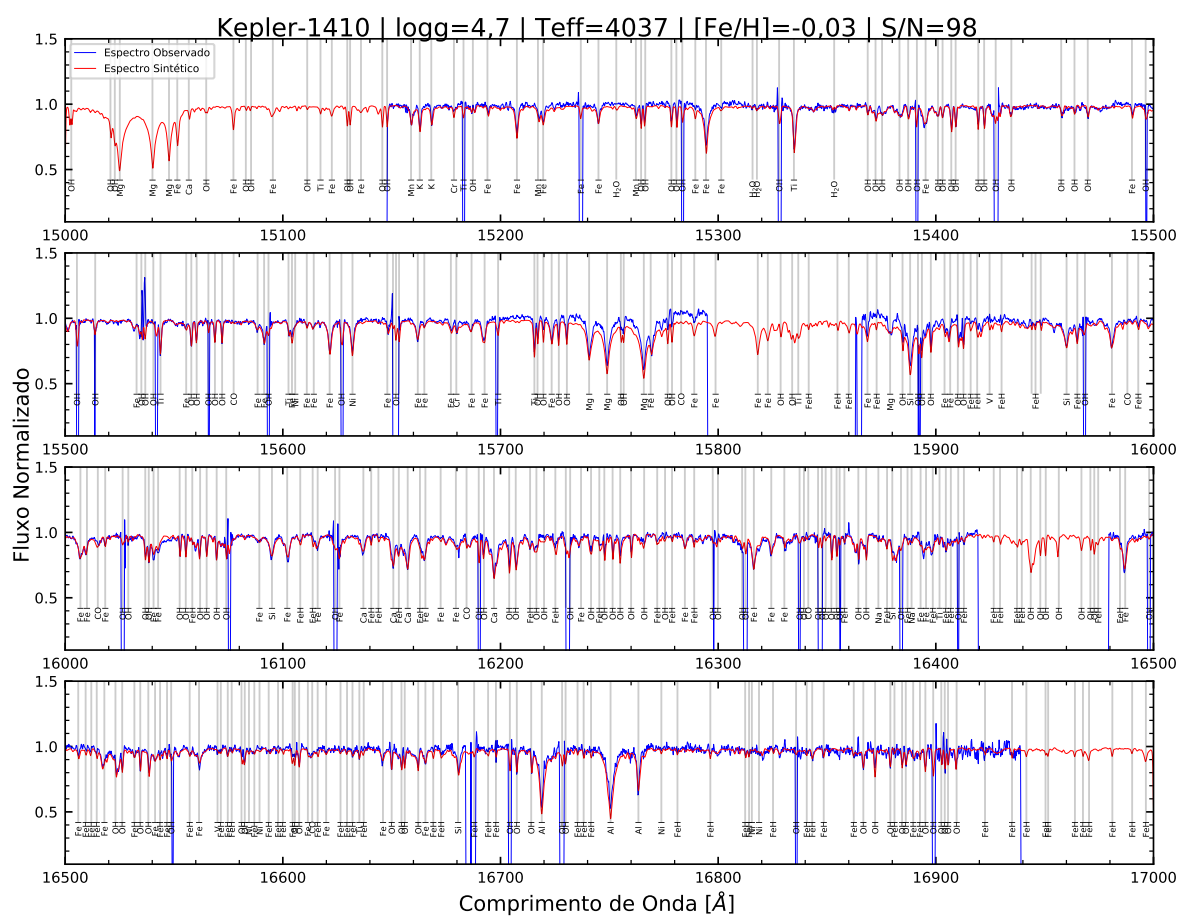


Figura 31 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-1410.

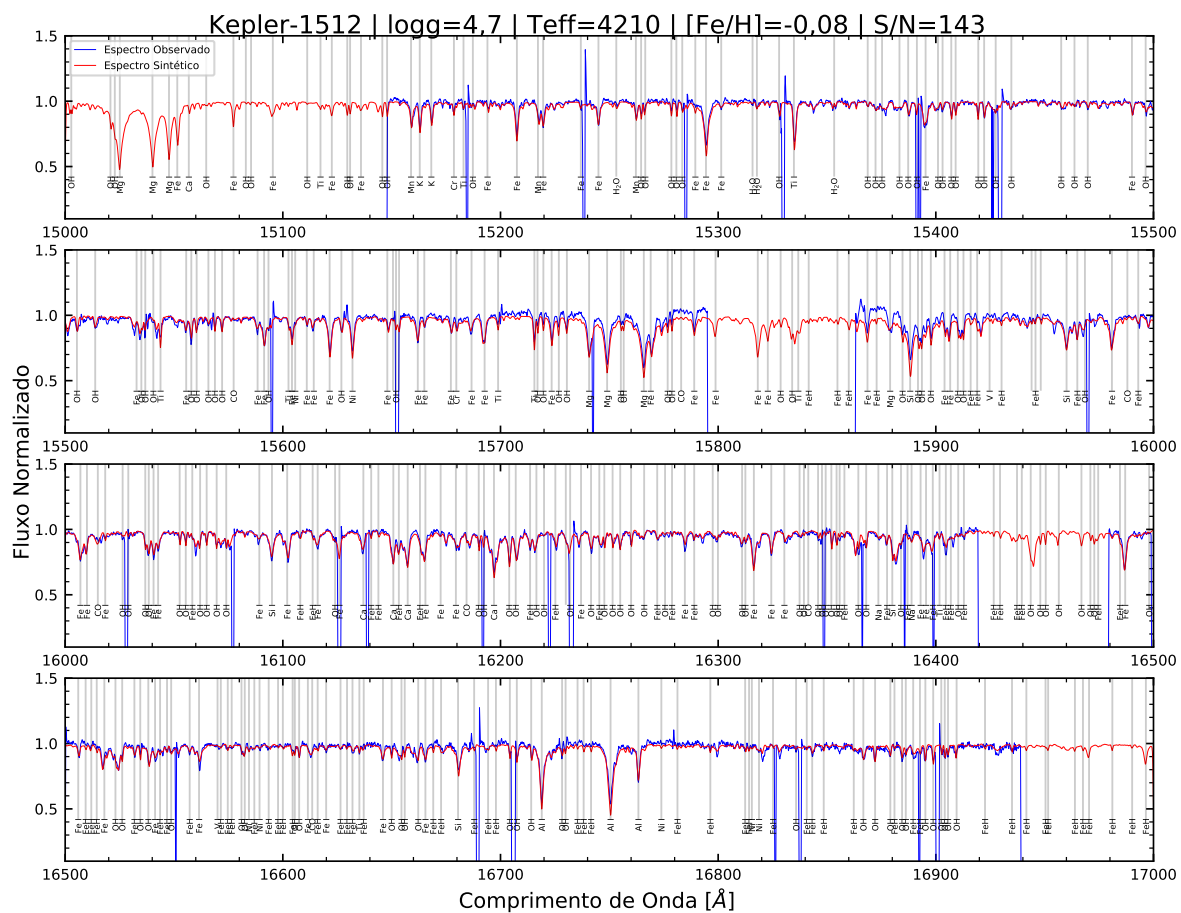


Figura 32 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-1512.

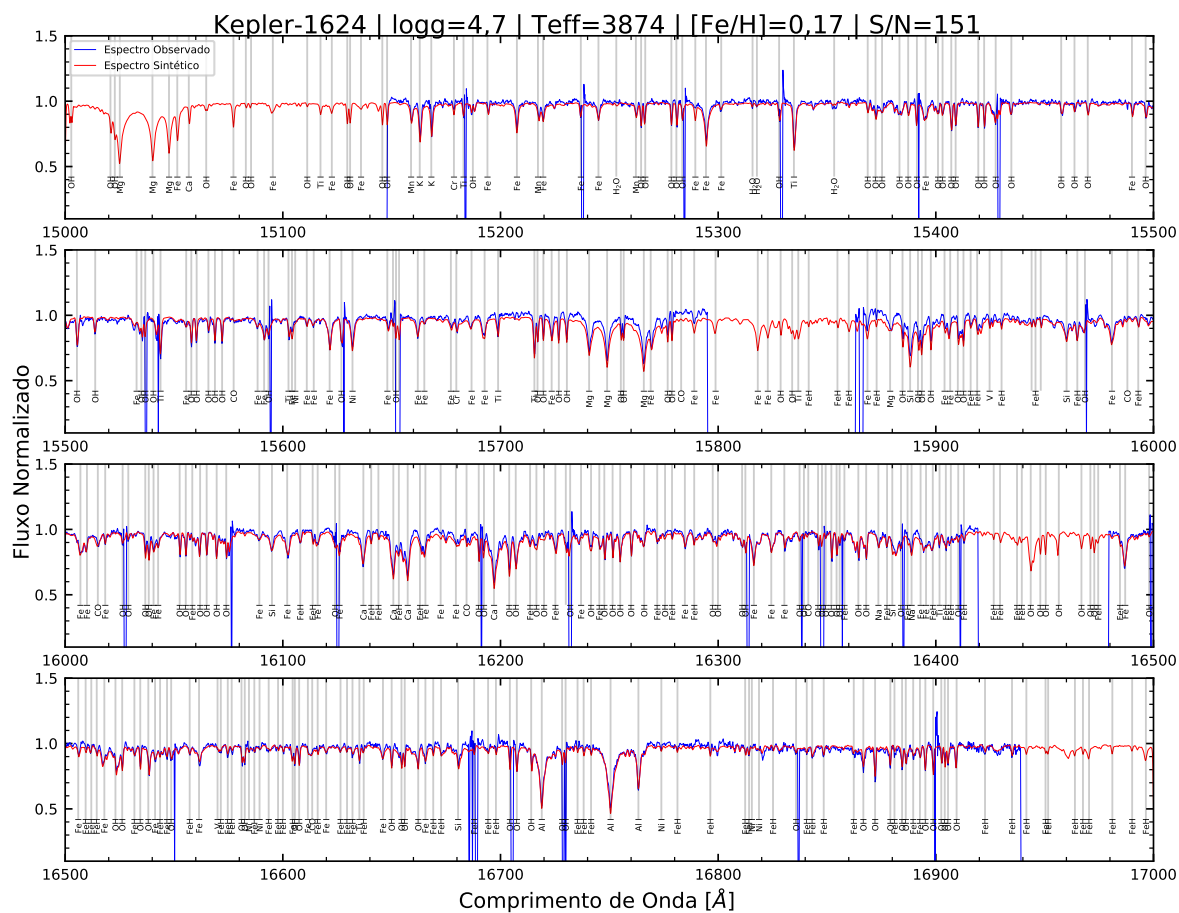


Figura 33 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-1624.

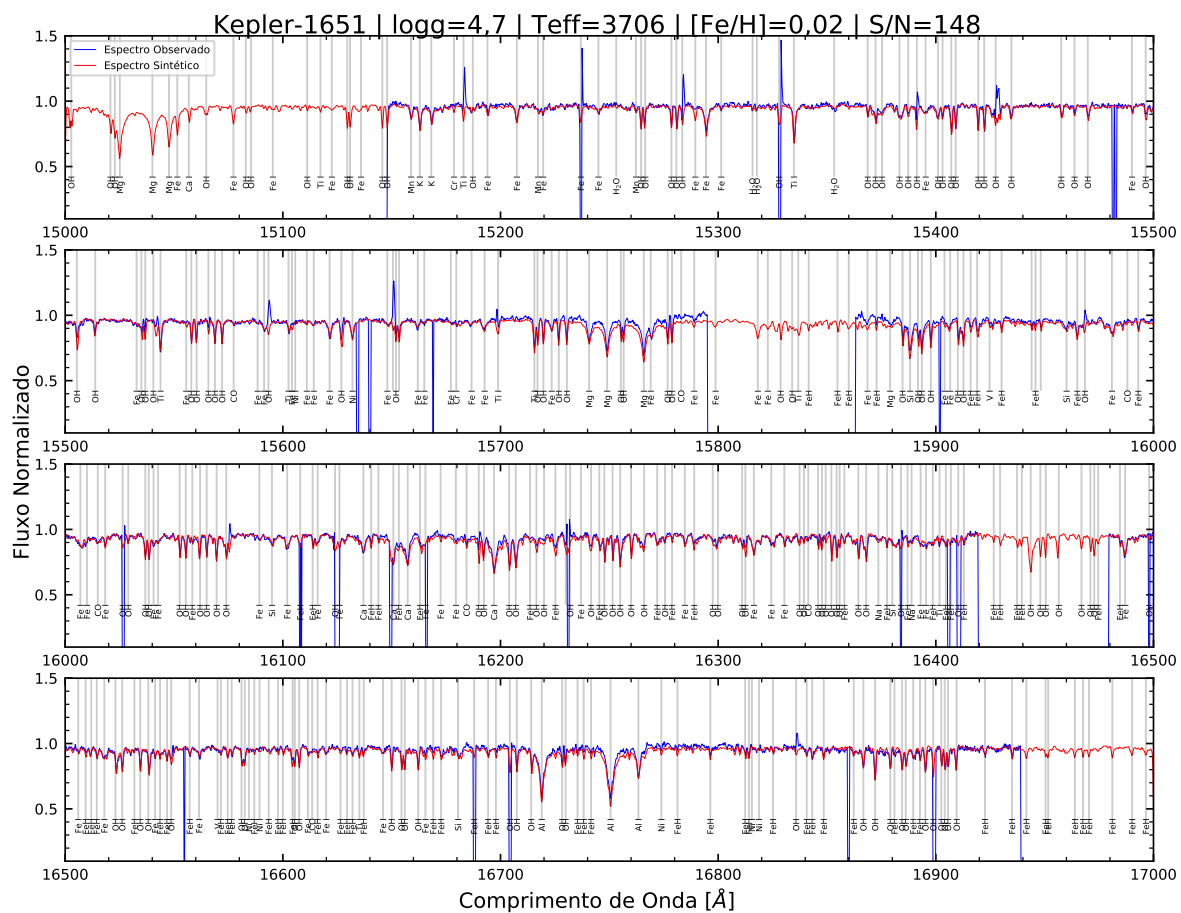


Figura 34 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-1651.

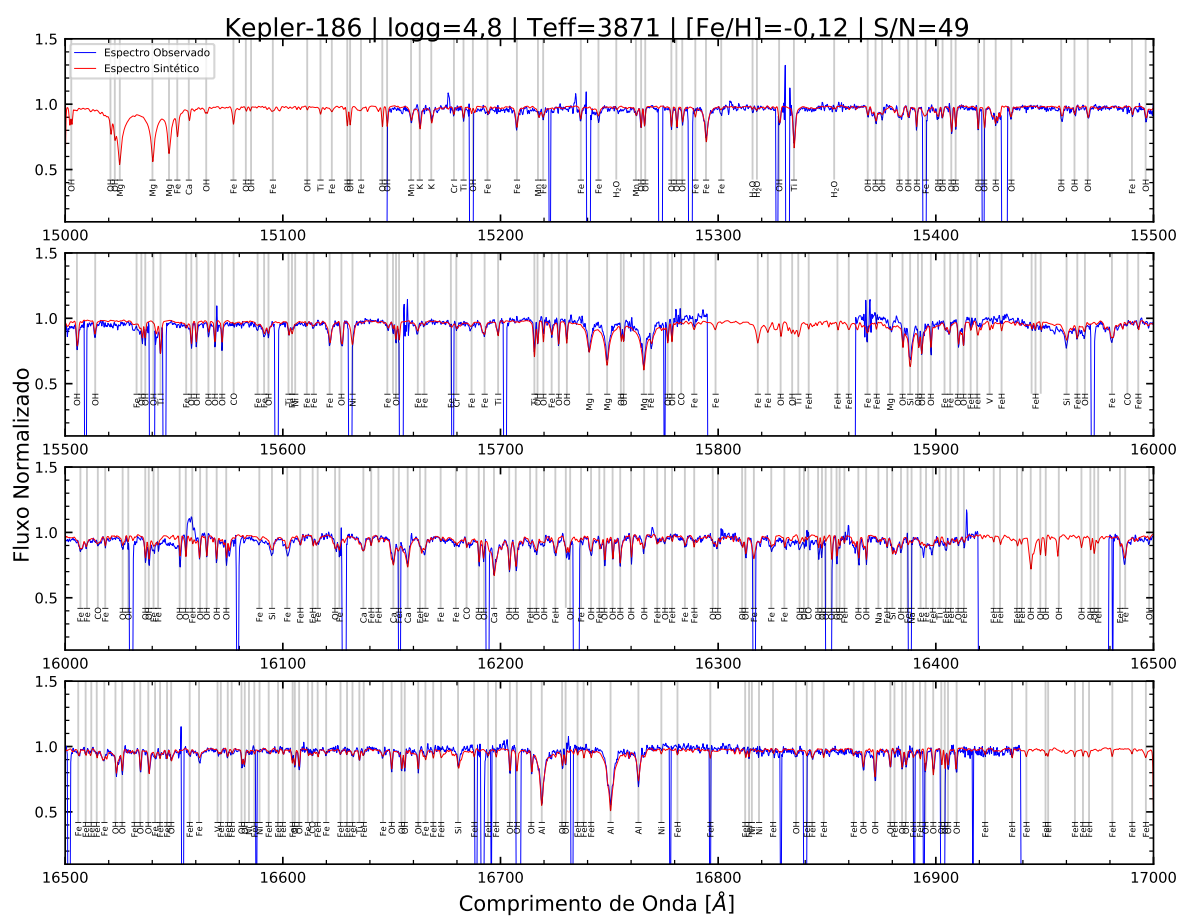


Figura 35 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-186.



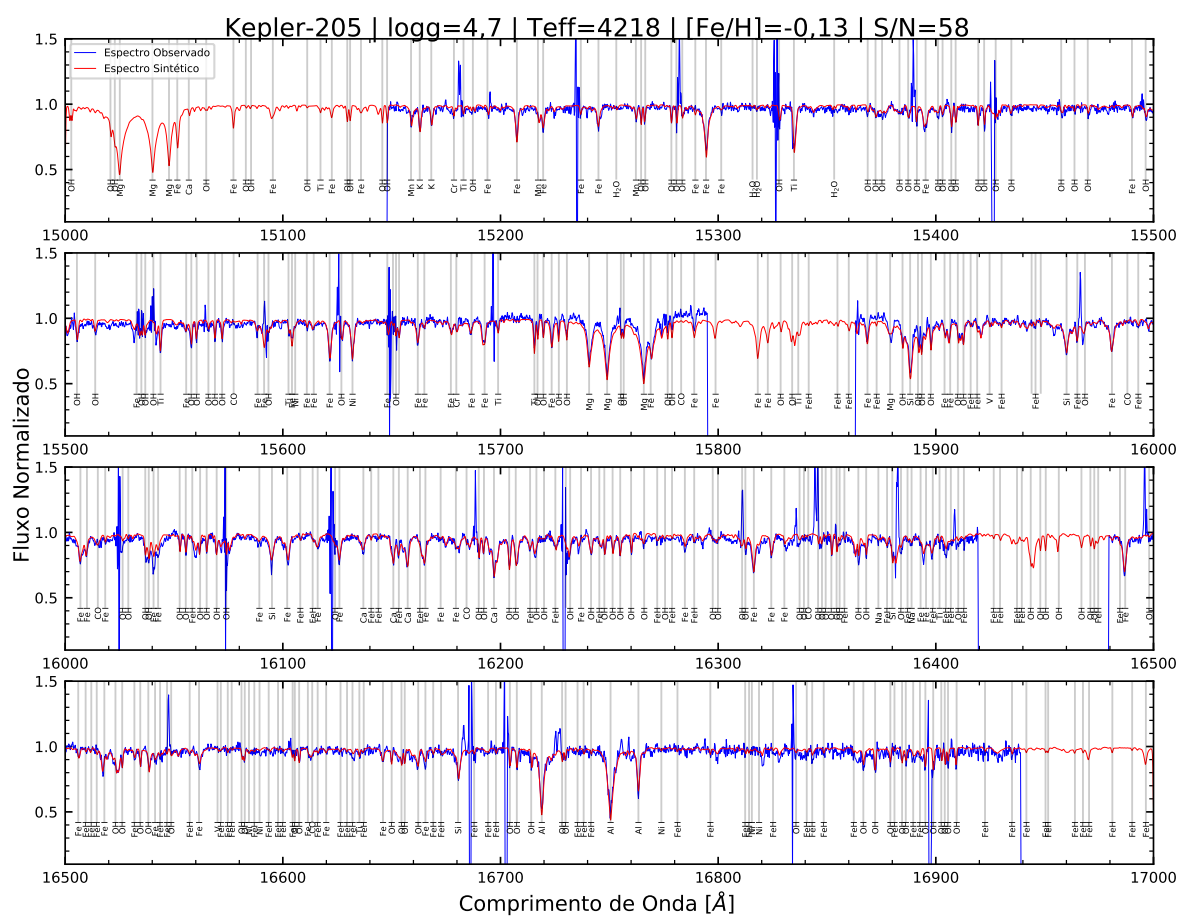


Figura 36 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-205.

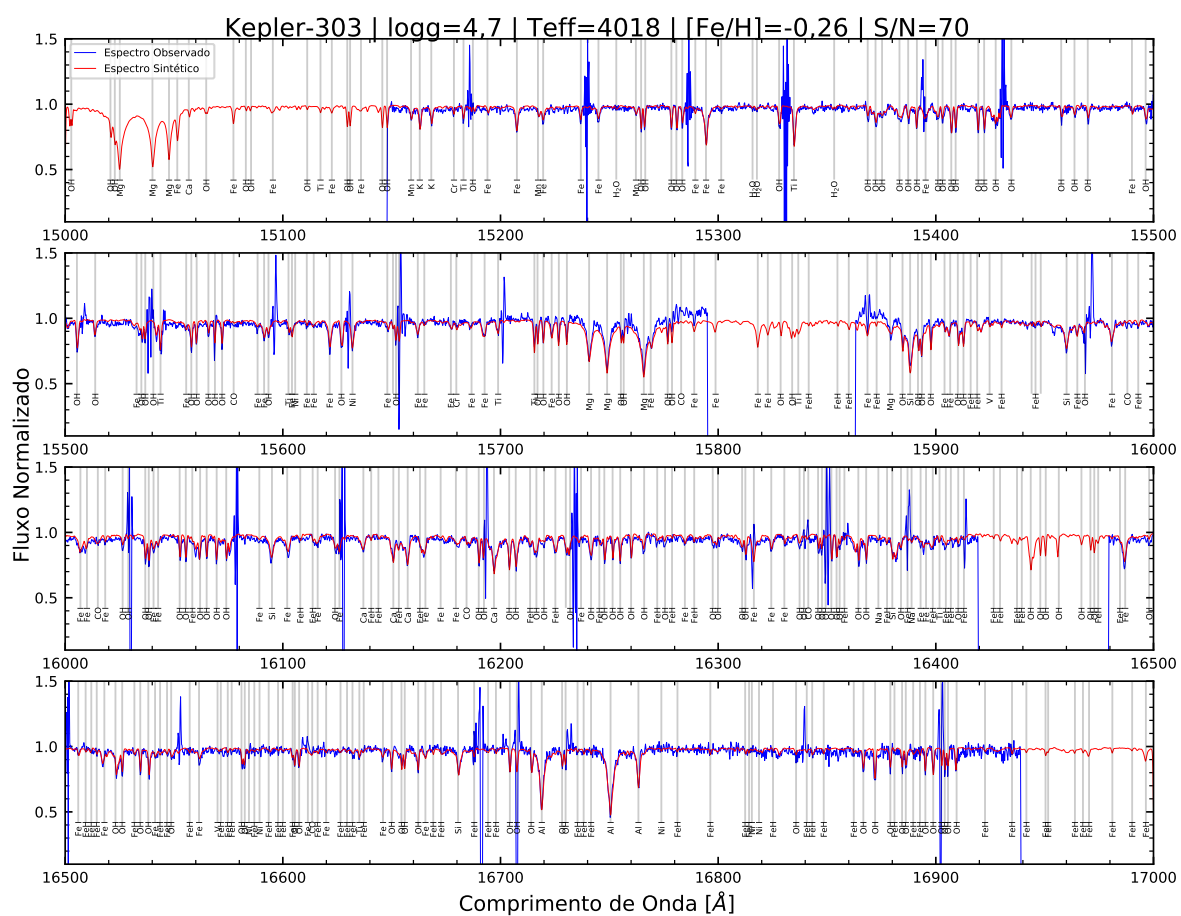


Figura 37 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-303.

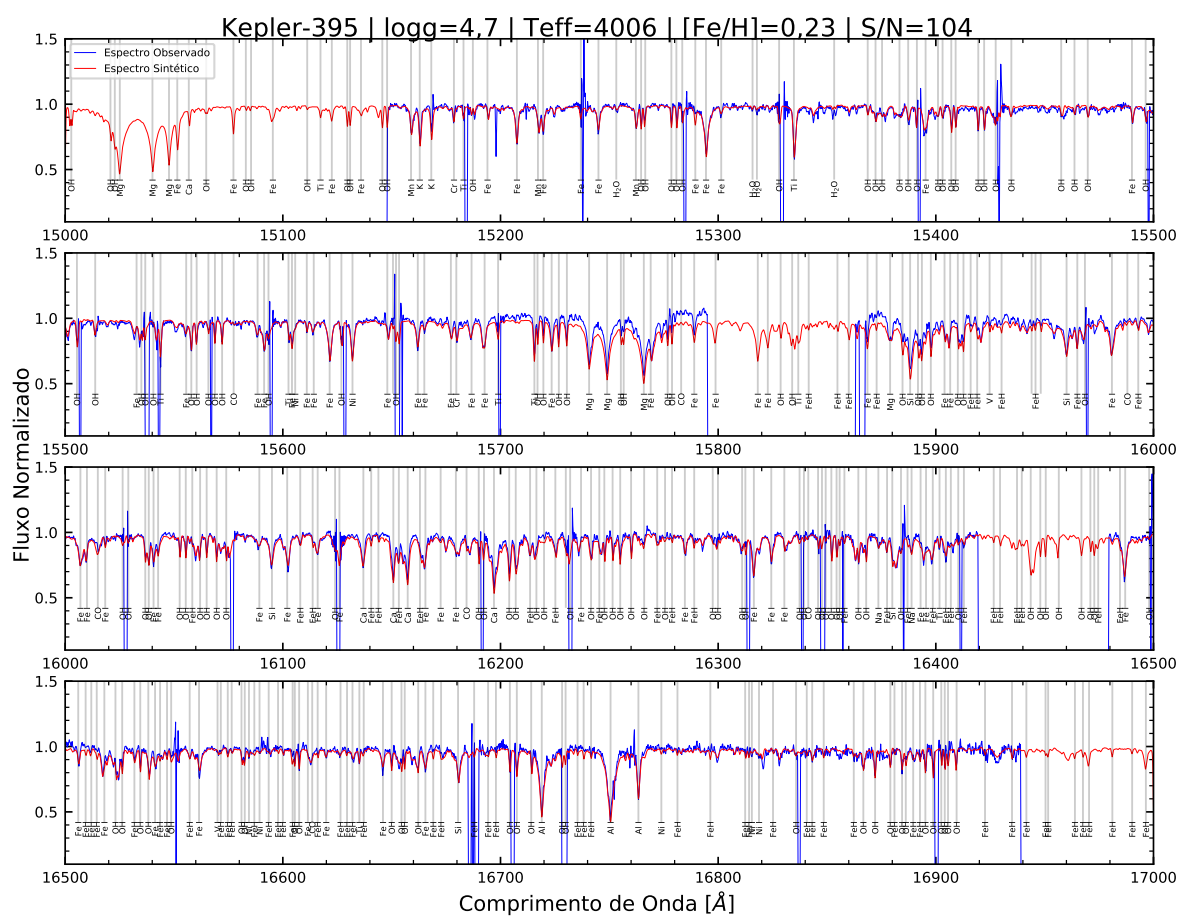


Figura 38 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-395.

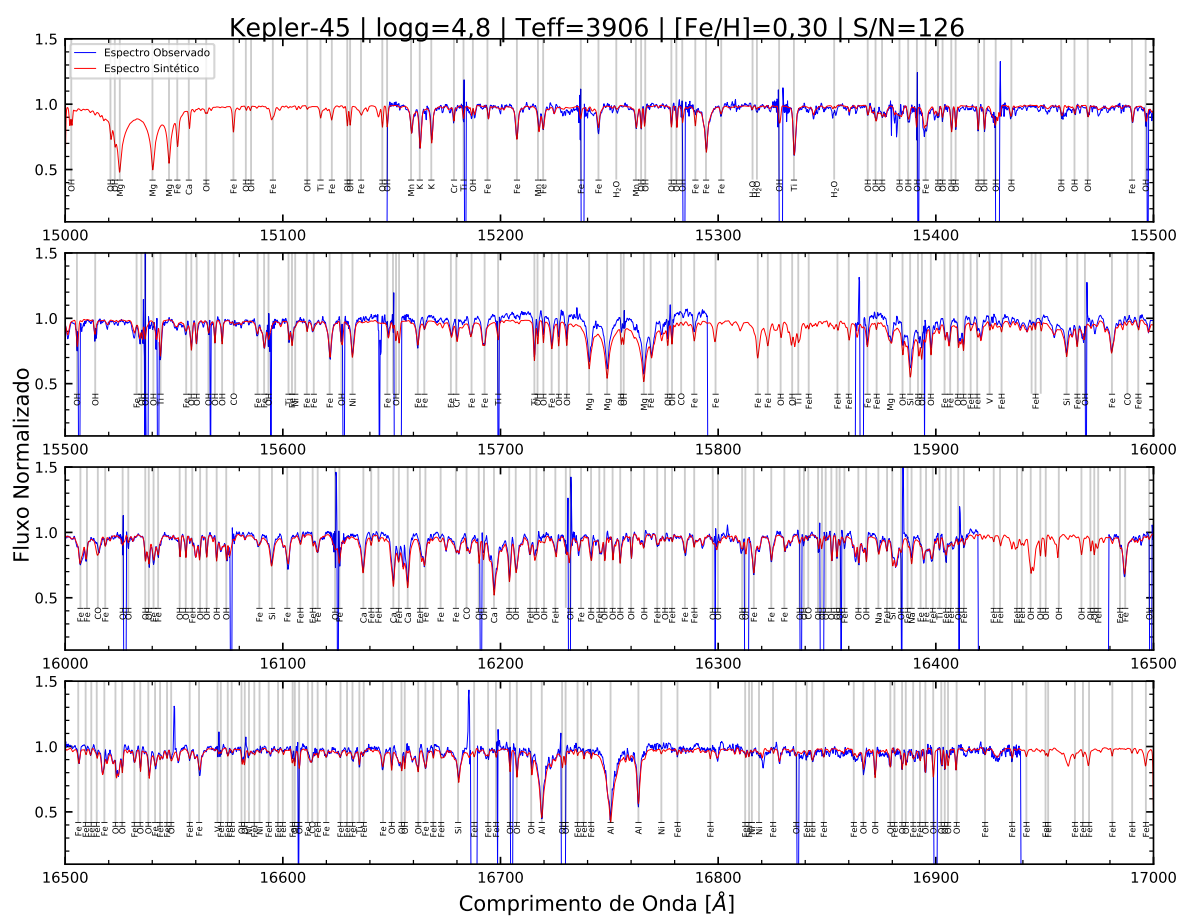


Figura 39 – Espectro APOGEE  $\times$  espectro sintético da estrela Kepler-45.

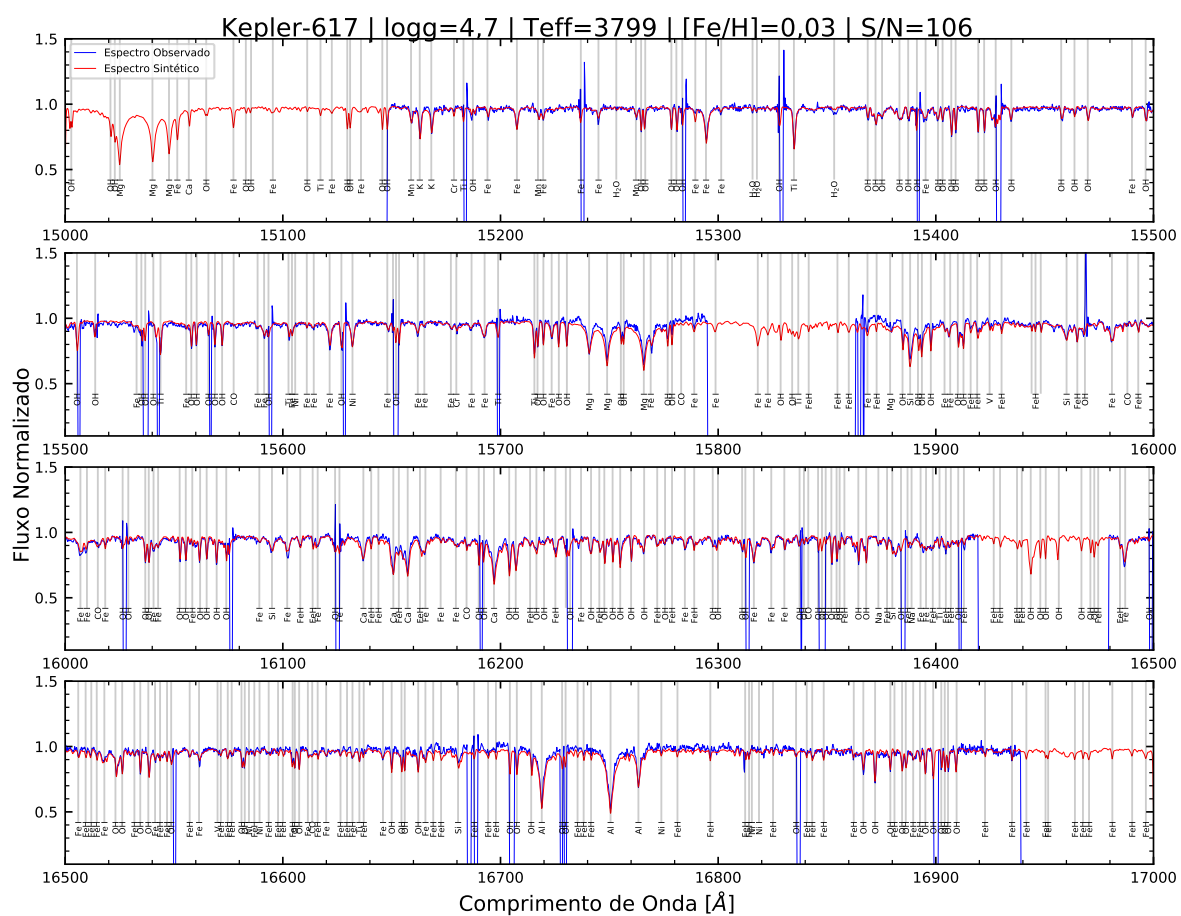


Figura 40 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-617.

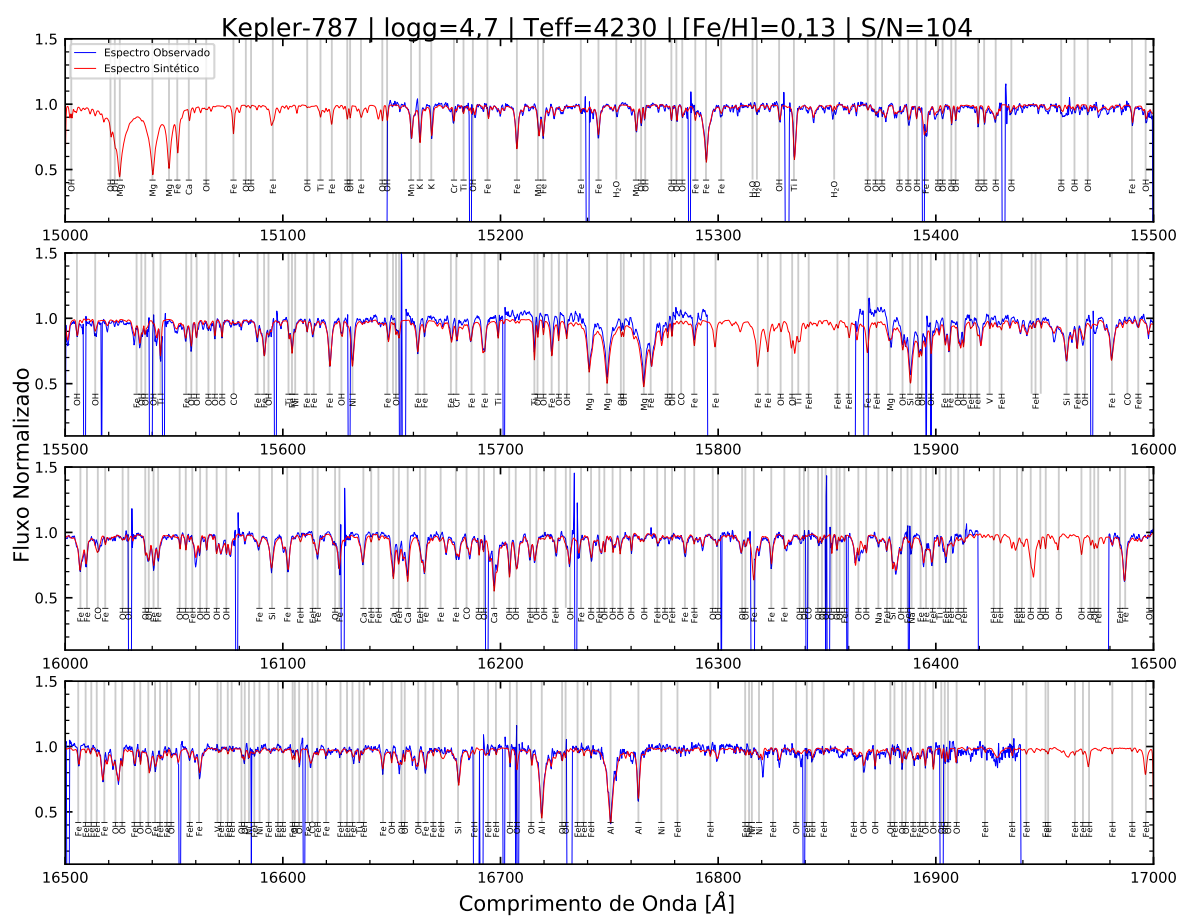


Figura 41 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Kepler-787.

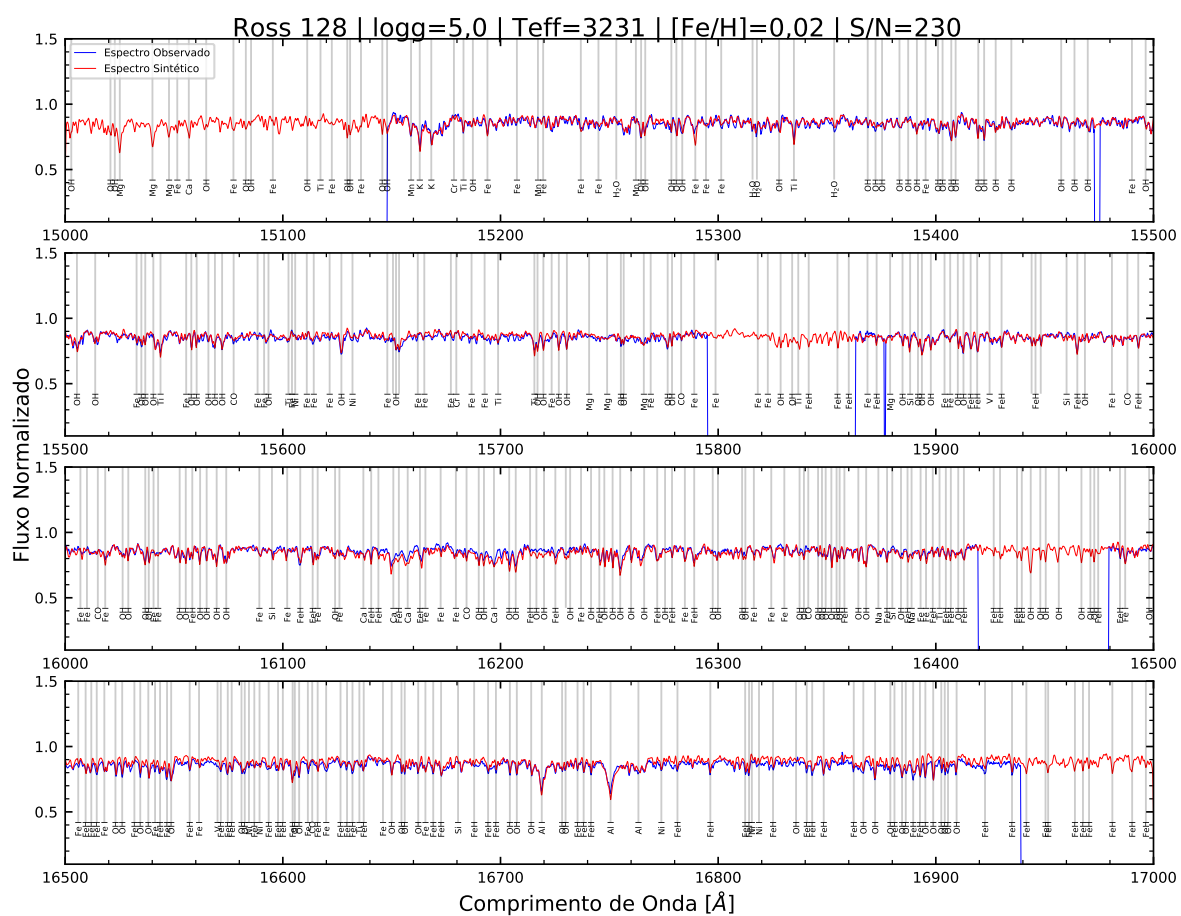


Figura 42 – Espectro APOGEE × espectro sintético da estrela Ross 128.

# Anexos



Esta seção de anexos tem como objetivo apresentar um apanhado geral dos principais dados utilizados neste trabalho. A amostra é composta por um total de 261 exoplanetas de 141 estrelas do tipo espectral FGK e 29 exoplanetas de um total de 19 estrelas anãs do tipo espectral M, as sub-seções a seguir serão organizadas conforme esta divisão.

A nomenclatura da fonte de dados utilizada segue o critério estabelecido no capítulo de resultados, onde:

- NASA: dados provenientes da base de dados da NASA, ou calculados a partir dos dados de semieixo maior, raio estelar e temperatura efetiva da base da NASA.
- APOGEE (APO): dados provenientes do ASPCAP, ou calculados a partir dos dados de semieixo maior e raio estelar da base da NASA em conjunto com temperatura efetiva do ASPCAP.
- Calibrados (Cal): dados obtidos a partir de calibrações fotométricas dos parâmetros  $R_*$ ,  $m_*$ ,  $T_{ef}$  e  $[Fe/H]$ , ou calculados a partir destes valores.
- Espectroscópicos (Spec): dados obtidos a partir de síntese espectral realizada neste projeto, ou derivados destes valores. Grandezas tais como temperatura de equilíbrio e grau de insolação espectroscópico são baseadas no SMA da base da NASA, temperatura efetiva espectroscópica e raio estelar calibrado utilizando metalicidade espectroscópica no lugar da fotométrica (que chamamos raio estelar espectroscópico). Ao passo que o raio estelar espectroscópico depende da metalicidade espectroscópica, o raio estelar calibrado depende da fotométrica.

As incertezas referentes aos parâmetros exoplanetários possuem uma maior dimensão em relação aos estelares. Assim, nas tabelas a seguir serão apenas apresentados os erros das medidas dos planetas da amostra.

# ANEXO A – Dados das Estrelas FGK da Amostra

Tabela 8 – Dados estelares de temperatura efetiva, gravidade superficial (em unidades de  $\text{cm/s}^2$ ) e raios estelares utilizados nas análises de estrelas FGK da amostra.

Id (2MASS)	Id (NASA)	$T_{ef}[K]$ (NASA)	$T_{ef}[K]$ (APO)	$\log g$ (APO)	$R_*[R_\odot]$ (NASA)
2M15170588+7149258	11 UMi	4213	4234	2,1	29,79
2M14283785+4950414	24 Boo	4893	4921	2,6	10,64
2M08401279+6419405	4 UMa	4415	4485	2,5	18,11
2M18255915+6533486	42 Dra	4200	4353	1,9	22,03
2M06304711+5809453	6 Lyn	4938	4949	3,3	5,20
2M06434947-0103468	CoRoT-7	5275	5242	4,5	0,83
2M18430881+0612150	CoRoT-9	5625	5543	4,4	0,96
2M19505021+4804508	HAT-P-11	4780	4762	4,5	0,68
2M13573347+4329367	HAT-P-12	4650	4613	4,3	0,70
2M17052315+3300450	HAT-P-18	4803	4810	4,5	0,75
2M16203635+4102531	HAT-P-2	6380	6206	4,3	1,39
2M07273995+2420118	HAT-P-20	4595	4505	4,4	0,69
2M14123457+4700528	HAT-P-44	5295	5074	4,2	0,95
2M12051510+7654205	HD 104985	4877	4640	2,6	11,00
2M13121982+1731016	HD 114762	5869	6059	4,4	1,20
2M14532303+1814074	HD 131496	4846	4882	3,3	4,44
2M15351620+5355195	HD 139357	4700	4639	2,9	11,47
2M16100392+2644336	HD 145457	4769	4788	2,8	10,52
2M16254841+3015545	HD 148284	5572	5447	4,0	1,48
2M17254543+2718118	HD 158038	4860	4904	3,5	4,50
2M17193713+8008108	HD 158996	4069	4061	1,8	50,30
2M18103166+5417114	HD 167042	4943	4950	3,4	4,50
2M19052077+2555144	HD 177830	4901	4835	3,6	3,26
2M21585970+1901128	HD 208897	4860	4859	3,4	4,98
2M05093674+6938219	HD 32518	4580	4682	2,8	10,22
2M05073553-1359113	HD 33142	4978	5007	3,5	4,45
2M05475919-0819396	HD 38801	5207	5222	4,0	2,41
2M07314838+1705099	HD 59686 A	4658	4655	2,8	13,20
2M08021594+0220044	HD 66141	4323	4234	2,1	21,40
2M08522396+1314005	HD 75784	4867	4910	3,6	3,40
2M08274481+1734457	K2-121	4551	4629	4,4	0,68
2M04245669+1849387	K2-87	5747	5549	4,2	1,40
2M11450348+0000190	K2-9	3390	4538	2,8	0,31
2M19075308+4652061	KOI-13	7650	7954	4,6	1,74

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 8...

Id (2MASS)	Id (NASA)	$T_{ef}[K]$ (NASA)	$T_{ef}[K]$ (APO)	$\log g$ (APO)	$R_*[R_\odot]$ (NASA)
2M19392772+4617090	KOI-217	5545	5300	4,4	0,86
2M19330757+4518348	KOI-3680	5830	5673	4,3	0,96
2M19491993+4153280	KOI-94	6182	6207	4,4	1,52
2M19024305+5014286	Kepler-10	5627	5595	4,3	1,06
2M19381420+4603443	Kepler-108	5854	5550	4,1	2,19
2M19362914+4820582	Kepler-114	4605	4627	4,4	0,67
2M19172334+4412307	Kepler-126	6239	6351	4,6	1,36
2M19004559+4601406	Kepler-127	6106	6031	4,4	1,36
2M19011470+4750549	Kepler-129	5770	5671	4,1	1,64
2M19134816+4014431	Kepler-130	5884	5835	4,4	1,13
2M18525659+4120349	Kepler-132	6003	5864	4,3	1,18
2M18585736+4935542	Kepler-134	5983	5779	4,3	1,18
2M19215883+3847437	Kepler-135	6090	5952	4,3	1,27
2M19455215+4235555	Kepler-136	6165	6151	4,3	1,35
2M18493406+4353216	Kepler-139	5594	5354	4,3	1,30
2M18473976+4246318	Kepler-144	6075	6002	4,3	1,24
2M19283906+4101236	Kepler-151	5460	5267	4,5	0,83
2M19211116+3744581	Kepler-156	5094	5005	4,4	0,81
2M19242333+3852321	Kepler-157	5774	5689	4,3	1,04
2M19400067+4659143	Kepler-163	5776	5375	4,3	0,92
2M19064546+3912428	Kepler-1655	6148	6000	4,4	1,03
2M18575331+3954425	Kepler-1656	5731	5554	4,3	1,10
2M19303802+3820434	Kepler-167	4890	4790	4,4	0,73
2M19383520+4153027	Kepler-173	6031	5592	4,1	0,95
2M19521906+4444467	Kepler-18	5345	5192	4,3	1,11
2M19274845+4304289	Kepler-184	5788	5396	4,3	0,87
2M19405434+5033323	Kepler-197	6004	5916	4,2	1,12
2M19224155+3841276	Kepler-198	5574	5534	4,5	0,94
2M19104752+4220194	Kepler-20	5495	5348	4,4	0,96
2M19343024+4116221	Kepler-201	6065	6204	4,5	1,23
2M19263232+4150019	Kepler-206	5764	5552	4,3	1,19
2M19353364+4231408	Kepler-208	6092	5964	4,3	1,31
2M19244068+4238269	Kepler-209	5513	5428	4,4	0,94
2M19092683+3842505	Kepler-21	6305	6068	4,2	1,90
2M19300081+4304593	Kepler-210	4559	4530	4,5	0,65
2M19395364+4512492	Kepler-215	5739	5649	4,3	1,03
2M19345473+4607449	Kepler-216	6091	6054	4,2	1,26
2M19320905+4616390	Kepler-217	6171	6620	4,4	1,80
2M19413907+4615592	Kepler-218	5502	5325	4,3	1,06
2M19165219+4753040	Kepler-22	5518	5456	4,4	0,98
2M19213918+3820375	Kepler-24	5897	5960	4,3	1,29
2M19313914+4103393	Kepler-241	4699	4487	4,2	0,67
2M19263335+4226107	Kepler-245	5100	5038	4,4	0,80

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 8...

Id (2MASS)	Id (NASA)	$T_{ef}[K]$ (NASA)	$T_{ef}[K]$ (APO)	$\log g$ (APO)	$R_*[R_\odot]$ (NASA)
2M19441541+4558366	Kepler-255	5573	5096	4,2	0,93
2M19301930+4605506	Kepler-256	5551	5432	4,3	1,30
2M19361643+4634455	Kepler-258	4942	4803	4,5	0,92
2M19274223+3800508	Kepler-260	5250	5356	4,4	0,86
2M19252754+3736330	Kepler-261	5098	5087	4,5	0,79
2M19225488+3715095	Kepler-262	5841	5390	4,2	0,88
2M19295274+3734040	Kepler-263	5265	5150	4,4	0,79
2M19281070+3722344	Kepler-264	6158	6214	4,3	1,55
2M19275428+3803182	Kepler-268	6081	5968	4,4	1,27
2M19314146+3828382	Kepler-274	6023	5627	4,0	1,01
2M19202572+3842080	Kepler-278	4991	4871	3,6	2,94
2M19283288+4225459	Kepler-28	4590	4625	4,4	0,70
2M19253372+4210501	Kepler-280	5744	5416	4,3	0,89
2M19360552+4551110	Kepler-31	6340	5972	4,3	1,22
2M19384178+4204321	Kepler-314	5378	5185	4,4	0,95
2M19325125+4610304	Kepler-320	6435	5998	4,2	1,11
2M19253173+3807388	Kepler-323	5987	5799	4,3	1,18
2M19371813+4600081	Kepler-326	5105	5145	4,6	0,80
2M19272023+3918264	Kepler-331	4347	4569	4,4	0,49
2M19290865+4054489	Kepler-333	4259	4433	4,4	0,53
2M19441543+4525430	Kepler-335	5877	5894	4,3	1,85
2M18515494+4047036	Kepler-338	5923	5824	4,1	1,74
2M19304273+4643361	Kepler-342	6175	6102	4,3	1,47
2M19275056+4225588	Kepler-343	5807	5716	4,2	1,43
2M19295991+4619278	Kepler-344	5774	5312	4,3	0,98
2M19405491+4558156	Kepler-345	4504	4504	4,4	0,62
2M19344235+4436560	Kepler-349	5956	5630	4,5	0,93
2M19294105+3740581	Kepler-356	6133	5982	4,3	1,33
2M19250004+4913545	Kepler-36	5911	5968	4,2	1,63
2M19491018+4958538	Kepler-367	4710	4764	4,5	0,69
2M19284107+4054587	Kepler-370	5852	5615	4,4	0,90
2M19291835+3839273	Kepler-371	5666	5753	4,2	0,99
2M19363310+4222138	Kepler-374	5977	5635	4,2	0,91
2M19262571+3824374	Kepler-376	5900	5901	4,3	1,18
2M19394766+4626191	Kepler-378	4661	4671	4,4	0,67
2M19004386+4349519	Kepler-381	6152	6327	4,4	1,57
2M19252222+3821472	Kepler-383	4710	4567	4,3	0,67
2M19263090+4112309	Kepler-390	5166	5137	4,4	0,78
2M19255247+4020378	Kepler-398	4493	4540	4,4	0,61
2M19022767+5008087	Kepler-4	5857	5681	4,2	1,49
2M19380317+4558539	Kepler-41	5750	5617	4,2	1,29
2M18523616+4508233	Kepler-410 A	6273	6273	4,5	1,35
2M19102533+4931237	Kepler-411	4974	4830	4,5	0,79

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 8...

Id (2MASS)	Id (NASA)	$T_{ef}[K]$ (NASA)	$T_{ef}[K]$ (APO)	$\log g$ (APO)	$R_*[R_\odot]$ (NASA)
2M18503111+4619240	Kepler-422	5972	5751	4,3	1,24
2M19312537+4623282	Kepler-423	5560	5580	4,3	0,95
2M18442696+4313400	Kepler-431	6004	5977	4,2	1,09
2M19330772+4817092	Kepler-432	4995	4932	3,4	4,06
2M19342073+4255440	Kepler-434	5977	5731	4,3	1,38
2M19290895+4311502	Kepler-435	6161	5954	3,9	3,21
2M19010446+4833360	Kepler-447	5493	5425	4,4	1,05
2M19411149+4655136	Kepler-47	5636	5574	4,4	0,96
2M19562938+4152003	Kepler-539	5820	5634	4,4	0,95
2M19350200+4152187	Kepler-56	4840	4790	3,4	4,23
2M19144528+4109042	Kepler-65	6211	6205	4,4	1,41
2M19355557+4641158	Kepler-66	5962	5741	4,6	0,97
2M19330262+4452080	Kepler-69	5638	5717	4,3	0,93
2M19322220+4121198	Kepler-74	6000	5794	4,3	1,12
2M19364610+3937084	Kepler-76	6409	6101	4,3	1,32
2M19343286+4249298	Kepler-81	4500	4423	4,3	0,59
2M19312961+4257580	Kepler-82	5428	5274	4,4	0,94
2M19024148+4407002	Kepler-91	4550	4618	3,2	6,30
2M21101237+1044197	MASCARA-1	7554	7544	4,4	2,10
2M04355524+1630331	alf Tau	4055	3934	1,6	45,10
2M09524585+2600248	mu Leo	4538,2	4549	2,8	11,40

Tabela 9 – Dados relativos a abundâncias estelares de estrelas FGK da amostra.

Id (2MASS)	Id (NASA)	[Fe/H] (APO)	[C/H] (APO)	[O/H] (APO)	[Mg/H] (APO)	[Si/H] (APO)
2M15170588+7149258	11 UMi	0,03	-0,11	0,01	0,01	0,09
2M14283785+4950414	24 Boo	-0,65	-0,48	-0,28	-0,31	-0,26
2M08401279+6419405	4 UMa	-0,11	-0,22	-0,09	-0,09	-0,04
2M18255915+6533486	42 Dra	-0,38	-0,59	-0,29	-0,33	-0,19
2M06304711+5809453	6 Lyn	-0,06	-0,22	-0,12	-0,04	0,00
2M06434947-0103468	CoRoT-7	0,13	0,25	0,17	0,14	0,16
2M18430881+0612150	CoRoT-9	-0,01	-0,03	-0,06	-0,03	0,00
2M19505021+4804508	HAT-P-11	0,28	0,57	0,20	0,25	0,23
2M13573347+4329367	HAT-P-12	-0,14	-0,31	0,21	0,17	0,01
2M17052315+3300450	HAT-P-18	0,19	0,37	0,21	0,16	0,16
2M16203635+4102531	HAT-P-2	0,00	0,02	0,05	-0,06	0,01
2M07273995+2420118	HAT-P-20	0,30	0,62	0,16	0,22	0,23
2M14123457+4700528	HAT-P-44	0,31	0,62	0,26	0,25	0,46
2M12051510+7654205	HD 104985	-0,29	-0,19	-0,04	-0,05	-0,04
2M13121982+1731016	HD 114762	-0,58	-1,13	-0,38	-0,38	-0,39
2M14532303+1814074	HD 131496	0,14	-0,09	0,10	0,15	0,19
2M15351620+5355195	HD 139357	0,34	0,15	0,26	0,33	0,41

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 9...

Id (2MASS)	Id (NASA)	[Fe/H] (APO)	[C/H] (APO)	[O/H] (APO)	[Mg/H] (APO)	[Si/H] (APO)
2M16100392+2644336	HD 145457	-0,11	-0,07	-0,10	-0,09	-0,02
2M16254841+3015545	HD 148284	0,15	0,08	0,23	0,12	0,21
2M17254543+2718118	HD 158038	0,24	0,13	0,21	0,27	0,28
2M17193713+8008108	HD 158996	-0,07	-0,17	-0,07	-0,09	0,00
2M18103166+5417114	HD 167042	0,07	-0,14	0,01	0,07	0,12
2M19052077+2555144	HD 177830	0,35	0,27	0,35	0,38	0,44
2M21585970+1901128	HD 208897	0,20	-0,04	0,16	0,20	0,22
2M05093674+6938219	HD 32518	0,02	0,08	0,07	0,11	0,10
2M05073553-1359113	HD 33142	0,06	-0,12	0,06	0,08	0,11
2M05475919-0819396	HD 38801	0,27	0,09	0,24	0,20	0,28
2M07314838+1705099	HD 59686 A	0,16	0,01	0,10	0,13	0,22
2M08021594+0220044	HD 66141	-0,34	-0,32	-0,22	-0,24	-0,16
2M08522396+1314005	HD 75784	0,22	0,15	0,16	0,23	0,24
2M08274481+1734457	K2-121	0,04	0,04	0,12	0,03	0,01
2M04245669+1849387	K2-87	0,31	0,61	0,42	0,25	0,40
2M11450348+0000190	K2-9	-1,63	-2,37	-0,64	-2,01	-0,63
2M19075308+4652061	KOI-13	-0,25	-0,75	0,07	0,29	0,36
2M19392772+4617090	KOI-217	0,15	0,27	-0,35	0,16	0,13
2M19330757+4518348	KOI-3680	0,17	0,35	0,32	0,03	0,08
2M19491993+4153280	KOI-94	0,07	0,16	0,14	0,00	0,08
2M19024305+5014286	Kepler-10	-0,13	-0,25	-0,11	0,00	-0,05
2M19381420+4603443	Kepler-108	0,29	0,25	0,39	0,23	0,35
2M19362914+4820582	Kepler-114	0,16	0,31	0,15	0,15	0,18
2M19172334+4412307	Kepler-126	-0,19	-0,35	-0,04	-0,10	-0,12
2M19004559+4601406	Kepler-127	0,19	0,41	0,27	0,09	0,23
2M19011470+4750549	Kepler-129	0,19	0,38	0,22	0,15	0,24
2M19134816+4014431	Kepler-130	-0,20	-0,39	-0,19	-0,12	-0,20
2M18525659+4120349	Kepler-132	-0,24	-0,49	-0,08	-0,19	-0,16
2M18585736+4935542	Kepler-134	-0,24	-0,48	-0,15	-0,27	-0,19
2M19215883+3847437	Kepler-135	-0,13	-0,25	0,01	-0,11	-0,09
2M19455215+4235555	Kepler-136	-0,01	0,00	0,04	-0,07	0,04
2M18493406+4353216	Kepler-139	0,26	0,51	0,27	0,17	0,33
2M18473976+4246318	Kepler-144	-0,21	-0,38	-0,07	-0,24	-0,23
2M19283906+4101236	Kepler-151	0,07	0,10	0,04	0,05	0,09
2M19211116+3744581	Kepler-156	0,19	0,38	0,17	0,24	0,22
2M19242333+3852321	Kepler-157	-0,09	-0,19	-0,07	-0,10	-0,01
2M19400067+4659143	Kepler-163	0,09	0,15	0,03	0,11	0,13
2M19064546+3912428	Kepler-1655	-0,32	-0,63	-0,20	-0,32	-0,28
2M18575331+3954425	Kepler-1656	0,11	0,21	0,16	0,07	0,14
2M19303802+3820434	Kepler-167	0,01	0,01	0,05	0,05	0,01
2M19383520+4153027	Kepler-173	0,00	-0,06	0,42	-0,15	-0,05
2M19521906+4444467	Kepler-18	0,19	0,39	0,23	0,11	0,22
2M19274845+4304289	Kepler-184	-0,24	-0,49	0,09	-0,24	-0,20

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 9...

Id (2MASS)	Id (NASA)	[Fe/H] (APO)	[C/H] (APO)	[O/H] (APO)	[Mg/H] (APO)	[Si/H] (APO)
2M19405434+5033323	Kepler-197	-0,47	-0,90	-0,69	-0,39	-0,40
2M19224155+3841276	Kepler-198	0,07	0,13	0,13	0,03	0,07
2M19104752+4220194	Kepler-20	0,05	0,11	0,20	0,12	0,05
2M19343024+4116221	Kepler-201	-0,06	-0,08	0,10	-0,12	-0,05
2M19263232+4150019	Kepler-206	-0,02	-0,03	0,02	0,05	0,05
2M19353364+4231408	Kepler-208	-0,07	-0,11	0,08	-0,12	-0,10
2M19244068+4238269	Kepler-209	0,06	0,13	0,07	0,01	0,11
2M19092683+3842505	Kepler-21	-0,16	-0,27	-0,18	-0,20	-0,16
2M19300081+4304593	Kepler-210	0,20	0,39	0,20	0,22	0,12
2M19395364+4512492	Kepler-215	-0,48	-0,94	-0,36	-0,39	-0,39
2M19345473+4607449	Kepler-216	-0,17	-0,32	0,12	-0,22	-0,11
2M19320905+4616390	Kepler-217	-0,14	-0,22	0,03	-0,15	-0,05
2M19413907+4615592	Kepler-218	0,28	0,57	0,32	0,17	0,32
2M19165219+4753040	Kepler-22	-0,25	-0,49	-0,33	-0,23	-0,24
2M19213918+3820375	Kepler-24	-0,09	-0,18	0,36	-0,16	-0,03
2M19313914+4103393	Kepler-241	-0,04	-0,13	0,02	-0,05	-0,08
2M19263335+4226107	Kepler-245	0,06	0,07	-0,15	0,10	-0,01
2M19441541+4558366	Kepler-255	0,28	0,57	0,35	0,18	0,39
2M19301930+4605506	Kepler-256	0,24	0,43	0,32	0,15	0,27
2M19361643+4634455	Kepler-258	0,24	0,43	0,28	0,27	0,24
2M19274223+3800508	Kepler-260	0,22	0,43	0,26	0,13	0,27
2M19252754+3736330	Kepler-261	0,10	0,18	0,13	0,10	0,05
2M19225488+3715095	Kepler-262	-0,39	-0,79	-0,46	-0,34	-0,27
2M19295274+3734040	Kepler-263	-0,09	-0,23	-0,09	-0,02	-0,01
2M19281070+3722344	Kepler-264	0,04	0,10	0,15	-0,01	0,07
2M19275428+3803182	Kepler-268	-0,02	-0,04	0,18	-0,09	0,00
2M19314146+3828382	Kepler-274	-0,25	-0,49	-0,25	-0,05	-0,10
2M19202572+3842080	Kepler-278	0,27	0,23	0,24	0,28	0,34
2M19283288+4225459	Kepler-28	0,07	0,11	0,11	0,08	0,03
2M19253372+4210501	Kepler-280	0,07	0,14	0,46	0,04	0,16
2M19360552+4551110	Kepler-31	-0,15	-0,26	0,46	-0,27	-0,13
2M19384178+4204321	Kepler-314	0,27	0,55	0,22	0,18	0,30
2M19325125+4610304	Kepler-320	-0,14	-0,26	-0,01	-0,12	-0,10
2M19253173+3807388	Kepler-323	-0,25	-0,47	-0,08	-0,23	-0,22
2M19371813+4600081	Kepler-326	0,18	0,36	0,23	0,14	0,13
2M19272023+3918264	Kepler-331	0,04	0,03	0,15	-0,03	0,10
2M19290865+4054489	Kepler-333	-0,03	-0,10	0,04	0,00	-0,07
2M19441543+4525430	Kepler-335	0,25	0,53	0,36	0,14	0,27
2M18515494+4047036	Kepler-338	-0,06	-0,09	0,06	-0,07	-0,01
2M19304273+4643361	Kepler-342	-0,02	-0,02	-0,01	-0,07	0,00
2M19275056+4225588	Kepler-343	0,11	0,23	0,21	0,02	0,07
2M19295991+4619278	Kepler-344	-0,01	-0,04	0,11	-0,01	0,00
2M19405491+4558156	Kepler-345	0,12	0,19	0,16	0,10	0,06

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 9...

Id (2MASS)	Id (NASA)	[Fe/H] (APO)	[C/H] (APO)	[O/H] (APO)	[Mg/H] (APO)	[Si/H] (APO)
2M19344235+4436560	Kepler-349	0,11	0,22	0,28	-0,03	0,11
2M19294105+3740581	Kepler-356	-0,04	-0,07	0,15	-0,12	-0,02
2M19250004+4913545	Kepler-36	-0,24	-0,46	-0,13	-0,23	-0,21
2M19491018+4958538	Kepler-367	0,13	0,24	0,12	0,10	0,04
2M19284107+4054587	Kepler-370	0,09	0,16	0,15	0,13	0,20
2M19291835+3839273	Kepler-371	-0,23	-0,46	-0,15	-0,03	-0,06
2M19363310+4222138	Kepler-374	0,07	0,12	0,35	0,09	0,15
2M19262571+3824374	Kepler-376	-0,13	-0,25	0,00	-0,14	-0,09
2M19394766+4626191	Kepler-378	0,06	0,11	0,10	0,11	0,05
2M19004386+4349519	Kepler-381	-0,24	-0,45	-0,07	-0,27	-0,16
2M19252222+3821472	Kepler-383	-0,25	-0,52	-0,12	-0,12	-0,19
2M19263090+4112309	Kepler-390	-0,10	-0,23	-0,04	-0,01	-0,02
2M19255247+4020378	Kepler-398	-0,02	-0,05	0,07	0,07	-0,04
2M19022767+5008087	Kepler-4	0,13	0,28	0,21	0,10	0,18
2M19380317+4558539	Kepler-41	0,28	0,58	0,15	0,14	0,29
2M18523616+4508233	Kepler-410 A	-0,06	-0,08	-0,01	-0,08	-0,06
2M19102533+4931237	Kepler-411	0,20	0,37	0,24	0,15	0,11
2M18503111+4619240	Kepler-422	0,13	0,28	0,23	0,06	0,19
2M19312537+4623282	Kepler-423	0,05	0,11	0,05	0,00	0,08
2M18442696+4313400	Kepler-431	-0,05	-0,06	0,20	-0,08	-0,01
2M19330772+4817092	Kepler-432	0,04	-0,04	0,06	0,06	0,14
2M19342073+4255440	Kepler-434	0,28	0,58	0,35	0,17	0,30
2M19290895+4311502	Kepler-435	-0,12	-0,19	0,10	-0,19	-0,05
2M19010446+4833360	Kepler-447	0,01	0,02	0,12	-0,04	-0,02
2M19411149+4655136	Kepler-47	-0,08	-0,19	-0,17	-0,16	-0,12
2M19562938+4152003	Kepler-539	-0,08	-0,17	-0,02	-0,11	-0,10
2M19350200+4152187	Kepler-56	0,35	0,26	0,34	0,35	0,42
2M19144528+4109042	Kepler-65	0,11	0,21	0,23	0,01	0,15
2M19355557+4641158	Kepler-66	0,01	0,05	0,15	-0,01	0,02
2M19330262+4452080	Kepler-69	-0,23	-0,44	-0,22	0,02	-0,02
2M19322220+4121198	Kepler-74	0,21	0,42	0,42	0,06	0,23
2M19364610+3937084	Kepler-76	0,07	0,15	0,10	0,04	0,11
2M19343286+4249298	Kepler-81	-0,09	-0,21	0,00	-0,11	-0,16
2M19312961+4257580	Kepler-82	0,16	0,30	0,19	0,13	0,21
2M19024148+4407002	Kepler-91	0,41	0,47	0,47	0,52	0,53
2M21101237+1044197	MASCARA-1	-0,06	-0,16	0,06	0,25	0,29
2M04355524+1630331	alf Tau	-0,12	-0,15	-0,05	-0,06	-0,04
2M09524585+2600248	mu Leo	0,27	0,22	0,18	0,25	0,31



# ANEXO B – Dados das Estrelas Anãs M da Amostra

Tabela 10 – Dados estelares de temperatura efetiva e gravidade superficial (em unidades de  $\text{cm/s}^2$ ) utilizados nas análises de estrelas anãs M da amostra.

Id (2MASS)	Id (NASA)	$T_{ef}[K]$ (NASA)	$T_{ef}[K]$ (APO)	$T_{ef}[K]$ (Cal)	$T_{ef}[K]$ (Spec)	$\log g$ (APO)	$\log g$ (Cal)	$\log g$ (Spec)
2M07272450+0513329	GJ 273	3382	3337	3341	3375	4,5	5,0	5,0
2M16252459+5418148	GJ 625	3499	3560	3516	3519	4,6	5,0	4,9
2M17362594+6820220	GJ 687	3340	3480	3267	3446	4,4	4,9	4,9
2M04125232+2412185	K2-91	3622	3480	3311	3375	4,7	4,9	4,9
2M19034293+3831155	Kepler-1308	3468	3651	3483	3620	4,3	4,8	4,8
2M19342609+4211516	Kepler-1351	4439	4270	4157	4125	4,3	4,7	4,7
2M19213157+4317347	Kepler-138	3841	3876	3833	3865	4,4	4,8	4,7
2M19220244+3844367	Kepler-1410	4092	3992	3873	4037	4,4	4,9	4,7
2M19170588+4428129	Kepler-1512	4372	4221	4203	4210	4,0	4,6	4,7
2M19301917+3722350	Kepler-1624	3636	3818	3516	3874	4,5	4,7	4,7
2M18543080+4823277	Kepler-1651	3713	3719	3694	3706	4,5	4,8	4,7
2M19543665+4357180	Kepler-186	3755	3890	3910	3871	4,5	4,7	4,8
2M19010890+4151402	Kepler-205	4321	4240	4168	4218	4,3	4,7	4,7
2M18523251+4339253	Kepler-303	3944	4017	4059	4018	4,3	4,8	4,7
2M19340266+4508117	Kepler-395	4262	4106	3878	4006	4,4	4,7	4,7
2M19312949+4103513	Kepler-45	3820	3955	3777	3906	4,4	4,7	4,8
2M18545777+4730586	Kepler-617	3712	3799	3663	3799	4,4	4,7	4,7
2M19264619+3834224	Kepler-787	4248	4299	4084	4230	4,4	4,6	4,7
2M11474440+0048164	Ross 128	3192	3212	3221 <sup>1</sup>	3231	4,4	5,0 <sup>1</sup>	5,0

Tabela 11 – Dados estelares relativos a abundâncias estelares utilizados nas análises de estrelas anãs M da amostra.

Id (2MASS)	Id (NASA)	[Fe/H] (Cal)	[Fe/H] (Spec)	[C/H] (Spec)	[O/H] (Spec)	[Mg/H] (Spec)	[Si/H] (Spec)
2M07272450+0513329	GJ 273	-0,04	0,02	-0,04	0,05	-0,03	-
2M16252459+5418148	GJ 625	-0,30	-0,31	-0,22	-0,21	-0,20	-0,31
2M17362594+6820220	GJ 687	-0,26	-0,08	-0,09	-0,01	0,19	0,10
2M04125232+2412185	K2-91	-0,03	0,19	0,06	0,03	0,13	0,19
2M19034293+3831155	Kepler-1308	-0,05	0,17	0,07	0,10	0,22	0,29
2M19342609+4211516	Kepler-1351	-0,36	-0,32	-0,25	-0,30	-0,27	-0,24
2M19213157+4317347	Kepler-138	-0,26	-0,16	-0,15	-0,15	-0,13	-0,10

Continua na próxima página...

<sup>1</sup> Dados obtidos de (Souto et al., 2018)

Continuação da Tabela 11...

Id (2MASS)	Id (NASA)	[Fe/H] (Cal)	[Fe/H] (Spec)	[C/H] (Spec)	[O/H] (Spec)	[Mg/H] (Spec)	[Si/H] (Spec)
2M19220244+3844367	Kepler-1410	-0,16	-0,03	-0,11	-0,10	-0,18	-0,07
2M19170588+4428129	Kepler-1512	-0,56	-0,08	-0,16	-0,22	-0,43	-0,19
2M19301917+3722350	Kepler-1624	-0,13	0,17	0,05	0,08	0,00	0,06
2M18543080+4823277	Kepler-1651	-0,08	0,02	-0,01	-0,02	-0,02	-0,05
2M19543665+4357180	Kepler-186	-0,01	-0,12	-0,07	-0,10	-0,08	0,03
2M19010890+4151402	Kepler-205	-0,30	-0,13	-0,21	-0,16	-0,20	-0,18
2M18523251+4339253	Kepler-303	-0,18	-0,26	-0,18	-0,09	-0,05	0,02
2M19340266+4508117	Kepler-395	0,00	0,23	0,14	0,14	0,17	0,28
2M19312949+4103513	Kepler-45	-0,04	0,30	0,24	0,24	0,39	0,51
2M18545777+4730586	Kepler-617	-0,02	0,03	0,02	0,00	0,01	0,07
2M19264619+3834224	Kepler-787	-0,12	0,13	0,06	0,00	-0,05	0,06
2M11474440+0048164	Ross 128	-0,10 <sup>2</sup>	0,02	0,02	-0,03	-0,10	-

Tabela 12 – Dados de raios e massas estelares utilizados nas análises de estrelas anãs M da amostra.

Id (2MASS)	Id (NASA)	R <sub>*</sub> [R <sub>⊙</sub> ] (NASA)	R <sub>*</sub> [R <sub>⊙</sub> ] (Cal)	R <sub>*</sub> [R <sub>⊙</sub> ] (Spec)	m <sub>*</sub> [M <sub>⊙</sub> ] (Cal)
2M07272450+0513329	GJ 273	0,29	0,31	0,31	0,32
2M16252459+5418148	GJ 625	0,31	0,32	0,32	0,35
2M17362594+6820220	GJ 687	0,43	0,39	0,39	0,42
2M04125232+2412185	K2-91	0,28	0,33	0,34	0,35
2M19034293+3831155	Kepler-1308	0,34	0,47	0,47	0,50
2M19342609+4211516	Kepler-1351	0,67	0,59	0,59	0,65
2M19213157+4317347	Kepler-138	0,44	0,52	0,52	0,57
2M19220244+3844367	Kepler-1410	0,60	0,42	0,42	0,46
2M19170588+4428129	Kepler-1512	0,67	0,78	0,81	0,81
2M19301917+3722350	Kepler-1624	0,47	0,54	0,56	0,59
2M18543080+4823277	Kepler-1651	0,50	0,48	0,48	0,52
2M19543665+4357180	Kepler-186	0,52	0,53	0,53	0,57
2M19010890+4151402	Kepler-205	0,55	0,57	0,58	0,62
2M18523251+4339253	Kepler-303	0,48	0,50	0,50	0,55
2M19340266+4508117	Kepler-395	0,56	0,62	0,64	0,66
2M19312949+4103513	Kepler-45	0,55	0,59	0,61	0,64
2M18545777+4730586	Kepler-617	0,48	0,53	0,53	0,57
2M19264619+3834224	Kepler-787	0,62	0,66	0,67	0,70
2M11474440+0048164	Ross 128	0,20	0,21	0,21	0,20

<sup>2</sup> Dado obtido de (Souto et al., 2018)

# ANEXO C – Dados de Exoplanetas da Amostra que Orbitam Estrelas FGK

Tabela 13 – Dados exoplanetários de raio, massa, densidade e semieixo maior utilizados nas análises de exoplanetas de estrelas FGK da amostra. Os valores de dimensão abaixo da segunda casa decimal estão representados como zero na tabela.

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	R <sub>p</sub> [R <sub>J</sub> ] (NASA)	m <sub>p</sub> [M <sub>J</sub> ] (NASA)	ρ <sub>p</sub> [ρ <sub>⊕</sub> ] (NASA)	SMA [UA] (NASA)
2M15170588+7149258	11 UMi b	-	14, 74 <sup>+2,50</sup> <sub>-2,50</sub> <sup>1</sup>	-	1, 53 <sup>+0,07</sup> <sub>-0,07</sub>
2M14283785+4950414	24 Boo b	-	0, 91 <sup>+0,13</sup> <sub>-0,10</sub> <sup>1</sup>	-	0, 19 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>
2M08401279+6419405	4 UMa b	-	7, 10 <sup>+1,60</sup> <sub>-1,60</sub> <sup>1</sup>	-	0, 87 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18255915+6533486	42 Dra b	-	3, 88 <sup>+0,85</sup> <sub>-0,85</sub> <sup>1</sup>	-	1, 19 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>
2M06304711+5809453	6 Lyn b	-	2, 01 <sup>+0,08</sup> <sub>-0,08</sub> <sup>1</sup>	-	2, 11 <sup>+0,11</sup> <sub>-0,11</sub>
2M06434947-0103468	CoRoT-7 c	-	0, 03 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	0, 05 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18430881+0612150	CoRoT-9 b	1, 07 <sup>+0,08</sup> <sub>-0,06</sub>	0, 84 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	0, 17 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,03</sub>	0, 40 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>
2M19505021+4804508	HAT-P-11 b	0, 39 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 07 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub> <sup>1</sup>	0, 30 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	0, 05 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19505021+4804508	HAT-P-11 c	-	1, 60 <sup>+0,09</sup> <sub>-0,08</sub> <sup>1</sup>	-	4, 13 <sup>+0,29</sup> <sub>-0,16</sub>
2M13573347+4329367	HAT-P-12 b	0, 96 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,02</sub>	0, 21 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 06 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 04 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M17052315+3300450	HAT-P-18 b	1, 00 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	0, 20 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 05 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 06 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M16203635+4102531	HAT-P-2 b	-	8, 62 <sup>+0,17</sup> <sub>-0,17</sub> <sup>1</sup>	-	0, 07 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M07273995+2420118	HAT-P-20 b	0, 87 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	7, 25 <sup>+0,19</sup> <sub>-0,19</sub>	2, 67 <sup>+0,31</sup> <sub>-0,31</sub>	0, 04 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M14123457+4700528	HAT-P-44 b	1, 24 <sup>+0,11</sup> <sub>-0,05</sub>	0, 35 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	0, 04 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 05 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M14123457+4700528	HAT-P-44 c	-	4, 00 <sup>+1,40</sup> <sub>-0,80</sub> <sup>1</sup>	-	1, 75 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>
2M12051510+7654205	HD 104985 b	-	8, 30 <sup>+0,62</sup> <sub>-0,61</sub> <sup>1</sup>	-	0, 95 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M13121982+1731016	HD 114762 b	-	10, 69 <sup>+0,56</sup> <sub>-0,56</sub> <sup>1</sup>	-	0, 36 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>
2M14532303+1814074	HD 131496 b	-	1, 80 <sup>+0,10</sup> <sub>-0,10</sub> <sup>1</sup>	-	2, 01 <sup>+0,12</sup> <sub>-0,12</sub>
2M15351620+5355195	HD 139357 b	-	9, 76 <sup>+2,15</sup> <sub>-2,15</sub> <sup>1</sup>	-	2, 36 <sup>+0,20</sup> <sub>-0,20</sub>
2M16100392+2644336	HD 145457 b	-	2, 23 <sup>+0,42</sup> <sub>-0,42</sub> <sup>1</sup>	-	0, 76 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M16254841+3015545	HD 148284 b	-	33, 70 <sup>+5,50</sup> <sub>-5,50</sub> <sup>1</sup>	-	0, 97 <sup>+0,08</sup> <sub>-0,08</sub>
2M17254543+2718118	HD 158038 b	-	1, 53 <sup>+0,47</sup> <sub>-0,47</sub> <sup>1</sup>	-	1, 50 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M17193713+8008108	HD 158996 b	-	14, 00 <sup>+2,30</sup> <sub>-2,30</sub> <sup>1</sup>	-	2, 10 <sup>+0,20</sup> <sub>-0,20</sub>
2M18103166+5417114	HD 167042 b	-	1, 70 <sup>+0,09</sup> <sub>-0,12</sub> <sup>1</sup>	-	1, 32 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19052077+2555144	HD 177830 b	-	1, 69 <sup>+0,20</sup> <sub>-0,20</sub> <sup>1</sup>	-	1, 14 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>
2M19052077+2555144	HD 177830 c	-	0, 15 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub> <sup>1</sup>	-	0, 51 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M21585970+1901128	HD 208897 b	-	1, 40 <sup>+0,08</sup> <sub>-0,08</sub> <sup>1</sup>	-	1, 05 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>
2M05093674+6938219	HD 32518 b	-	3, 04 <sup>+0,68</sup> <sub>-0,68</sub> <sup>1</sup>	-	0, 59 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>
2M05073553-1359113	HD 33142 b	-	1, 39 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub> <sup>1</sup>	-	1, 07 <sup>+0,09</sup> <sub>-0,09</sub>
2M05475919-0819396	HD 38801 b	-	10, 13 <sup>+0,23</sup> <sub>-0,23</sub> <sup>1</sup>	-	1, 66 <sup>+0,11</sup> <sub>-0,11</sub>

Continua na próxima página...

<sup>1</sup>  $m_p \sin i$

Continuação da Tabela 13...

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	R <sub>p</sub> [R <sub>J</sub> ] (NASA)	m <sub>p</sub> [M <sub>J</sub> ] (NASA)	ρ <sub>p</sub> [ρ <sub>⊕</sub> ] (NASA)	SMA [UA] (NASA)
2M07314838+1705099	HD 59686 A b	-	6, 92 <sup>+0,18</sup> <sub>-0,24</sub> 1	-	1, 09 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M08021594+0220044	HD 66141 b	-	6, 00 <sup>+0,30</sup> <sub>-0,30</sub> 1	-	1, 20 <sup>+0,10</sup> <sub>-0,10</sub>
2M08522396+1314005	HD 75784 b	-	1, 00 <sup>+0,14</sup> <sub>-0,14</sub> 1	-	1, 03 <sup>+0,07</sup> <sub>-0,07</sub>
2M08522396+1314005	HD 75784 c	-	5, 64 <sup>+0,72</sup> <sub>-0,72</sub> 1	-	8, 40 <sup>+1,40</sup> <sub>-1,40</sub>
2M08274481+1734457	K2-121 b	0, 67 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 05 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M04245669+1849387	K2-87 b	0, 68 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 09 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M11450348+0000190	K2-9 b	0, 20 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,09</sub>	-	-	0, 09 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,02</sub>
2M19075308+4652061	KOI-13 b	1, 51 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	9, 28 <sup>+0,16</sup> <sub>-0,16</sub>	0, 65 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	0, 04 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19392772+4617090	KOI-217 b	1, 11 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 05 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19330757+4518348	KOI-3680 b	0, 99 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,07</sub>	1, 93 <sup>+0,19</sup> <sub>-0,21</sub>	0, 48 <sup>+0,10</sup> <sub>-0,11</sub>	0, 53 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,03</sub>
2M19491993+4153280	KOI-94 b	0, 15 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 03 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	2, 22 <sup>+1,12</sup> <sub>-1,12</sub>	0, 05 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19491993+4153280	KOI-94 c	0, 39 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	0, 05 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,05</sub>	0, 21 <sup>+0,10</sup> <sub>-0,21</sub>	0, 10 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19491993+4153280	KOI-94 d	1, 01 <sup>+0,10</sup> <sub>-0,10</sub>	0, 33 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	0, 08 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	0, 17 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19491993+4153280	KOI-94 e	0, 59 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	0, 11 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,09</sub>	0, 13 <sup>+0,08</sup> <sub>-0,11</sub>	0, 30 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19024305+5014286	Kepler-10 b	0, 13 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	0, 01 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	1, 52 <sup>+0,44</sup> <sub>-0,49</sub>	0, 02 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19381420+4603443	Kepler-108 b	0, 77 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 29 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19381420+4603443	Kepler-108 c	0, 73 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 72 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19362914+4820582	Kepler-114 b	0, 11 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 05 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19172334+4412307	Kepler-126 b	0, 14 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 10 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19172334+4412307	Kepler-126 c	0, 14 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 16 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19172334+4412307	Kepler-126 d	0, 22 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	-	0, 45 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19004559+4601406	Kepler-127 b	0, 13 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	-	0, 13 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19004559+4601406	Kepler-127 c	0, 24 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 20 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19004559+4601406	Kepler-127 d	0, 24 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 28 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19011470+4750549	Kepler-129 b	0, 21 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 13 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19011470+4750549	Kepler-129 c	0, 23 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 39 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19134816+4014431	Kepler-130 b	0, 09 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	-	0, 08 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19134816+4014431	Kepler-130 c	0, 26 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 18 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>
2M19134816+4014431	Kepler-130 d	0, 15 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 38 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18525659+4120349	Kepler-132 b	0, 11 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18525659+4120349	Kepler-132 c	0, 11 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18525659+4120349	Kepler-132 d	0, 14 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 14 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18585736+4935542	Kepler-134 b	0, 18 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 06 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18585736+4935542	Kepler-134 c	0, 11 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 09 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19215883+3847437	Kepler-135 b	0, 16 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19215883+3847437	Kepler-135 c	0, 10 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 10 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19455215+4235555	Kepler-136 b	0, 18 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 11 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19455215+4235555	Kepler-136 c	0, 18 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 13 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18493406+4353216	Kepler-139 b	0, 26 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 13 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18493406+4353216	Kepler-139 c	0, 30 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	-	-	0, 59 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18473976+4246318	Kepler-144 b	0, 12 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18473976+4246318	Kepler-144 c	0, 12 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 09 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19283906+4101236	Kepler-151 b	0, 27 <sup>+0,14</sup> <sub>-0,14</sub>	-	-	0, 12 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 13...

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	R <sub>p</sub> [R <sub>J</sub> ] (NASA)	m <sub>p</sub> [M <sub>J</sub> ] (NASA)	ρ <sub>p</sub> [ρ <sub>⊕</sub> ] (NASA)	SMA [UA] (NASA)
2M19283906+4101236	Kepler-151 c	0, 19 <sup>+0,09</sup> <sub>-0,09</sub>	-	-	0, 16 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19211116+3744581	Kepler-156 b	0, 21 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 05 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19211116+3744581	Kepler-156 c	0, 23 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 12 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19242333+3852321	Kepler-157 b	0, 12 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 03 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19242333+3852321	Kepler-157 c	0, 20 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 11 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19400067+4659143	Kepler-163 b	0, 09 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 08 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19400067+4659143	Kepler-163 c	0, 20 <sup>+0,08</sup> <sub>-0,08</sub>	-	-	0, 15 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19064546+3912428	Kepler-1655 b	0, 20 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 02 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 49 <sup>+0,31</sup> <sub>-0,28</sub>	0, 10 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M18575331+3954425	Kepler-1656 b	0, 45 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	0, 15 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 41 <sup>+0,13</sup> <sub>-0,13</sub>	0, 20 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>
2M19303802+3820434	Kepler-167 b	0, 14 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	-	0, 05 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19303802+3820434	Kepler-167 c	0, 14 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	-	0, 07 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19303802+3820434	Kepler-167 d	0, 11 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	-	0, 14 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>
2M19303802+3820434	Kepler-167 e	0, 91 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	1, 89 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,07</sub>
2M19383520+4153027	Kepler-173 b	0, 12 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	-	-	0, 05 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19383520+4153027	Kepler-173 c	0, 22 <sup>+0,11</sup> <sub>-0,11</sub>	-	-	0, 07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19521906+4444467	Kepler-18 b	0, 18 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 02 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 94 <sup>+0,49</sup> <sub>-0,49</sub>	0, 04 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19521906+4444467	Kepler-18 c	0, 49 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	0, 05 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 11 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	0, 08 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19521906+4444467	Kepler-18 d	0, 62 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	0, 05 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	0, 05 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 12 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19274845+4304289	Kepler-184 b	0, 21 <sup>+0,12</sup> <sub>-0,12</sub>	-	-	0, 09 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19274845+4304289	Kepler-184 c	0, 18 <sup>+0,10</sup> <sub>-0,10</sub>	-	-	0, 14 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19274845+4304289	Kepler-184 d	0, 22 <sup>+0,13</sup> <sub>-0,13</sub>	-	-	0, 18 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19405434+5033323	Kepler-197 b	0, 09 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	-	0, 06 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19405434+5033323	Kepler-197 c	0, 11 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	-	0, 09 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19405434+5033323	Kepler-197 d	0, 11 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 12 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19405434+5033323	Kepler-197 e	0, 08 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	-	0, 16 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19224155+3841276	Kepler-198 b	0, 25 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 13 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19224155+3841276	Kepler-198 c	0, 22 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 26 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19104752+4220194	Kepler-20 b	0, 17 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,00</sub>	0, 03 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	1, 58 <sup>+0,29</sup> <sub>-0,25</sub>	0, 05 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19104752+4220194	Kepler-20 c	0, 27 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 04 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 48 <sup>+0,09</sup> <sub>-0,09</sub>	0, 09 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19104752+4220194	Kepler-20 d	0, 25 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 03 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 52 <sup>+0,21</sup> <sub>-0,19</sub>	0, 35 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>
2M19104752+4220194	Kepler-20 e	0, 08 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	-	0, 06 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19104752+4220194	Kepler-20 f	0, 09 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 14 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19104752+4220194	Kepler-20 g	-	0, 06 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	0, 21 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19343024+4116221	Kepler-201 b	0, 22 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 18 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19343024+4116221	Kepler-201 c	0, 25 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 57 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19263232+4150019	Kepler-206 b	0, 11 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 08 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19263232+4150019	Kepler-206 c	0, 16 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 11 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19263232+4150019	Kepler-206 d	0, 11 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 16 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19353364+4231408	Kepler-208 b	0, 15 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 05 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19353364+4231408	Kepler-208 c	0, 12 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 08 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19353364+4231408	Kepler-208 d	0, 11 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 10 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19353364+4231408	Kepler-208 e	0, 13 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 13 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19244068+4238269	Kepler-209 b	0, 20 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 12 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 13...

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	R <sub>p</sub> [R <sub>J</sub> ] (NASA)	m <sub>p</sub> [M <sub>J</sub> ] (NASA)	ρ <sub>p</sub> [ρ <sub>⊕</sub> ] (NASA)	SMA [UA] (NASA)
2M19244068+4238269	Kepler-209 c	0, 28 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 23 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19092683+3842505	Kepler-21 b	0, 15 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	0, 02 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	1, 24 <sup>+0,42</sup> <sub>-0,42</sub>	0, 04 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19300081+4304593	Kepler-210 b	0, 26 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 03 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19300081+4304593	Kepler-210 c	0, 32 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19395364+4512492	Kepler-215 b	0, 15 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 08 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19395364+4512492	Kepler-215 c	0, 16 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 11 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19395364+4512492	Kepler-215 d	0, 21 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 19 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19395364+4512492	Kepler-215 e	0, 16 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 31 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19345473+4607449	Kepler-216 b	0, 21 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 08 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19345473+4607449	Kepler-216 c	0, 27 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 14 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19320905+4616390	Kepler-217 b	0, 20 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19320905+4616390	Kepler-217 c	0, 17 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 09 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19413907+4615592	Kepler-218 b	0, 13 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 05 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19413907+4615592	Kepler-218 c	0, 28 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 25 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19165219+4753040	Kepler-22 b	0, 21 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 11 <sup>+0,15</sup> <sub>-0,14</sub>	2, 85 <sup>+3,69</sup> <sub>-3,63</sub>	0, 85 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>
2M19213918+3820375	Kepler-24 b	0, 21 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	1, 60 <sup>+0,15</sup> <sub>-0,14</sub>	39, 27 <sup>+22,70</sup> <sub>-22,32</sub>	0, 08 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19213918+3820375	Kepler-24 c	0, 25 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	1, 60 <sup>+0,15</sup> <sub>-0,14</sub>	24, 63 <sup>+12,24</sup> <sub>-12,04</sub>	0, 11 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19213918+3820375	Kepler-24 d	0, 15 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 05 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19213918+3820375	Kepler-24 e	0, 25 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	-	-	0, 14 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19313914+4103393	Kepler-241 b	0, 21 <sup>+0,09</sup> <sub>-0,09</sub>	-	-	0, 09 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19313914+4103393	Kepler-241 c	0, 23 <sup>+0,10</sup> <sub>-0,10</sub>	-	-	0, 19 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19263335+4226107	Kepler-245 b	0, 23 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19263335+4226107	Kepler-245 c	0, 19 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 12 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19263335+4226107	Kepler-245 d	0, 27 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 20 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19441541+4558366	Kepler-255 b	0, 14 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	-	-	0, 06 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19441541+4558366	Kepler-255 c	0, 27 <sup>+0,11</sup> <sub>-0,11</sub>	-	-	0, 09 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19301930+4605506	Kepler-256 b	0, 14 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 03 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19301930+4605506	Kepler-256 c	0, 19 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 05 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19301930+4605506	Kepler-256 d	0, 22 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	-	-	0, 06 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19301930+4605506	Kepler-256 e	0, 21 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 10 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19361643+4634455	Kepler-258 b	0, 36 <sup>+0,24</sup> <sub>-0,24</sub>	-	-	0, 10 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19361643+4634455	Kepler-258 c	0, 32 <sup>+0,22</sup> <sub>-0,22</sub>	-	-	0, 19 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19274223+3800508	Kepler-260 b	0, 18 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 08 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19274223+3800508	Kepler-260 c	0, 16 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 33 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19252754+3736330	Kepler-261 b	0, 19 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 09 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19252754+3736330	Kepler-261 c	0, 18 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 16 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19225488+3715095	Kepler-262 b	0, 12 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 11 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19225488+3715095	Kepler-262 c	0, 15 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	-	-	0, 15 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19295274+3734040	Kepler-263 b	0, 24 <sup>+0,13</sup> <sub>-0,13</sub>	-	-	0, 12 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19295274+3734040	Kepler-263 c	0, 22 <sup>+0,12</sup> <sub>-0,12</sub>	-	-	0, 24 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19281070+3722344	Kepler-264 b	0, 30 <sup>+0,07</sup> <sub>-0,07</sub>	-	-	0, 25 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19281070+3722344	Kepler-264 c	0, 25 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 57 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19275428+3803182	Kepler-268 b	0, 23 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 18 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 13...

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	R <sub>p</sub> [R <sub>J</sub> ] (NASA)	m <sub>p</sub> [M <sub>J</sub> ] (NASA)	ρ <sub>p</sub> [ρ <sub>⊕</sub> ] (NASA)	SMA [UA] (NASA)
2M19275428+3803182	Kepler-268 c	0,30 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	-	-	0,39 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19314146+3828382	Kepler-274 b	0,14 <sup>+0,08</sup> <sub>-0,08</sub>	-	-	0,10 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19314146+3828382	Kepler-274 c	0,16 <sup>+0,09</sup> <sub>-0,09</sub>	-	-	0,20 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19202572+3842080	Kepler-278 b	0,36 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0,21 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19202572+3842080	Kepler-278 c	0,32 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0,29 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19283288+4225459	Kepler-28 b	0,32 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	1,51 <sup>+0,15</sup> <sub>-0,14</sub>	10,98 <sup>+4,31</sup> <sub>-4,24</sub>	0,06 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19283288+4225459	Kepler-28 c	0,30 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	1,36 <sup>+0,15</sup> <sub>-0,14</sub>	11,76 <sup>+4,90</sup> <sub>-4,82</sub>	0,08 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19253372+4210501	Kepler-280 b	0,13 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	-	-	0,03 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19253372+4210501	Kepler-280 c	0,18 <sup>+0,09</sup> <sub>-0,09</sub>	-	-	0,06 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19360552+4551110	Kepler-31 b	0,49 <sup>+0,10</sup> <sub>-0,10</sub>	-	-	0,16 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19360552+4551110	Kepler-31 c	0,47 <sup>+0,10</sup> <sub>-0,10</sub>	4,70 <sup>+0,15</sup> <sub>-0,14</sub>	10,68 <sup>+6,65</sup> <sub>-6,65</sub>	0,26 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19360552+4551110	Kepler-31 d	0,35 <sup>+0,07</sup> <sub>-0,07</sub>	6,80 <sup>+0,15</sup> <sub>-0,14</sub>	38,81 <sup>+23,77</sup> <sub>-23,77</sub>	0,40 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19384178+4204321	Kepler-314 b	0,07 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0,04 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19384178+4204321	Kepler-314 c	0,26 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0,06 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19325125+4610304	Kepler-320 b	0,10 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0,09 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19325125+4610304	Kepler-320 c	0,12 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	-	-	0,14 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19253173+3807388	Kepler-323 b	0,13 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0,03 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19253173+3807388	Kepler-323 c	0,15 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0,05 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19371813+4600081	Kepler-326 b	0,14 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0,03 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19371813+4600081	Kepler-326 c	0,13 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0,05 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19371813+4600081	Kepler-326 d	0,11 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0,07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19272023+3918264	Kepler-331 b	0,16 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0,07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19272023+3918264	Kepler-331 c	0,16 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0,11 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19272023+3918264	Kepler-331 d	0,15 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0,16 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19290865+4054489	Kepler-333 b	0,12 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0,09 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19290865+4054489	Kepler-333 c	0,10 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0,14 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19441543+4525430	Kepler-335 b	0,30 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	-	-	0,08 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19441543+4525430	Kepler-335 c	0,27 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	-	-	0,36 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18515494+4047036	Kepler-338 b	0,22 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0,12 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18515494+4047036	Kepler-338 c	0,21 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0,17 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18515494+4047036	Kepler-338 d	0,27 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0,26 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19304273+4643361	Kepler-342 b	0,20 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0,13 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19304273+4643361	Kepler-342 c	0,18 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0,19 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19304273+4643361	Kepler-342 d	0,22 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0,24 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19275056+4225588	Kepler-343 b	0,22 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0,09 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19275056+4225588	Kepler-343 c	0,18 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0,17 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19295991+4619278	Kepler-344 b	0,23 <sup>+0,11</sup> <sub>-0,11</sub>	-	-	0,15 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19295991+4619278	Kepler-344 c	0,26 <sup>+0,12</sup> <sub>-0,12</sub>	-	-	0,49 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19405491+4558156	Kepler-345 b	0,07 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0,07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19405491+4558156	Kepler-345 c	0,11 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0,08 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19344235+4436560	Kepler-349 b	0,17 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	-	-	0,07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19344235+4436560	Kepler-349 c	0,18 <sup>+0,07</sup> <sub>-0,07</sub>	-	-	0,11 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19294105+3740581	Kepler-356 b	0,14 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0,06 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>

Continua na próxima página...



Continuação da Tabela 13...

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	R <sub>p</sub> [R <sub>J</sub> ] (NASA)	m <sub>p</sub> [M <sub>J</sub> ] (NASA)	ρ <sub>p</sub> [ρ <sub>⊕</sub> ] (NASA)	SMA [UA] (NASA)
2M19294105+3740581	Kepler-356 c	0, 16 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 12 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19250004+4913545	Kepler-36 b	0, 13 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	0, 01 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	1, 43 <sup>+0,14</sup> <sub>-0,14</sub>	0, 12 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19250004+4913545	Kepler-36 c	0, 33 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 03 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	0, 17 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 13 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19491018+4958538	Kepler-367 b	0, 12 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 20 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19491018+4958538	Kepler-367 c	0, 11 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 25 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19284107+4054587	Kepler-370 b	0, 14 <sup>+0,07</sup> <sub>-0,07</sub>	-	-	0, 05 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19284107+4054587	Kepler-370 c	0, 17 <sup>+0,08</sup> <sub>-0,08</sub>	-	-	0, 14 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19291835+3839273	Kepler-371 b	0, 17 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 20 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19291835+3839273	Kepler-371 c	0, 16 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 31 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19363310+4222138	Kepler-374 b	0, 09 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 03 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19363310+4222138	Kepler-374 c	0, 10 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 04 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19363310+4222138	Kepler-374 d	0, 12 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	-	-	0, 06 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19262571+3824374	Kepler-376 b	0, 10 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 06 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19262571+3824374	Kepler-376 c	0, 16 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 12 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19394766+4626191	Kepler-378 b	0, 07 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 11 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19394766+4626191	Kepler-378 c	0, 06 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	-	0, 17 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19004386+4349519	Kepler-381 b	0, 09 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19004386+4349519	Kepler-381 c	0, 10 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 12 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19252222+3821472	Kepler-383 b	0, 12 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	-	-	0, 10 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19252222+3821472	Kepler-383 c	0, 11 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 17 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19263090+4112309	Kepler-390 b	0, 07 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19263090+4112309	Kepler-390 c	0, 07 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 10 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19255247+4020378	Kepler-398 b	0, 08 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 04 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19255247+4020378	Kepler-398 c	0, 09 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 09 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19022767+5008087	Kepler-4 b	0, 36 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	0, 08 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 41 <sup>+0,09</sup> <sub>-0,09</sub>	0, 05 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19380317+4558539	Kepler-41 b	1, 29 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	0, 56 <sup>+0,08</sup> <sub>-0,08</sub>	0, 06 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 03 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M18523616+4508233	Kepler-410 A b	0, 25 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 12 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19102533+4931237	Kepler-411 b	0, 17 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 04 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M18503111+4619240	Kepler-422 b	1, 15 <sup>+0,11</sup> <sub>-0,11</sub>	0, 43 <sup>+0,13</sup> <sub>-0,13</sub>	0, 07 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	0, 08 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>
2M19312537+4623282	Kepler-423 b	1, 19 <sup>+0,05</sup> <sub>-0,05</sub>	0, 60 <sup>+0,08</sup> <sub>-0,08</sub>	0, 08 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	0, 04 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M18442696+4313400	Kepler-431 b	0, 07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 07 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18442696+4313400	Kepler-431 c	0, 06 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 08 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M18442696+4313400	Kepler-431 d	0, 10 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	-	-	0, 10 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19330772+4817092	Kepler-432 b	1, 15 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	5, 41 <sup>+0,32</sup> <sub>-0,18</sub>	0, 87 <sup>+0,10</sup> <sub>-0,09</sub>	0, 30 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,01</sub>
2M19342073+4255440	Kepler-434 b	1, 13 <sup>+0,26</sup> <sub>-0,18</sub>	2, 86 <sup>+0,35</sup> <sub>-0,35</sub>	0, 48 <sup>+0,33</sup> <sub>-0,24</sub>	0, 11 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19290895+4311502	Kepler-435 b	1, 99 <sup>+0,18</sup> <sub>-0,18</sub>	0, 84 <sup>+0,15</sup> <sub>-0,15</sub>	0, 03 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 09 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19010446+4833360	Kepler-447 b	1, 65 <sup>+0,59</sup> <sub>-0,56</sub>	1, 37 <sup>+0,48</sup> <sub>-0,46</sub>	0, 07 <sup>+0,08</sup> <sub>-0,08</sub>	0, 08 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>
2M19411149+4655136	Kepler-47 b	0, 27 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	2, 00 <sup>+0,15</sup> <sub>-0,14</sub>	24, 44 <sup>+3,47</sup> <sub>-3,46</sub>	0, 30 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19411149+4655136	Kepler-47 c	0, 41 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	28 <sup>+0,15</sup> <sub>-0,14</sub>	97, 01 <sup>+12,76</sup> <sub>-12,76</sub>	0, 99 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>
2M19562938+4152003	Kepler-539 b	0, 75 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	0, 97 <sup>+0,29</sup> <sub>-0,29</sub>	0, 56 <sup>+0,17</sup> <sub>-0,17</sub>	0, 50 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>
2M19562938+4152003	Kepler-539 c	-	2, 40 <sup>+1,20</sup> <sub>-1,20</sub>	-	2, 42 <sup>+0,50</sup> <sub>-0,51</sub>
2M19350200+4152187	Kepler-56 b	0, 58 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	0, 07 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	0, 09 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	0, 10 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19350200+4152187	Kepler-56 c	0, 87 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	0, 57 <sup>+0,07</sup> <sub>-0,06</sub>	0, 21 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>	0, 17 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>

Continua na próxima página...



Continuação da Tabela 13...

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	R <sub>p</sub> [R <sub>J</sub> ] (NASA)	m <sub>p</sub> [M <sub>J</sub> ] (NASA)	ρ <sub>p</sub> [ρ <sub>⊕</sub> ] (NASA)	SMA [UA] (NASA)
2M19350200+4152187	Kepler-56 d	-	5, 61 <sup>+0,38</sup> <sub>-0,38</sub> <sup>1</sup>	-	2, 16 <sup>+0,08</sup> <sub>-0,08</sub>
2M19144528+4109042	Kepler-65 b	0, 13 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	-	0, 04 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19144528+4109042	Kepler-65 c	0, 23 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 07 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19144528+4109042	Kepler-65 d	0, 14 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>	-	-	0, 08 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19355557+4641158	Kepler-66 b	0, 25 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>	-	-	0, 14 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19330262+4452080	Kepler-69 b	0, 20 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 09 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>
2M19330262+4452080	Kepler-69 c	0, 15 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 64 <sup>+0,15</sup> <sub>-0,11</sub>
2M19322220+4121198	Kepler-74 b	0, 96 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	0, 63 <sup>+0,12</sup> <sub>-0,12</sub>	0, 17 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	0, 08 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19364610+3937084	Kepler-76 b	1, 36 <sup>+0,12</sup> <sub>-0,12</sub>	2, 01 <sup>+0,37</sup> <sub>-0,35</sub>	0, 19 <sup>+0,06</sup> <sub>-0,06</sub>	0, 03 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M19343286+4249298	Kepler-81 d	0, 11 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 13 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19312961+4257580	Kepler-82 d	0, 16 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	-	-	0, 03 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19312961+4257580	Kepler-82 e	0, 22 <sup>+0,03</sup> <sub>-0,03</sub>	-	-	0, 06 <sup>+0,04</sup> <sub>-0,04</sub>
2M19024148+4407002	Kepler-91 b	1, 37 <sup>+0,07</sup> <sub>-0,06</sub>	0, 81 <sup>+0,18</sup> <sub>-0,17</sub>	0, 08 <sup>+0,02</sup> <sub>-0,02</sub>	0, 07 <sup>+0,00</sup> <sub>-0,00</sub>
2M21101237+1044197	MASCARA-1 b	1, 50 <sup>+0,30</sup> <sub>-0,30</sub>	3, 70 <sup>+0,90</sup> <sub>-0,90</sub>	0, 26 <sup>+0,17</sup> <sub>-0,17</sub>	0, 04 <sup>+0,01</sup> <sub>-0,01</sub>
2M0435524+1630331	alf Tau b	-	6, 47 <sup>+0,53</sup> <sub>-0,53</sub> <sup>1</sup>	-	1, 46 <sup>+0,27</sup> <sub>-0,27</sub>
2M09524585+2600248	mu Leo b	-	2, 40 <sup>+0,40</sup> <sub>-0,40</sub> <sup>1</sup>	-	1, 10 <sup>+0,10</sup> <sub>-0,10</sub>

Tabela 14 – Dados exoplanetários de temperatura de equilíbrio e grau de insolação utilizados nas análises de exoplanetas de estrelas FGK da amostra. Os valores de dimensão abaixo da segunda casa decimal estão representados como zero na tabela.

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (APO)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (NASA)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (APO)
2M15170588+7149258	11 UMi b	819 <sup>+44</sup> <sub>-44</sub>	823 <sup>+45</sup> <sub>-45</sub>	107, 2 <sup>+23,1</sup> <sub>-23,1</sub>	109, 3 <sup>+23,7</sup> <sub>-23,7</sub>
2M14283785+4950414	24 Boo b	1613 <sup>+82</sup> <sub>-59</sub>	1622 <sup>+84</sup> <sub>-61</sub>	1612, 8 <sup>+326,7</sup> <sub>-236,1</sub>	1649, 5 <sup>+340,2</sup> <sub>-249,8</sub>
2M08401279+6419405	4 UMa b	887 <sup>+44</sup> <sub>-44</sub>	901 <sup>+43</sup> <sub>-43</sub>	147, 7 <sup>+29,1</sup> <sub>-29,1</sub>	157, 3 <sup>+30,2</sup> <sub>-30,2</sub>
2M18255915+6533486	42 Dra b	796 <sup>+23</sup> <sub>-23</sub>	825 <sup>+21</sup> <sub>-21</sub>	95, 7 <sup>+10,9</sup> <sub>-10,9</sub>	110, 4 <sup>+11,4</sup> <sub>-11,4</sub>
2M06304711+5809453	6 Lyn b	341 <sup>+14</sup> <sub>-13</sub>	342 <sup>+12</sup> <sub>-12</sub>	3, 2 <sup>+0,5</sup> <sub>-0,5</sub>	3, 3 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,4</sub>
2M06434947-0103468	CoRoT-7 c	987 <sup>+454</sup> <sub>-428</sub>	981 <sup>+451</sup> <sub>-425</sub>	226, 2 <sup>+415,8</sup> <sub>-392,3</sub>	220, 5 <sup>+405,4</sup> <sub>-382,4</sub>
2M18430881+0612150	CoRoT-9 b	383 <sup>+13</sup> <sub>-13</sub>	377 <sup>+13</sup> <sub>-13</sub>	5, 1 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,7</sub>	4, 8 <sup>+0,6</sup> <sub>-0,6</sub>
2M19505021+4804508	HAT-P-11 b	757 <sup>+11</sup> <sub>-11</sub>	755 <sup>+11</sup> <sub>-11</sub>	78, 5 <sup>+4,4</sup> <sub>-4,5</sub>	77, 3 <sup>+4,4</sup> <sub>-4,4</sub>
2M19505021+4804508	HAT-P-11 c	85 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	85 <sup>+3</sup> <sub>-2</sub>	0, 0 <sup>+0,0</sup> <sub>-0,0</sub>	0, 0 <sup>+0,0</sup> <sub>-0,0</sub>
2M13573347+4329367	HAT-P-12 b	875 <sup>+17</sup> <sub>-13</sub>	868 <sup>+16</sup> <sub>-12</sub>	139, 4 <sup>+11,0</sup> <sub>-8,5</sub>	135 <sup>+9,9</sup> <sub>-7,3</sub>
2M17052315+3300450	HAT-P-18 b	775 <sup>+25</sup> <sub>-25</sub>	776 <sup>+23</sup> <sub>-23</sub>	86 <sup>+11,0</sup> <sub>-11,0</sub>	86, 4 <sup>+10,1</sup> <sub>-10,1</sub>
2M16203635+4102531	HAT-P-2 b	1269 <sup>+47</sup> <sub>-47</sub>	1235 <sup>+41</sup> <sub>-41</sub>	618, 6 <sup>+91,6</sup> <sub>-91,6</sub>	553, 7 <sup>+74,4</sup> <sub>-74,4</sub>
2M07273995+2420118	HAT-P-20 b	885 <sup>+21</sup> <sub>-21</sub>	868 <sup>+17</sup> <sub>-17</sub>	146, 1 <sup>+13,9</sup> <sub>-13,9</sub>	135 <sup>+10,6</sup> <sub>-10,6</sub>
2M14123457+4700528	HAT-P-44 b	1010 <sup>+47</sup> <sub>-29</sub>	968 <sup>+42</sup> <sub>-23</sub>	247, 6 <sup>+46,2</sup> <sub>-28,8</sub>	208, 8 <sup>+36,6</sup> <sub>-20,3</sub>
2M14123457+4700528	HAT-P-44 c	172 <sup>+8</sup> <sub>-5</sub>	165 <sup>+7</sup> <sub>-4</sub>	0, 2 <sup>+0,0</sup> <sub>-0,0</sub>	0, 2 <sup>+0,0</sup> <sub>-0,0</sub>
2M12051510+7654205	HD 104985 b	731 <sup>+24</sup> <sub>-24</sub>	695 <sup>+18</sup> <sub>-18</sub>	68, 1 <sup>+9,1</sup> <sub>-8,8</sub>	55, 7 <sup>+5,9</sup> <sub>-5,6</sub>
2M13121982+1731016	HD 114762 b	472 <sup>+8</sup> <sub>-8</sub>	487 <sup>+9</sup> <sub>-9</sub>	11, 8 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,8</sub>	13, 4 <sup>+1,0</sup> <sub>-1,0</sub>
2M14532303+1814074	HD 131496 b	317 <sup>+14</sup> <sub>-14</sub>	320 <sup>+12</sup> <sub>-12</sub>	2, 4 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,4</sub>	2, 5 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,4</sub>
2M15351620+5355195	HD 139357 b	456 <sup>+25</sup> <sub>-25</sub>	450 <sup>+25</sup> <sub>-25</sub>	10, 3 <sup>+2,3</sup> <sub>-2,3</sub>	9, 8 <sup>+2,1</sup> <sub>-2,1</sub>

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 14...

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (APO)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (NASA)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (APO)
2M16100392+2644336	HD 145457 b	782 <sup>+26</sup> <sub>-26</sub>	785 <sup>+27</sup> <sub>-27</sub>	88, 9 <sup>+11,8</sup> <sub>-11,8</sub>	90, 3 <sup>+12,4</sup> <sub>-12,4</sub>
2M16254841+3015545	HD 148284 b	303 <sup>+21</sup> <sub>-21</sub>	296 <sup>+20</sup> <sub>-20</sub>	2, 0 <sup>+0,6</sup> <sub>-0,6</sub>	1, 8 <sup>+0,5</sup> <sub>-0,5</sub>
2M17254543+2718118	HD 158038 b	371 <sup>+9</sup> <sub>-9</sub>	374 <sup>+9</sup> <sub>-9</sub>	4, 5 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,4</sub>	4, 7 <sup>+0,5</sup> <sub>-0,5</sub>
2M17193713+8008108	HD 158996 b	877 <sup>+57</sup> <sub>-57</sub>	875 <sup>+57</sup> <sub>-57</sub>	141, 1 <sup>+36,4</sup> <sub>-36,4</sub>	139, 9 <sup>+36,5</sup> <sub>-36,5</sub>
2M18103166+5417114	HD 167042 b	402 <sup>+10</sup> <sub>-11</sub>	403 <sup>+11</sup> <sub>-12</sub>	6, 2 <sup>+0,6</sup> <sub>-0,7</sub>	6, 3 <sup>+0,7</sup> <sub>-0,7</sub>
2M19052077+2555144	HD 177830 b	365 <sup>+9</sup> <sub>-9</sub>	360 <sup>+9</sup> <sub>-9</sub>	4, 2 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,4</sub>	4, 0 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,4</sub>
2M19052077+2555144	HD 177830 c	544 <sup>+11</sup> <sub>-11</sub>	536 <sup>+11</sup> <sub>-11</sub>	20, 9 <sup>+1,7</sup> <sub>-1,7</sub>	19, 7 <sup>+1,7</sup> <sub>-1,7</sub>
2M21585970+1901128	HD 208897 b	466 <sup>+15</sup> <sub>-15</sub>	466 <sup>+12</sup> <sub>-12</sub>	11, 3 <sup>+1,5</sup> <sub>-1,5</sub>	11, 3 <sup>+1,2</sup> <sub>-1,2</sub>
2M05093674+6938219	HD 32518 b	840 <sup>+44</sup> <sub>-44</sub>	858 <sup>+44</sup> <sub>-44</sub>	118, 5 <sup>+24,6</sup> <sub>-24,6</sub>	129, 3 <sup>+26,2</sup> <sub>-26,2</sub>
2M05073553-1359113	HD 33142 b	447 <sup>+24</sup> <sub>-24</sub>	450 <sup>+22</sup> <sub>-22</sub>	9, 5 <sup>+2,0</sup> <sub>-2,0</sub>	9, 8 <sup>+1,9</sup> <sub>-1,9</sub>
2M05475919-0819396	HD 38801 b	276 <sup>+16</sup> <sub>-16</sub>	277 <sup>+15</sup> <sub>-15</sub>	1, 4 <sup>+0,3</sup> <sub>-0,3</sub>	1, 4 <sup>+0,3</sup> <sub>-0,3</sub>
2M07314838+1705099	HD 59686 A b	715 <sup>+9</sup> <sub>-9</sub>	715 <sup>+11</sup> <sub>-11</sub>	62, 4 <sup>+3,1</sup> <sub>-3,1</sub>	62, 2 <sup>+3,9</sup> <sub>-3,9</sub>
2M08021594+0220044	HD 66141 b	804 <sup>+35</sup> <sub>-35</sub>	788 <sup>+36</sup> <sub>-36</sub>	99, 7 <sup>+17,6</sup> <sub>-17,6</sub>	91, 7 <sup>+16,7</sup> <sub>-16,7</sub>
2M08522396+1314005	HD 75784 b	389 <sup>+19</sup> <sub>-19</sub>	393 <sup>+18</sup> <sub>-17</sub>	5, 5 <sup>+1,1</sup> <sub>-1,1</sub>	5, 7 <sup>+1,0</sup> <sub>-1,0</sub>
2M08522396+1314005	HD 75784 c	136 <sup>+12</sup> <sub>-12</sub>	138 <sup>+12</sup> <sub>-12</sub>	0, 1 <sup>+0,0</sup> <sub>-0,0</sub>	0, 1 <sup>+0,0</sup> <sub>-0,0</sub>
2M08274481+1734457	K2-121 b	721 <sup>+13</sup> <sub>-13</sub>	734 <sup>+10</sup> <sub>-10</sub>	64, 6 <sup>+4,7</sup> <sub>-4,7</sub>	69, 1 <sup>+3,7</sup> <sub>-3,7</sub>
2M04245669+1849387	K2-87 b	977 <sup>+30</sup> <sub>-23</sub>	943 <sup>+29</sup> <sub>-22</sub>	217, 1 <sup>+26,7</sup> <sub>-20,6</sub>	188, 7 <sup>+23,0</sup> <sub>-18,0</sub>
2M11450348+0000190	K2-9 b	276 <sup>+54</sup> <sub>-56</sub>	369 <sup>+71</sup> <sub>-73</sub>	1, 4 <sup>+1,1</sup> <sub>-1,1</sub>	4, 4 <sup>+3,4</sup> <sub>-3,5</sub>
2M19075308+4652061	KOI-13 b	2329 <sup>+85</sup> <sub>-85</sub>	2422 <sup>+43</sup> <sub>-43</sub>	7017, 7 <sup>+1028,6</sup> <sub>-1028,6</sub>	8199, 8 <sup>+581,6</sup> <sub>-581,6</sub>
2M19392772+4617090	KOI-217 b	1037 <sup>+25</sup> <sub>-25</sub>	991 <sup>+17</sup> <sub>-17</sub>	275, 7 <sup>+27,0</sup> <sub>-26,9</sub>	230, 1 <sup>+15,4</sup> <sub>-15,4</sub>
2M19330757+4518348	KOI-3680 b	344 <sup>+11</sup> <sub>-16</sub>	335 <sup>+10</sup> <sub>-14</sub>	3, 4 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,6</sub>	3, 0 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,5</sub>
2M19491993+4153280	KOI-94 b	1484 <sup>+70</sup> <sub>-70</sub>	1490 <sup>+70</sup> <sub>-70</sub>	1155, 4 <sup>+219,3</sup> <sub>-219,3</sub>	1174, 5 <sup>+221,8</sup> <sub>-221,8</sub>
2M19491993+4153280	KOI-94 c	1055 <sup>+50</sup> <sub>-50</sub>	1059 <sup>+50</sup> <sub>-50</sub>	295, 0 <sup>+56,0</sup> <sub>-56,0</sub>	299, 9 <sup>+56,6</sup> <sub>-56,6</sub>
2M19491993+4153280	KOI-94 d	818 <sup>+39</sup> <sub>-39</sub>	821 <sup>+39</sup> <sub>-39</sub>	106, 8 <sup>+20,3</sup> <sub>-20,3</sub>	108, 5 <sup>+20,5</sup> <sub>-20,5</sub>
2M19491993+4153280	KOI-94 e	608 <sup>+29</sup> <sub>-29</sub>	611 <sup>+29</sup> <sub>-29</sub>	32, 6 <sup>+6,2</sup> <sub>-6,2</sub>	33, 2 <sup>+6,3</sup> <sub>-6,3</sub>
2M19024305+5014286	Kepler-10 b	1946 <sup>+49</sup> <sub>-97</sub>	1935 <sup>+50</sup> <sub>-96</sub>	3416, 3 <sup>+345,1</sup> <sub>-678,9</sub>	3339, 0 <sup>+342,2</sup> <sub>-666,1</sub>
2M19381420+4603443	Kepler-108 b	706 <sup>+56</sup> <sub>-53</sub>	669 <sup>+52</sup> <sub>-50</sub>	59, 3 <sup>+18,7</sup> <sub>-17,8</sub>	47, 9 <sup>+14,9</sup> <sub>-14,2</sub>
2M19381420+4603443	Kepler-108 c	449 <sup>+19</sup> <sub>-19</sub>	426 <sup>+18</sup> <sub>-17</sub>	9, 7 <sup>+1,7</sup> <sub>-1,6</sub>	7, 9 <sup>+1,3</sup> <sub>-1,3</sub>
2M19362914+4820582	Kepler-114 b	721 <sup>+288</sup> <sub>-272</sub>	725 <sup>+290</sup> <sub>-273</sub>	64, 5 <sup>+103,1</sup> <sub>-97,3</sub>	65, 7 <sup>+105,1</sup> <sub>-99,1</sub>
2M19172334+4412307	Kepler-126 b	1019 <sup>+218</sup> <sub>-205</sub>	1037 <sup>+221</sup> <sub>-209</sub>	256, 5 <sup>+219,4</sup> <sub>-207,0</sub>	275, 5 <sup>+235,2</sup> <sub>-221,9</sub>
2M19172334+4412307	Kepler-126 c	796 <sup>+105</sup> <sub>-99</sub>	811 <sup>+106</sup> <sub>-100</sub>	95, 8 <sup>+50,3</sup> <sub>-47,5</sub>	102, 9 <sup>+53,8</sup> <sub>-50,8</sub>
2M19172334+4412307	Kepler-126 d	479 <sup>+24</sup> <sub>-23</sub>	487 <sup>+24</sup> <sub>-22</sub>	12, 5 <sup>+2,5</sup> <sub>-2,4</sub>	13, 5 <sup>+2,6</sup> <sub>-2,5</sub>
2M19004559+4601406	Kepler-127 b	887 <sup>+151</sup> <sub>-143</sub>	876 <sup>+149</sup> <sub>-140</sub>	147, 6 <sup>+100,6</sup> <sub>-95,0</sub>	140, 6 <sup>+95,4</sup> <sub>-90,0</sub>
2M19004559+4601406	Kepler-127 c	701 <sup>+76</sup> <sub>-72</sub>	693 <sup>+74</sup> <sub>-70</sub>	57, 7 <sup>+24,9</sup> <sub>-23,6</sub>	54, 9 <sup>+23,5</sup> <sub>-22,2</sub>
2M19004559+4601406	Kepler-127 d	593 <sup>+47</sup> <sub>-44</sub>	586 <sup>+45</sup> <sub>-43</sub>	29, 4 <sup>+9,3</sup> <sub>-8,8</sub>	28, 0 <sup>+8,7</sup> <sub>-8,2</sub>
2M19011470+4750549	Kepler-129 b	899 <sup>+146</sup> <sub>-138</sub>	884 <sup>+143</sup> <sub>-135</sub>	155, 9 <sup>+101,3</sup> <sub>-95,6</sub>	145, 4 <sup>+94,3</sup> <sub>-89,0</sub>
2M19011470+4750549	Kepler-129 c	519 <sup>+30</sup> <sub>-28</sub>	510 <sup>+29</sup> <sub>-27</sub>	17, 3 <sup>+4,0</sup> <sub>-3,8</sub>	16, 2 <sup>+3,7</sup> <sub>-3,5</sub>
2M19134816+4014431	Kepler-130 b	980 <sup>+263</sup> <sub>-248</sub>	972 <sup>+260</sup> <sub>-245</sub>	220, 0 <sup>+235,7</sup> <sub>-222,3</sub>	212, 8 <sup>+227,8</sup> <sub>-214,9</sub>
2M19134816+4014431	Kepler-130 c	653 <sup>+15</sup> <sub>-15</sub>	648 <sup>+14</sup> <sub>-14</sub>	43, 3 <sup>+4,0</sup> <sub>-4,0</sub>	41, 9 <sup>+3,5</sup> <sub>-3,5</sub>
2M19134816+4014431	Kepler-130 d	449 <sup>+26</sup> <sub>-25</sub>	445 <sup>+26</sup> <sub>-25</sub>	9, 7 <sup>+2,3</sup> <sub>-2,2</sub>	9, 3 <sup>+2,2</sup> <sub>-2,1</sub>
2M18525659+4120349	Kepler-132 b	1110 <sup>+367</sup> <sub>-348</sub>	1084 <sup>+358</sup> <sub>-339</sub>	361, 4 <sup>+478,0</sup> <sub>-453,3</sub>	329, 0 <sup>+434,0</sup> <sub>-411,5</sub>
2M18525659+4120349	Kepler-132 c	1101 <sup>+359</sup> <sub>-341</sub>	1076 <sup>+350</sup> <sub>-332</sub>	350, 8 <sup>+457,8</sup> <sub>-434,3</sub>	319, 4 <sup>+415,7</sup> <sub>-394,2</sub>
2M18525659+4120349	Kepler-132 d	779 <sup>+144</sup> <sub>-138</sub>	761 <sup>+140</sup> <sub>-134</sub>	87, 7 <sup>+64,9</sup> <sub>-62,3</sub>	79, 8 <sup>+58,6</sup> <sub>-56,2</sub>

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 14...

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (APO)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (NASA)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (APO)
2M18585736+4935542	Kepler-134 b	1169 <sup>+428</sup> <sub>-405</sub>	1129 <sup>+412</sup> <sub>-390</sub>	444, 7 <sup>+650,8</sup> <sub>-616,6</sub>	386, 9 <sup>+565,1</sup> <sub>-535,3</sub>
2M18585736+4935542	Kepler-134 c	944 <sup>+236</sup> <sub>-225</sub>	912 <sup>+227</sup> <sub>-216</sub>	189, 1 <sup>+189,5</sup> <sub>-180,5</sub>	164, 6 <sup>+164,2</sup> <sub>-156,3</sub>
2M19215883+3847437	Kepler-135 b	1168 <sup>+385</sup> <sub>-365</sub>	1141 <sup>+376</sup> <sub>-356</sub>	443, 4 <sup>+584,4</sup> <sub>-554,0</sub>	404, 6 <sup>+532,4</sup> <sub>-504,7</sub>
2M19215883+3847437	Kepler-135 c	942 <sup>+213</sup> <sub>-203</sub>	921 <sup>+208</sup> <sub>-198</sub>	187, 6 <sup>+170,0</sup> <sub>-162,1</sub>	171, 2 <sup>+154,6</sup> <sub>-147,4</sub>
2M19455215+4235555	Kepler-136 b	969 <sup>+213</sup> <sub>-204</sub>	967 <sup>+212</sup> <sub>-203</sub>	210, 2 <sup>+185,2</sup> <sub>-176,6</sub>	208, 3 <sup>+183,1</sup> <sub>-174,6</sub>
2M19455215+4235555	Kepler-136 c	865 <sup>+160</sup> <sub>-153</sub>	863 <sup>+159</sup> <sub>-152</sub>	133, 5 <sup>+98,5</sup> <sub>-94,4</sub>	132, 3 <sup>+97,3</sup> <sub>-93,2</sub>
2M18493406+4353216	Kepler-139 b	788 <sup>+152</sup> <sub>-146</sub>	755 <sup>+145</sup> <sub>-139</sub>	92, 1 <sup>+71,0</sup> <sub>-68,0</sub>	77, 3 <sup>+59,4</sup> <sub>-56,9</sub>
2M18493406+4353216	Kepler-139 c	367 <sup>+38</sup> <sub>-38</sub>	351 <sup>+36</sup> <sub>-36</sub>	4, 3 <sup>+1,8</sup> <sub>-1,8</sub>	3, 6 <sup>+1,5</sup> <sub>-1,5</sub>
2M18473976+4246318	Kepler-144 b	1160 <sup>+388</sup> <sub>-368</sub>	1146 <sup>+383</sup> <sub>-363</sub>	431, 4 <sup>+577,7</sup> <sub>-547,7</sub>	411, 0 <sup>+549,5</sup> <sub>-520,9</sub>
2M18473976+4246318	Kepler-144 c	972 <sup>+239</sup> <sub>-227</sub>	960 <sup>+235</sup> <sub>-224</sub>	212, 7 <sup>+208,8</sup> <sub>-198,9</sub>	202, 6 <sup>+198,3</sup> <sub>-188,8</sub>
2M19283906+4101236	Kepler-151 b	643 <sup>+199</sup> <sub>-195</sub>	621 <sup>+190</sup> <sub>-187</sub>	40, 8 <sup>+50,5</sup> <sub>-49,5</sub>	35, 4 <sup>+43,4</sup> <sub>-42,6</sub>
2M19283906+4101236	Kepler-151 c	548 <sup>+155</sup> <sub>-153</sub>	528 <sup>+148</sup> <sub>-146</sub>	21, 5 <sup>+24,2</sup> <sub>-23,9</sub>	18, 6 <sup>+20,8</sup> <sub>-20,6</sub>
2M19211116+3744581	Kepler-156 b	869 <sup>+341</sup> <sub>-322</sub>	854 <sup>+335</sup> <sub>-316</sub>	135, 9 <sup>+213,4</sup> <sub>-201,4</sub>	126, 7 <sup>+198,7</sup> <sub>-187,5</sub>
2M19211116+3744581	Kepler-156 c	590 <sup>+109</sup> <sub>-103</sub>	580 <sup>+106</sup> <sub>-100</sub>	29, 0 <sup>+21,3</sup> <sub>-20,2</sub>	27, 0 <sup>+19,8</sup> <sub>-18,7</sub>
2M19242333+3852321	Kepler-157 b	1550 <sup>+1178</sup> <sub>-1112</sub>	1527 <sup>+1161</sup> <sub>-1096</sub>	1375, 8 <sup>+4183,4</sup> <sub>-3949,3</sub>	1296, 6 <sup>+3941,4</sup> <sub>-3720,7</sub>
2M19242333+3852321	Kepler-157 c	782 <sup>+169</sup> <sub>-161</sub>	771 <sup>+166</sup> <sub>-158</sub>	89, 1 <sup>+76,9</sup> <sub>-73,5</sub>	84, 0 <sup>+72,2</sup> <sub>-68,9</sub>
2M19400067+4659143	Kepler-163 b	874 <sup>+299</sup> <sub>-288</sub>	813 <sup>+277</sup> <sub>-267</sub>	138, 9 <sup>+190,1</sup> <sub>-183,4</sub>	104, 2 <sup>+141,9</sup> <sub>-136,9</sub>
2M19400067+4659143	Kepler-163 c	626 <sup>+157</sup> <sub>-155</sub>	583 <sup>+145</sup> <sub>-143</sub>	36, 6 <sup>+36,8</sup> <sub>-36,1</sub>	27, 4 <sup>+27,3</sup> <sub>-26,9</sub>
2M19064546+3912428	Kepler-1655 b	856 <sup>+14</sup> <sub>-14</sub>	836 <sup>+11</sup> <sub>-11</sub>	128, 2 <sup>+8,1</sup> <sub>-8,1</sub>	116, 3 <sup>+6,4</sup> <sub>-6,4</sub>
2M18575331+3954425	Kepler-1656 b	597 <sup>+48</sup> <sub>-48</sub>	578 <sup>+46</sup> <sub>-46</sub>	30, 2 <sup>+9,7</sup> <sub>-9,7</sub>	26, 6 <sup>+8,5</sup> <sub>-8,5</sub>
2M19303802+3820434	Kepler-167 b	837 <sup>+21</sup> <sub>-24</sub>	820 <sup>+20</sup> <sub>-24</sub>	117, 2 <sup>+11,5</sup> <sub>-13,4</sub>	107, 9 <sup>+10,6</sup> <sub>-12,4</sub>
2M19303802+3820434	Kepler-167 c	704 <sup>+124</sup> <sub>-20</sub>	689 <sup>+122</sup> <sub>-20</sub>	58, 4 <sup>+41,2</sup> <sub>-6,6</sub>	53, 8 <sup>+38,0</sup> <sub>-6,1</sub>
2M19303802+3820434	Kepler-167 d	491 <sup>+12</sup> <sub>-14</sub>	481 <sup>+12</sup> <sub>-14</sub>	13, 9 <sup>+1,4</sup> <sub>-1,6</sub>	12, 8 <sup>+1,3</sup> <sub>-1,4</sub>
2M19303802+3820434	Kepler-167 e	134 <sup>+3</sup> <sub>-3</sub>	131 <sup>+3</sup> <sub>-3</sub>	0, 1 <sup>+0,0</sup> <sub>-0,0</sub>	0, 1 <sup>+0,0</sup> <sub>-0,0</sub>
2M19383520+4153027	Kepler-173 b	1182 <sup>+598</sup> <sub>-572</sub>	1096 <sup>+553</sup> <sub>-529</sub>	465, 0 <sup>+940,3</sup> <sub>-900,1</sub>	343, 7 <sup>+693,8</sup> <sub>-664,0</sub>
2M19383520+4153027	Kepler-173 c	952 <sup>+361</sup> <sub>-349</sub>	883 <sup>+333</sup> <sub>-323</sub>	195, 6 <sup>+296,6</sup> <sub>-287,1</sub>	144, 6 <sup>+218,5</sup> <sub>-211,5</sub>
2M19521906+4444467	Kepler-18 b	1173 <sup>+35</sup> <sub>-35</sub>	1140 <sup>+29</sup> <sub>-29</sub>	451, 6 <sup>+54,3</sup> <sub>-40,8</sub>	401, 9 <sup>+40,8</sup> <sub>-40,8</sub>
2M19521906+4444467	Kepler-18 c	905 <sup>+27</sup> <sub>-27</sub>	879 <sup>+22</sup> <sub>-22</sub>	159, 6 <sup>+19,3</sup> <sub>-19,3</sub>	142, 0 <sup>+14,5</sup> <sub>-14,5</sub>
2M19521906+4444467	Kepler-18 d	725 <sup>+22</sup> <sub>-22</sub>	704 <sup>+18</sup> <sub>-18</sub>	65, 7 <sup>+7,9</sup> <sub>-7,9</sub>	58, 5 <sup>+6,0</sup> <sub>-6,0</sub>
2M19274845+4304289	Kepler-184 b	784 <sup>+286</sup> <sub>-280</sub>	731 <sup>+266</sup> <sub>-260</sub>	90, 1 <sup>+131,4</sup> <sub>-128,5</sub>	68, 0 <sup>+98,9</sup> <sub>-96,7</sub>
2M19274845+4304289	Kepler-184 c	633 <sup>+203</sup> <sub>-201</sub>	590 <sup>+188</sup> <sub>-186</sub>	38, 3 <sup>+49,2</sup> <sub>-48,6</sub>	29, 0 <sup>+37,0</sup> <sub>-36,5</sub>
2M19274845+4304289	Kepler-184 d	562 <sup>+173</sup> <sub>-171</sub>	524 <sup>+160</sup> <sub>-159</sub>	23, 8 <sup>+29,2</sup> <sub>-29,0</sub>	18, 0 <sup>+22,0</sup> <sub>-21,8</sub>
2M19405434+5033323	Kepler-197 b	1143 <sup>+403</sup> <sub>-380</sub>	1126 <sup>+396</sup> <sub>-374</sub>	406, 2 <sup>+572,7</sup> <sub>-540,2</sub>	382, 8 <sup>+539,2</sup> <sub>-508,6</sub>
2M19405434+5033323	Kepler-197 c	933 <sup>+220</sup> <sub>-207</sub>	919 <sup>+216</sup> <sub>-204</sub>	180, 6 <sup>+170,1</sup> <sub>-160,5</sub>	170, 2 <sup>+160,0</sup> <sub>-150,9</sub>
2M19405434+5033323	Kepler-197 d	811 <sup>+145</sup> <sub>-137</sub>	799 <sup>+142</sup> <sub>-134</sub>	103, 3 <sup>+73,8</sup> <sub>-69,7</sub>	97, 3 <sup>+69,3</sup> <sub>-65,4</sub>
2M19405434+5033323	Kepler-197 e	691 <sup>+90</sup> <sub>-85</sub>	681 <sup>+88</sup> <sub>-83</sub>	54, 4 <sup>+28,4</sup> <sub>-26,8</sub>	51, 2 <sup>+26,6</sup> <sub>-25,1</sub>
2M19224155+3841276	Kepler-198 b	658 <sup>+117</sup> <sub>-112</sub>	653 <sup>+116</sup> <sub>-111</sub>	44, 6 <sup>+31,8</sup> <sub>-30,4</sub>	43, 3 <sup>+30,8</sup> <sub>-29,4</sub>
2M19224155+3841276	Kepler-198 c	468 <sup>+52</sup> <sub>-51</sub>	464 <sup>+51</sup> <sub>-50</sub>	11, 4 <sup>+5,1</sup> <sub>-5,0</sub>	11, 1 <sup>+4,9</sup> <sub>-4,8</sub>
2M19104752+4220194	Kepler-20 b	1102 <sup>+19</sup> <sub>-23</sub>	1073 <sup>+18</sup> <sub>-23</sub>	351, 7 <sup>+23,8</sup> <sub>-30,0</sub>	315, 6 <sup>+21,5</sup> <sub>-27,0</sub>
2M19104752+4220194	Kepler-20 c	770 <sup>+15</sup> <sub>-14</sub>	749 <sup>+15</sup> <sub>-14</sub>	83, 7 <sup>+6,6</sup> <sub>-6,2</sub>	75, 1 <sup>+6,0</sup> <sub>-5,6</sub>
2M19104752+4220194	Kepler-20 d	401 <sup>+7</sup> <sub>-8</sub>	390 <sup>+7</sup> <sub>-8</sub>	6, 1 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,5</sub>	5, 5 <sup>+0,4</sup> <sub>-0,4</sub>
2M19104752+4220194	Kepler-20 e	938 <sup>+19</sup> <sub>-17</sub>	913 <sup>+19</sup> <sub>-16</sub>	184, 6 <sup>+15,0</sup> <sub>-13,0</sub>	165, 7 <sup>+13,5</sup> <sub>-11,8</sub>
2M19104752+4220194	Kepler-20 f	635 <sup>+12</sup> <sub>-12</sub>	618 <sup>+12</sup> <sub>-12</sub>	38, 7 <sup>+2,9</sup> <sub>-2,9</sub>	34, 7 <sup>+2,6</sup> <sub>-2,6</sub>

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 14...

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (APO)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (NASA)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (APO)
2M19104752+4220194	Kepler-20 g	523 <sup>+8</sup> <sub>-8</sub>	509 <sup>+8</sup> <sub>-8</sub>	17,9 <sup>+1,1</sup> <sub>-1,1</sub>	16,0 <sup>+1,0</sup> <sub>-1,0</sub>
2M19343024+4116221	Kepler-201 b	708 <sup>+111</sup> <sub>-107</sub>	724 <sup>+113</sup> <sub>-109</sub>	60,0 <sup>+37,5</sup> <sub>-36,2</sub>	65,6 <sup>+40,8</sup> <sub>-39,4</sub>
2M19343024+4116221	Kepler-201 c	391 <sup>+42</sup> <sub>-41</sub>	400 <sup>+42</sup> <sub>-42</sub>	5,6 <sup>+2,4</sup> <sub>-2,4</sub>	6,1 <sup>+2,6</sup> <sub>-2,5</sub>
2M19263232+4150019	Kepler-206 b	992 <sup>+285</sup> <sub>-271</sub>	955 <sup>+275</sup> <sub>-261</sub>	230,5 <sup>+265,4</sup> <sub>-252,1</sub>	198,4 <sup>+228,1</sup> <sub>-216,6</sub>
2M19263232+4150019	Kepler-206 c	831 <sup>+178</sup> <sub>-170</sub>	801 <sup>+171</sup> <sub>-163</sub>	113,8 <sup>+97,4</sup> <sub>-93,1</sub>	97,9 <sup>+83,6</sup> <sub>-79,9</sub>
2M19263232+4150019	Kepler-206 d	686 <sup>+111</sup> <sub>-107</sub>	661 <sup>+107</sup> <sub>-103</sub>	52,8 <sup>+34,3</sup> <sub>-33,1</sub>	45,4 <sup>+29,4</sup> <sub>-28,3</sub>
2M19353364+4231408	Kepler-208 b	1322 <sup>+531</sup> <sub>-502</sub>	1294 <sup>+520</sup> <sub>-492</sub>	727,3 <sup>+1168,8</sup> <sub>-1105,9</sub>	667,9 <sup>+1072,7</sup> <sub>-1014,9</sub>
2M19353364+4231408	Kepler-208 c	1093 <sup>+309</sup> <sub>-293</sub>	1070 <sup>+302</sup> <sub>-287</sub>	339,8 <sup>+384,5</sup> <sub>-365,1</sub>	312,1 <sup>+352,7</sup> <sub>-334,8</sub>
2M19353364+4231408	Kepler-208 d	957 <sup>+215</sup> <sub>-205</sub>	937 <sup>+210</sup> <sub>-200</sub>	199,9 <sup>+180,0</sup> <sub>-171,5</sub>	183,6 <sup>+164,9</sup> <sub>-157,2</sub>
2M19353364+4231408	Kepler-208 e	845 <sup>+156</sup> <sub>-150</sub>	828 <sup>+153</sup> <sub>-146</sub>	121,7 <sup>+90,1</sup> <sub>-86,3</sub>	111,8 <sup>+82,5</sup> <sub>-79,0</sub>
2M19244068+4238269	Kepler-209 b	674 <sup>+128</sup> <sub>-122</sub>	664 <sup>+125</sup> <sub>-119</sub>	49,2 <sup>+37,2</sup> <sub>-35,5</sub>	46,2 <sup>+34,9</sup> <sub>-33,2</sub>
2M19244068+4238269	Kepler-209 c	490 <sup>+58</sup> <sub>-56</sub>	482 <sup>+57</sup> <sub>-55</sub>	13,7 <sup>+6,6</sup> <sub>-6,3</sub>	12,9 <sup>+6,1</sup> <sub>-5,9</sub>
2M19092683+3842505	Kepler-21 b	1852 <sup>+915</sup> <sub>-863</sub>	1782 <sup>+881</sup> <sub>-831</sub>	2805,0 <sup>+5544,7</sup> <sub>-5228,7</sub>	2405,7 <sup>+4755,3</sup> <sub>-4484,4</sub>
2M19300081+4304593	Kepler-210 b	905 <sup>+598</sup> <sub>-564</sub>	899 <sup>+594</sup> <sub>-560</sub>	159,9 <sup>+422,4</sup> <sub>-398,4</sub>	155,9 <sup>+411,5</sup> <sub>-388,1</sub>
2M19300081+4304593	Kepler-210 c	612 <sup>+186</sup> <sub>-175</sub>	608 <sup>+184</sup> <sub>-174</sub>	33,4 <sup>+40,5</sup> <sub>-38,3</sub>	32,6 <sup>+39,4</sup> <sub>-37,2</sub>
2M19395364+4512492	Kepler-215 b	885 <sup>+246</sup> <sub>-235</sub>	871 <sup>+241</sup> <sub>-230</sub>	146,3 <sup>+163,0</sup> <sub>-155,5</sub>	137,4 <sup>+152,3</sup> <sub>-145,2</sub>
2M19395364+4512492	Kepler-215 c	763 <sup>+169</sup> <sub>-163</sub>	751 <sup>+166</sup> <sub>-159</sub>	80,9 <sup>+71,8</sup> <sub>-68,9</sub>	75,9 <sup>+66,9</sup> <sub>-64,2</sub>
2M19395364+4512492	Kepler-215 d	596 <sup>+99</sup> <sub>-96</sub>	587 <sup>+96</sup> <sub>-93</sub>	30,2 <sup>+20,0</sup> <sub>-19,5</sub>	28,3 <sup>+18,5</sup> <sub>-18,0</sub>
2M19395364+4512492	Kepler-215 e	458 <sup>+63</sup> <sub>-62</sub>	451 <sup>+61</sup> <sub>-60</sub>	10,5 <sup>+5,8</sup> <sub>-5,7</sub>	9,8 <sup>+5,3</sup> <sub>-5,2</sub>
2M19345473+4607449	Kepler-216 b	1071 <sup>+305</sup> <sub>-289</sub>	1065 <sup>+302</sup> <sub>-287</sub>	314,2 <sup>+357,3</sup> <sub>-339,4</sub>	306,6 <sup>+348,0</sup> <sub>-330,5</sub>
2M19345473+4607449	Kepler-216 c	817 <sup>+150</sup> <sub>-144</sub>	812 <sup>+148</sup> <sub>-142</sub>	106,0 <sup>+77,7</sup> <sub>-74,5</sub>	103,5 <sup>+75,4</sup> <sub>-72,3</sub>
2M19320905+4616390	Kepler-217 b	1430 <sup>+476</sup> <sub>-451</sub>	1535 <sup>+511</sup> <sub>-483</sub>	997,8 <sup>+1329,5</sup> <sub>-1257,6</sub>	1321,7 <sup>+1759,1</sup> <sub>-1663,8</sub>
2M19320905+4616390	Kepler-217 c	1222 <sup>+304</sup> <sub>-288</sub>	1311 <sup>+325</sup> <sub>-308</sub>	532,2 <sup>+529,1</sup> <sub>-501,7</sub>	705,0 <sup>+699,4</sup> <sub>-663,1</sub>
2M19413907+4615592	Kepler-218 b	1163 <sup>+536</sup> <sub>-506</sub>	1126 <sup>+518</sup> <sub>-489</sub>	436,6 <sup>+804,3</sup> <sub>-758,9</sub>	383,1 <sup>+705,6</sup> <sub>-665,7</sub>
2M19413907+4615592	Kepler-218 c	501 <sup>+47</sup> <sub>-45</sub>	485 <sup>+45</sup> <sub>-43</sub>	15,0 <sup>+5,7</sup> <sub>-5,4</sub>	13,2 <sup>+4,9</sup> <sub>-4,7</sub>
2M19165219+4753040	Kepler-22 b	261 <sup>+4</sup> <sub>-4</sub>	258 <sup>+4</sup> <sub>-4</sub>	1,1 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,1</sub>	1,1 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,1</sub>
2M19213918+3820375	Kepler-24 b	1043 <sup>+302</sup> <sub>-287</sub>	1054 <sup>+302</sup> <sub>-288</sub>	282,1 <sup>+326,3</sup> <sub>-310,9</sub>	294,4 <sup>+337,9</sup> <sub>-321,7</sub>
2M19213918+3820375	Kepler-24 c	906 <sup>+210</sup> <sub>-201</sub>	916 <sup>+210</sup> <sub>-201</sub>	160,7 <sup>+148,9</sup> <sub>-142,7</sub>	167,7 <sup>+153,5</sup> <sub>-146,9</sub>
2M19213918+3820375	Kepler-24 d	1306 <sup>+562</sup> <sub>-533</sub>	1320 <sup>+566</sup> <sub>-536</sub>	694,2 <sup>+1195,1</sup> <sub>-1132,4</sub>	724,5 <sup>+1243,0</sup> <sub>-1177,2</sub>
2M19213918+3820375	Kepler-24 e	794 <sup>+154</sup> <sub>-148</sub>	803 <sup>+153</sup> <sub>-147</sub>	94,8 <sup>+73,3</sup> <sub>-70,8</sub>	99,0 <sup>+75,2</sup> <sub>-72,5</sub>
2M19313914+4103393	Kepler-241 b	553 <sup>+174</sup> <sub>-169</sub>	528 <sup>+165</sup> <sub>-160</sub>	22,2 <sup>+28,0</sup> <sub>-27,2</sub>	18,5 <sup>+23,1</sup> <sub>-22,4</sub>
2M19313914+4103393	Kepler-241 c	390 <sup>+96</sup> <sub>-95</sub>	372 <sup>+91</sup> <sub>-90</sub>	5,5 <sup>+5,4</sup> <sub>-5,4</sub>	4,6 <sup>+4,5</sup> <sub>-4,4</sub>
2M19263335+4226107	Kepler-245 b	754 <sup>+226</sup> <sub>-213</sub>	745 <sup>+223</sup> <sub>-210</sub>	77,1 <sup>+92,3</sup> <sub>-87,2</sub>	73,4 <sup>+87,8</sup> <sub>-82,9</sub>
2M19263335+4226107	Kepler-245 c	571 <sup>+99</sup> <sub>-94</sub>	564 <sup>+98</sup> <sub>-92</sub>	25,3 <sup>+17,6</sup> <sub>-16,6</sub>	24,1 <sup>+16,7</sup> <sub>-15,8</sub>
2M19263335+4226107	Kepler-245 d	447 <sup>+50</sup> <sub>-47</sub>	442 <sup>+48</sup> <sub>-46</sub>	9,5 <sup>+4,2</sup> <sub>-4,0</sub>	9,1 <sup>+4,0</sup> <sub>-3,8</sub>
2M19441541+4558366	Kepler-255 b	943 <sup>+369</sup> <sub>-354</sub>	862 <sup>+336</sup> <sub>-322</sub>	188,6 <sup>+295,2</sup> <sub>-282,9</sub>	131,9 <sup>+205,6</sup> <sub>-197,0</sub>
2M19441541+4558366	Kepler-255 c	780 <sup>+239</sup> <sub>-231</sub>	714 <sup>+217</sup> <sub>-210</sub>	88,4 <sup>+108,2</sup> <sub>-104,7</sub>	61,8 <sup>+75,2</sup> <sub>-72,7</sub>
2M19301930+4605506	Kepler-256 b	1697 <sup>+1343</sup> <sub>-1268</sub>	1660 <sup>+1314</sup> <sub>-1241</sub>	1974,9 <sup>+6252,9</sup> <sub>-5905,9</sub>	1810,3 <sup>+5730,6</sup> <sub>-5412,4</sub>
2M19301930+4605506	Kepler-256 c	1314 <sup>+638</sup> <sub>-604</sub>	1286 <sup>+624</sup> <sub>-591</sub>	711,0 <sup>+1380,1</sup> <sub>-1306,8</sub>	651,7 <sup>+1264,3</sup> <sub>-1197,1</sub>
2M19301930+4605506	Kepler-256 d	1102 <sup>+389</sup> <sub>-369</sub>	1078 <sup>+380</sup> <sub>-361</sub>	351,5 <sup>+495,7</sup> <sub>-471,1</sub>	322,2 <sup>+453,8</sup> <sub>-431,2</sub>
2M19301930+4605506	Kepler-256 e	900 <sup>+227</sup> <sub>-218</sub>	880 <sup>+222</sup> <sub>-212</sub>	156,2 <sup>+157,9</sup> <sub>-151,2</sub>	143,2 <sup>+144,4</sup> <sub>-138,2</sub>
2M19361643+4634455	Kepler-258 b	651 <sup>+255</sup> <sub>-251</sub>	632 <sup>+247</sup> <sub>-243</sub>	42,7 <sup>+66,9</sup> <sub>-65,9</sub>	38,1 <sup>+59,4</sup> <sub>-58,5</sub>
2M19361643+4634455	Kepler-258 c	475 <sup>+167</sup> <sub>-166</sub>	462 <sup>+161</sup> <sub>-160</sub>	12,2 <sup>+17,1</sup> <sub>-17,0</sub>	10,9 <sup>+15,2</sup> <sub>-15,1</sub>

Continua na próxima página...



Continuação da Tabela 14...

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (APO)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (NASA)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (APO)
2M19274223+3800508	Kepler-260 b	783 <sup>+247</sup> <sub>-236</sub>	799 <sup>+249</sup> <sub>-238</sub>	89,6 <sup>+113,1</sup> <sub>-108,0</sub>	97,1 <sup>+121,0</sup> <sub>-115,4</sub>
2M19274223+3800508	Kepler-260 c	372 <sup>+58</sup> <sub>-58</sub>	380 <sup>+56</sup> <sub>-56</sub>	4,6 <sup>+2,9</sup> <sub>-2,8</sub>	5,0 <sup>+2,9</sup> <sub>-2,9</sub>
2M19252754+3736330	Kepler-261 b	673 <sup>+163</sup> <sub>-154</sub>	671 <sup>+163</sup> <sub>-153</sub>	48,8 <sup>+47,4</sup> <sub>-44,8</sub>	48,4 <sup>+46,9</sup> <sub>-44,3</sub>
2M19252754+3736330	Kepler-261 c	505 <sup>+71</sup> <sub>-67</sub>	504 <sup>+70</sup> <sub>-66</sub>	15,5 <sup>+8,7</sup> <sub>-8,3</sub>	15,4 <sup>+8,6</sup> <sub>-8,1</sub>
2M19225488+3715095	Kepler-262 b	734 <sup>+209</sup> <sub>-204</sub>	678 <sup>+192</sup> <sub>-187</sub>	69,3 <sup>+79,0</sup> <sub>-77,0</sub>	50,3 <sup>+56,9</sup> <sub>-55,4</sub>
2M19225488+3715095	Kepler-262 c	619 <sup>+155</sup> <sub>-152</sub>	571 <sup>+141</sup> <sub>-139</sub>	35,0 <sup>+35,0</sup> <sub>-34,3</sub>	25,4 <sup>+25,1</sup> <sub>-24,7</sub>
2M19295274+3734040	Kepler-263 b	595 <sup>+194</sup> <sub>-191</sub>	582 <sup>+189</sup> <sub>-186</sub>	29,9 <sup>+39,0</sup> <sub>-38,4</sub>	27,4 <sup>+35,5</sup> <sub>-34,9</sub>
2M19295274+3734040	Kepler-263 c	419 <sup>+121</sup> <sub>-120</sub>	410 <sup>+117</sup> <sub>-117</sub>	7,4 <sup>+8,5</sup> <sub>-8,4</sub>	6,7 <sup>+7,7</sup> <sub>-7,7</sub>
2M19281070+3722344	Kepler-264 b	677 <sup>+89</sup> <sub>-87</sub>	683 <sup>+90</sup> <sub>-88</sub>	50,0 <sup>+26,4</sup> <sub>-25,8</sub>	51,9 <sup>+27,2</sup> <sub>-26,6</sub>
2M19281070+3722344	Kepler-264 c	449 <sup>+48</sup> <sub>-48</sub>	453 <sup>+48</sup> <sub>-48</sub>	9,7 <sup>+4,2</sup> <sub>-4,2</sub>	10,0 <sup>+4,3</sup> <sub>-4,3</sub>
2M19275428+3803182	Kepler-268 b	711 <sup>+106</sup> <sub>-102</sub>	698 <sup>+104</sup> <sub>-100</sub>	61,1 <sup>+36,4</sup> <sub>-35,2</sub>	56,7 <sup>+33,6</sup> <sub>-32,5</sub>
2M19275428+3803182	Kepler-268 c	483 <sup>+52</sup> <sub>-51</sub>	474 <sup>+50</sup> <sub>-49</sub>	12,9 <sup>+5,5</sup> <sub>-5,5</sub>	12,0 <sup>+5,1</sup> <sub>-5,0</sub>
2M19314146+3828382	Kepler-274 b	839 <sup>+286</sup> <sub>-280</sub>	784 <sup>+266</sup> <sub>-260</sub>	118,1 <sup>+161,0</sup> <sub>-157,6</sub>	89,9 <sup>+122,1</sup> <sub>-119,5</sub>
2M19314146+3828382	Kepler-274 c	590 <sup>+170</sup> <sub>-169</sub>	551 <sup>+158</sup> <sub>-157</sub>	28,9 <sup>+33,4</sup> <sub>-33,2</sub>	22,0 <sup>+25,3</sup> <sub>-25,1</sub>
2M19202572+3842080	Kepler-278 b	829 <sup>+86</sup> <sub>-81</sub>	809 <sup>+83</sup> <sub>-79</sub>	112,3 <sup>+46,6</sup> <sub>-44,0</sub>	101,9 <sup>+42,0</sup> <sub>-39,7</sub>
2M19202572+3842080	Kepler-278 c	695 <sup>+52</sup> <sub>-49</sub>	678 <sup>+50</sup> <sub>-47</sub>	55,7 <sup>+16,6</sup> <sub>-15,7</sub>	50,5 <sup>+14,9</sup> <sub>-14,0</sub>
2M19283288+4225459	Kepler-28 b	679 <sup>+252</sup> <sub>-239</sub>	685 <sup>+253</sup> <sub>-240</sub>	50,8 <sup>+75,2</sup> <sub>-71,4</sub>	52,3 <sup>+77,4</sup> <sub>-73,5</sub>
2M19283288+4225459	Kepler-28 c	594 <sup>+177</sup> <sub>-169</sub>	599 <sup>+178</sup> <sub>-170</sub>	29,7 <sup>+35,5</sup> <sub>-33,9</sub>	30,7 <sup>+36,5</sup> <sub>-34,8</sub>
2M19253372+4210501	Kepler-280 b	1334 <sup>+938</sup> <sub>-892</sub>	1258 <sup>+884</sup> <sub>-840</sub>	755,5 <sup>+2125,2</sup> <sub>-2019,2</sub>	597,3 <sup>+1678,3</sup> <sub>-1594,3</sub>
2M19253372+4210501	Kepler-280 c	1009 <sup>+453</sup> <sub>-435</sub>	951 <sup>+426</sup> <sub>-409</sub>	246,7 <sup>+443,1</sup> <sub>-425,5</sub>	195,0 <sup>+349,3</sup> <sub>-335,3</sub>
2M19360552+4551110	Kepler-31 b	771 <sup>+129</sup> <sub>-125</sub>	726 <sup>+120</sup> <sub>-115</sub>	84,3 <sup>+56,5</sup> <sub>-54,5</sub>	66,4 <sup>+43,7</sup> <sub>-42,2</sub>
2M19360552+4551110	Kepler-31 c	605 <sup>+79</sup> <sub>-78</sub>	570 <sup>+73</sup> <sub>-71</sub>	31,9 <sup>+16,8</sup> <sub>-16,4</sub>	25,1 <sup>+12,9</sup> <sub>-12,6</sub>
2M19360552+4551110	Kepler-31 d	488 <sup>+57</sup> <sub>-56</sub>	459 <sup>+51</sup> <sub>-51</sub>	13,5 <sup>+6,3</sup> <sub>-6,2</sub>	10,6 <sup>+4,8</sup> <sub>-4,7</sub>
2M19384178+4204321	Kepler-314 b	1234 <sup>+750</sup> <sub>-708</sub>	1190 <sup>+723</sup> <sub>-682</sub>	553,0 <sup>+1344,3</sup> <sub>-1269,0</sub>	477,7 <sup>+1160,9</sup> <sub>-1095,8</sub>
2M19384178+4204321	Kepler-314 c	913 <sup>+309</sup> <sub>-292</sub>	880 <sup>+297</sup> <sub>-281</sub>	165,4 <sup>+223,9</sup> <sub>-211,8</sub>	142,9 <sup>+193,2</sup> <sub>-182,7</sub>
2M19325125+4610304	Kepler-320 b	1024 <sup>+351</sup> <sub>-341</sub>	955 <sup>+326</sup> <sub>-316</sub>	262,4 <sup>+359,7</sup> <sub>-349,1</sub>	198,0 <sup>+270,4</sup> <sub>-262,4</sub>
2M19325125+4610304	Kepler-320 c	792 <sup>+221</sup> <sub>-218</sub>	739 <sup>+205</sup> <sub>-202</sub>	94,0 <sup>+105,0</sup> <sub>-103,3</sub>	70,9 <sup>+78,8</sup> <sub>-77,5</sub>
2M19253173+3807388	Kepler-323 b	1712 <sup>+1302</sup> <sub>-1229</sub>	1658 <sup>+1260</sup> <sub>-1190</sub>	2047,3 <sup>+6227,5</sup> <sub>-5879,2</sub>	1802,0 <sup>+5478,7</sup> <sub>-5172,0</sub>
2M19253173+3807388	Kepler-323 c	1336 <sup>+627</sup> <sub>-593</sub>	1294 <sup>+607</sup> <sub>-574</sub>	758,5 <sup>+1425,2</sup> <sub>-1347,9</sub>	667,7 <sup>+1252,9</sup> <sub>-1184,7</sub>
2M19371813+4600081	Kepler-326 b	1124 <sup>+743</sup> <sub>-701</sub>	1133 <sup>+748</sup> <sub>-706</sub>	380,9 <sup>+1006,3</sup> <sub>-949,2</sub>	392,9 <sup>+1037,8</sup> <sub>-978,9</sub>
2M19371813+4600081	Kepler-326 c	891 <sup>+370</sup> <sub>-349</sub>	898 <sup>+373</sup> <sub>-352</sub>	149,9 <sup>+249,2</sup> <sub>-235,1</sub>	154,7 <sup>+256,9</sup> <sub>-242,3</sub>
2M19371813+4600081	Kepler-326 d	783 <sup>+252</sup> <sub>-238</sub>	789 <sup>+254</sup> <sub>-239</sub>	89,5 <sup>+115,3</sup> <sub>-108,8</sub>	92,4 <sup>+118,8</sup> <sub>-112,1</sub>
2M19272023+3918264	Kepler-331 b	526 <sup>+174</sup> <sub>-165</sub>	553 <sup>+182</sup> <sub>-172</sub>	18,2 <sup>+24,2</sup> <sub>-22,9</sub>	22,2 <sup>+29,2</sup> <sub>-27,6</sub>
2M19272023+3918264	Kepler-331 c	414 <sup>+88</sup> <sub>-83</sub>	435 <sup>+90</sup> <sub>-85</sub>	7,0 <sup>+5,9</sup> <sub>-5,6</sub>	8,5 <sup>+7,1</sup> <sub>-6,7</sub>
2M19272023+3918264	Kepler-331 d	336 <sup>+50</sup> <sub>-48</sub>	353 <sup>+50</sup> <sub>-48</sub>	3,0 <sup>+1,8</sup> <sub>-1,7</sub>	3,7 <sup>+2,1</sup> <sub>-2,0</sub>
2M19290865+4054489	Kepler-333 b	463 <sup>+116</sup> <sub>-110</sub>	482 <sup>+119</sup> <sub>-113</sub>	11,0 <sup>+11,0</sup> <sub>-10,4</sub>	12,9 <sup>+12,7</sup> <sub>-12,0</sub>
2M19290865+4054489	Kepler-333 c	372 <sup>+63</sup> <sub>-60</sub>	387 <sup>+63</sup> <sub>-60</sub>	4,6 <sup>+3,1</sup> <sub>-2,9</sub>	5,3 <sup>+3,5</sup> <sub>-3,3</sub>
2M19441543+4525430	Kepler-335 b	1286 <sup>+382</sup> <sub>-363</sub>	1289 <sup>+383</sup> <sub>-363</sub>	651,2 <sup>+774,9</sup> <sub>-735,6</sub>	658,8 <sup>+782,7</sup> <sub>-742,8</sub>
2M19441543+4525430	Kepler-335 c	590 <sup>+67</sup> <sub>-66</sub>	592 <sup>+66</sup> <sub>-65</sub>	28,9 <sup>+13,1</sup> <sub>-12,9</sub>	29,2 <sup>+13,1</sup> <sub>-12,9</sub>
2M18515494+4047036	Kepler-338 b	1006 <sup>+183</sup> <sub>-173</sub>	989 <sup>+180</sup> <sub>-170</sub>	244,2 <sup>+178,1</sup> <sub>-168,2</sub>	228,3 <sup>+166,2</sup> <sub>-156,9</sub>
2M18515494+4047036	Kepler-338 c	830 <sup>+104</sup> <sub>-98</sub>	816 <sup>+102</sup> <sub>-97</sub>	113,0 <sup>+56,7</sup> <sub>-53,7</sub>	105,6 <sup>+52,9</sup> <sub>-50,0</sub>
2M18515494+4047036	Kepler-338 d	679 <sup>+59</sup> <sub>-56</sub>	667 <sup>+57</sup> <sub>-54</sub>	50,6 <sup>+17,5</sup> <sub>-16,6</sub>	47,3 <sup>+16,2</sup> <sub>-15,4</sub>
2M19304273+4643361	Kepler-342 b	922 <sup>+173</sup> <sub>-166</sub>	911 <sup>+171</sup> <sub>-163</sub>	172,1 <sup>+129,3</sup> <sub>-123,6</sub>	164,1 <sup>+122,9</sup> <sub>-117,5</sub>

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 14...

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (APO)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (NASA)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (APO)
2M19304273+4643361	Kepler-342 c	767 <sup>+111</sup> <sub>-108</sub>	758 <sup>+110</sup> <sub>-106</sub>	82, 4 <sup>+47,9</sup> <sub>-46,2</sub>	78, 6 <sup>+45,4</sup> <sub>-43,8</sub>
2M19304273+4643361	Kepler-342 d	670 <sup>+84</sup> <sub>-82</sub>	662 <sup>+82</sup> <sub>-80</sub>	48, 1 <sup>+24,1</sup> <sub>-23,5</sub>	45, 9 <sup>+22,9</sup> <sub>-22,2</sub>
2M19275056+4225588	Kepler-343 b	1031 <sup>+265</sup> <sub>-252</sub>	1015 <sup>+260</sup> <sub>-248</sub>	269, 4 <sup>+277,0</sup> <sub>-263,3</sub>	252, 8 <sup>+259,6</sup> <sub>-246,7</sub>
2M19275056+4225588	Kepler-343 c	748 <sup>+117</sup> <sub>-113</sub>	737 <sup>+115</sup> <sub>-111</sub>	74, 8 <sup>+46,9</sup> <sub>-45,2</sub>	70, 2 <sup>+43,8</sup> <sub>-42,2</sub>
2M19295991+4619278	Kepler-344 b	644 <sup>+174</sup> <sub>-171</sub>	592 <sup>+159</sup> <sub>-156</sub>	40, 9 <sup>+44,2</sup> <sub>-43,6</sub>	29, 3 <sup>+31,4</sup> <sub>-31,0</sub>
2M19295991+4619278	Kepler-344 c	360 <sup>+85</sup> <sub>-85</sub>	332 <sup>+78</sup> <sub>-77</sub>	4, 0 <sup>+3,8</sup> <sub>-3,8</sub>	2, 9 <sup>+2,7</sup> <sub>-2,7</sub>
2M19405491+4558156	Kepler-345 b	608 <sup>+195</sup> <sub>-184</sub>	608 <sup>+195</sup> <sub>-184</sub>	32, 6 <sup>+41,9</sup> <sub>-39,5</sub>	32, 6 <sup>+41,8</sup> <sub>-39,5</sub>
2M19405491+4558156	Kepler-345 c	563 <sup>+155</sup> <sub>-147</sub>	563 <sup>+155</sup> <sub>-146</sub>	23, 9 <sup>+26,4</sup> <sub>-25,0</sub>	23, 9 <sup>+26,4</sup> <sub>-24,9</sub>
2M19344235+4436560	Kepler-349 b	992 <sup>+374</sup> <sub>-358</sub>	938 <sup>+352</sup> <sub>-337</sub>	231, 1 <sup>+348,3</sup> <sub>-333,7</sub>	184, 5 <sup>+277,1</sup> <sub>-265,3</sub>
2M19344235+4436560	Kepler-349 c	781 <sup>+217</sup> <sub>-210</sub>	738 <sup>+203</sup> <sub>-197</sub>	88, 6 <sup>+98,3</sup> <sub>-95,4</sub>	70, 7 <sup>+77,9</sup> <sub>-75,6</sub>
2M19294105+3740581	Kepler-356 b	1305 <sup>+498</sup> <sub>-471</sub>	1273 <sup>+485</sup> <sub>-459</sub>	691, 1 <sup>+1054,5</sup> <sub>-998,0</sub>	625, 4 <sup>+953,6</sup> <sub>-902,4</sub>
2M19294105+3740581	Kepler-356 c	919 <sup>+188</sup> <sub>-180</sub>	896 <sup>+183</sup> <sub>-175</sub>	169, 8 <sup>+139,3</sup> <sub>-133,0</sub>	153, 6 <sup>+125,8</sup> <sub>-120,1</sub>
2M19250004+4913545	Kepler-36 b	979 <sup>+14</sup> <sub>-14</sub>	988 <sup>+12</sup> <sub>-12</sub>	218, 9 <sup>+12,5</sup> <sub>-12,5</sub>	227, 4 <sup>+11,2</sup> <sub>-11,2</sub>
2M19250004+4913545	Kepler-36 c	928 <sup>+13</sup> <sub>-13</sub>	937 <sup>+11</sup> <sub>-11</sub>	176, 8 <sup>+10,0</sup> <sub>-10,0</sub>	183, 7 <sup>+8,9</sup> <sub>-8,9</sub>
2M19491018+4958538	Kepler-367 b	384 <sup>+43</sup> <sub>-40</sub>	389 <sup>+43</sup> <sub>-40</sub>	5, 2 <sup>+2,3</sup> <sub>-2,2</sub>	5, 5 <sup>+2,4</sup> <sub>-2,3</sub>
2M19491018+4958538	Kepler-367 c	343 <sup>+31</sup> <sub>-30</sub>	347 <sup>+31</sup> <sub>-29</sub>	3, 3 <sup>+1,2</sup> <sub>-1,1</sub>	3, 4 <sup>+1,2</sup> <sub>-1,2</sub>
2M19284107+4054587	Kepler-370 b	1052 <sup>+480</sup> <sub>-460</sub>	1010 <sup>+460</sup> <sub>-441</sub>	292, 3 <sup>+533,7</sup> <sub>-511,6</sub>	247, 8 <sup>+451,3</sup> <sub>-432,5</sub>
2M19284107+4054587	Kepler-370 c	654 <sup>+183</sup> <sub>-180</sub>	627 <sup>+174</sup> <sub>-171</sub>	43, 5 <sup>+48,7</sup> <sub>-47,9</sub>	36, 9 <sup>+41,0</sup> <sub>-40,3</sub>
2M19291835+3839273	Kepler-371 b	555 <sup>+92</sup> <sub>-90</sub>	564 <sup>+93</sup> <sub>-91</sub>	22, 7 <sup>+15,1</sup> <sub>-14,8</sub>	24, 1 <sup>+15,9</sup> <sub>-15,5</sub>
2M19291835+3839273	Kepler-371 c	444 <sup>+65</sup> <sub>-64</sub>	451 <sup>+65</sup> <sub>-64</sub>	9, 3 <sup>+5,4</sup> <sub>-5,3</sub>	9, 8 <sup>+5,6</sup> <sub>-5,6</sub>
2M19363310+4222138	Kepler-374 b	1475 <sup>+1140</sup> <sub>-1083</sub>	1390 <sup>+1074</sup> <sub>-1020</sub>	1127, 5 <sup>+3486,0</sup> <sub>-3310,6</sub>	890, 4 <sup>+2750,7</sup> <sub>-2612,0</sub>
2M19363310+4222138	Kepler-374 c	1225 <sup>+694</sup> <sub>-663</sub>	1155 <sup>+653</sup> <sub>-624</sub>	537, 5 <sup>+1216,9</sup> <sub>-1162,6</sub>	424, 5 <sup>+959,5</sup> <sub>-916,6</sub>
2M19363310+4222138	Kepler-374 d	1061 <sup>+486</sup> <sub>-468</sub>	1000 <sup>+457</sup> <sub>-440</sub>	302, 4 <sup>+554,1</sup> <sub>-532,9</sub>	238, 8 <sup>+436,5</sup> <sub>-419,7</sub>
2M19262571+3824374	Kepler-376 b	1182 <sup>+453</sup> <sub>-429</sub>	1183 <sup>+453</sup> <sub>-429</sub>	465, 9 <sup>+714,3</sup> <sub>-676,4</sub>	466, 2 <sup>+714,2</sup> <sub>-676,3</sub>
2M19262571+3824374	Kepler-376 c	832 <sup>+174</sup> <sub>-166</sub>	833 <sup>+173</sup> <sub>-166</sub>	114, 5 <sup>+95,5</sup> <sub>-91,3</sub>	114, 5 <sup>+95,3</sup> <sub>-91,1</sub>
2M19394766+4626191	Kepler-378 b	502 <sup>+96</sup> <sub>-91</sub>	503 <sup>+96</sup> <sub>-91</sub>	15, 2 <sup>+11,6</sup> <sub>-11,0</sub>	15, 3 <sup>+11,7</sup> <sub>-11,0</sub>
2M19394766+4626191	Kepler-378 c	412 <sup>+55</sup> <sub>-52</sub>	413 <sup>+54</sup> <sub>-51</sub>	6, 9 <sup>+3,7</sup> <sub>-3,5</sub>	7, 0 <sup>+3,7</sup> <sub>-3,5</sub>
2M19004386+4349519	Kepler-381 b	1322 <sup>+448</sup> <sub>-425</sub>	1359 <sup>+460</sup> <sub>-437</sub>	727, 2 <sup>+986,2</sup> <sub>-936,4</sub>	813, 3 <sup>+1102,0</sup> <sub>-1046,3</sub>
2M19004386+4349519	Kepler-381 c	993 <sup>+211</sup> <sub>-203</sub>	1021 <sup>+217</sup> <sub>-208</sub>	231, 4 <sup>+196,9</sup> <sub>-188,9</sub>	258, 8 <sup>+219,7</sup> <sub>-210,7</sub>
2M19252222+3821472	Kepler-383 b	551 <sup>+167</sup> <sub>-162</sub>	534 <sup>+160</sup> <sub>-155</sub>	22, 0 <sup>+26,6</sup> <sub>-25,8</sub>	19, 4 <sup>+23,3</sup> <sub>-22,6</sub>
2M19252222+3821472	Kepler-383 c	409 <sup>+98</sup> <sub>-97</sub>	397 <sup>+94</sup> <sub>-92</sub>	6, 7 <sup>+6,4</sup> <sub>-6,3</sub>	5, 9 <sup>+5,6</sup> <sub>-5,5</sub>
2M19263090+4112309	Kepler-390 b	788 <sup>+258</sup> <sub>-243</sub>	784 <sup>+256</sup> <sub>-241</sub>	92, 0 <sup>+120,3</sup> <sub>-113,6</sub>	89, 9 <sup>+117,4</sup> <sub>-110,8</sub>
2M19263090+4112309	Kepler-390 c	632 <sup>+134</sup> <sub>-127</sub>	629 <sup>+133</sup> <sub>-126</sub>	38, 1 <sup>+32,4</sup> <sub>-30,6</sub>	37, 3 <sup>+31,5</sup> <sub>-29,8</sub>
2M19255247+4020378	Kepler-398 b	737 <sup>+354</sup> <sub>-334</sub>	745 <sup>+358</sup> <sub>-337</sub>	70, 3 <sup>+135,2</sup> <sub>-127,5</sub>	73, 3 <sup>+140,8</sup> <sub>-132,8</sub>
2M19255247+4020378	Kepler-398 c	524 <sup>+128</sup> <sub>-121</sub>	530 <sup>+129</sup> <sub>-122</sub>	18, 0 <sup>+17,6</sup> <sub>-16,6</sub>	18, 7 <sup>+18,3</sup> <sub>-17,3</sub>
2M19022767+5008087	Kepler-4 b	1475 <sup>+48</sup> <sub>-52</sub>	1430 <sup>+39</sup> <sub>-43</sub>	1127, 3 <sup>+147,4</sup> <sub>-158,7</sub>	997, 8 <sup>+107,6</sup> <sub>-119,4</sub>
2M19380317+4558539	Kepler-41 b	1634 <sup>+33</sup> <sub>-33</sub>	1596 <sup>+21</sup> <sub>-21</sub>	1697, 2 <sup>+136,5</sup> <sub>-136,5</sub>	1545, 6 <sup>+83,2</sup> <sub>-83,2</sub>
2M18523616+4508233	Kepler-410 A b	917 <sup>+19</sup> <sub>-27</sub>	917 <sup>+19</sup> <sub>-19</sub>	168, 5 <sup>+20,0</sup> <sub>-20,0</sub>	168, 5 <sup>+14,2</sup> <sub>-14,2</sub>
2M19102533+4931237	Kepler-411 b	999 <sup>+47</sup> <sub>-41</sub>	970 <sup>+46</sup> <sub>-40</sub>	237, 4 <sup>+44,8</sup> <sub>-39,4</sub>	211, 1 <sup>+40,0</sup> <sub>-35,0</sub>
2M18503111+4619240	Kepler-422 b	1023 <sup>+86</sup> <sub>-81</sub>	985 <sup>+82</sup> <sub>-77</sub>	261, 0 <sup>+87,6</sup> <sub>-82,6</sub>	224, 5 <sup>+74,7</sup> <sub>-70,3</sub>
2M19312537+4623282	Kepler-423 b	1261 <sup>+33</sup> <sub>-38</sub>	1265 <sup>+30</sup> <sub>-35</sub>	602, 1 <sup>+63,9</sup> <sub>-72,4</sub>	610, 9 <sup>+58,7</sup> <sub>-68,1</sub>
2M18442696+4313400	Kepler-431 b	1030 <sup>+316</sup> <sub>-290</sub>	1025 <sup>+314</sup> <sub>-289</sub>	268, 0 <sup>+328,5</sup> <sub>-301,9</sub>	263, 1 <sup>+322,4</sup> <sub>-296,3</sub>
2M18442696+4313400	Kepler-431 c	949 <sup>+251</sup> <sub>-228</sub>	944 <sup>+249</sup> <sub>-227</sub>	193, 1 <sup>+204,1</sup> <sub>-185,9</sub>	189, 6 <sup>+200,3</sup> <sub>-182,4</sub>

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 14...

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (APO)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (NASA)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊕</sub> ] (APO)
2M18442696+4313400	Kepler-431 d	854 <sup>+188</sup> <sub>-169</sub>	850 <sup>+187</sup> <sub>-168</sub>	126, 8 <sup>+111,8</sup> <sub>-100,2</sub>	124, 6 <sup>+109,7</sup> <sub>-98,3</sub>
2M19330772+4817092	Kepler-432 b	808 <sup>+28</sup> <sub>-21</sub>	798 <sup>+26</sup> <sub>-18</sub>	101, 6 <sup>+13,9</sup> <sub>-10,6</sub>	96, 6 <sup>+12,4</sup> <sub>-8,9</sub>
2M19342073+4255440	Kepler-434 b	915 <sup>+47</sup> <sub>-47</sub>	877 <sup>+44</sup> <sub>-44</sub>	166, 9 <sup>+34,3</sup> <sub>-34,3</sub>	141, 1 <sup>+28,0</sup> <sub>-28,0</sub>
2M19290895+4311502	Kepler-435 b	1579 <sup>+79</sup> <sub>-79</sub>	1526 <sup>+74</sup> <sub>-74</sub>	1482, 1 <sup>+296,8</sup> <sub>-296,8</sub>	1292, 9 <sup>+250,4</sup> <sub>-250,4</sub>
2M19010446+4833360	Kepler-447 b	894 <sup>+89</sup> <sub>-94</sub>	883 <sup>+88</sup> <sub>-92</sub>	152, 3 <sup>+60,7</sup> <sub>-63,8</sub>	144, 9 <sup>+57,7</sup> <sub>-60,5</sub>
2M19411149+4655136	Kepler-47 b	447 <sup>+10</sup> <sub>-10</sub>	442 <sup>+7</sup> <sub>-7</sub>	9, 5 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,8</sub>	9, 1 <sup>+0,6</sup> <sub>-0,6</sub>
2M19411149+4655136	Kepler-47 c	244 <sup>+5</sup> <sub>-5</sub>	242 <sup>+4</sup> <sub>-4</sub>	0, 9 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,1</sub>	0, 8 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,1</sub>
2M19562938+4152003	Kepler-539 b	354 <sup>+7</sup> <sub>-7</sub>	343 <sup>+5</sup> <sub>-5</sub>	3, 7 <sup>+0,3</sup> <sub>-0,3</sub>	3, 3 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,2</sub>
2M19562938+4152003	Kepler-539 c	161 <sup>+17</sup> <sub>-17</sub>	155 <sup>+16</sup> <sub>-17</sub>	0, 2 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,1</sub>	0, 1 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,1</sub>
2M19350200+4152187	Kepler-56 b	1368 <sup>+44</sup> <sub>-44</sub>	1354 <sup>+37</sup> <sub>-37</sub>	833, 6 <sup>+107,5</sup> <sub>-107,5</sub>	799, 9 <sup>+87,5</sup> <sub>-87,5</sub>
2M19350200+4152187	Kepler-56 c	1079 <sup>+35</sup> <sub>-35</sub>	1068 <sup>+29</sup> <sub>-29</sub>	322, 8 <sup>+41,5</sup> <sub>-41,5</sub>	309, 7 <sup>+33,8</sup> <sub>-33,8</sub>
2M19350200+4152187	Kepler-56 d	298 <sup>+10</sup> <sub>-10</sub>	295 <sup>+8</sup> <sub>-8</sub>	1, 9 <sup>+0,3</sup> <sub>-0,3</sub>	1, 8 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,2</sub>
2M19144528+4109042	Kepler-65 b	1736 <sup>+56</sup> <sub>-36</sub>	1735 <sup>+55</sup> <sub>-34</sub>	2166, 9 <sup>+279,9</sup> <sub>-179,8</sub>	2158, 5 <sup>+272,3</sup> <sub>-168,8</sub>
2M19144528+4109042	Kepler-65 c	1246 <sup>+41</sup> <sub>-26</sub>	1245 <sup>+40</sup> <sub>-25</sub>	574, 1 <sup>+75,9</sup> <sub>-48,3</sub>	571, 8 <sup>+73,9</sup> <sub>-45,4</sub>
2M19144528+4109042	Kepler-65 d	1121 <sup>+43</sup> <sub>-22</sub>	1120 <sup>+43</sup> <sub>-20</sub>	376, 2 <sup>+58,3</sup> <sub>-28,9</sub>	374, 8 <sup>+57,2</sup> <sub>-26,8</sub>
2M19355557+4641158	Kepler-66 b	703 <sup>+18</sup> <sub>-18</sub>	677 <sup>+16</sup> <sub>-16</sub>	58, 4 <sup>+5,9</sup> <sub>-5,9</sub>	50, 2 <sup>+4,7</sup> <sub>-4,7</sub>
2M19330262+4452080	Kepler-69 b	781 <sup>+124</sup> <sub>-87</sub>	792 <sup>+124</sup> <sub>-85</sub>	88, 7 <sup>+56,4</sup> <sub>-39,4</sub>	93, 8 <sup>+58,6</sup> <sub>-40,2</sub>
2M19330262+4452080	Kepler-69 c	299 <sup>+46</sup> <sub>-33</sub>	304 <sup>+46</sup> <sub>-33</sub>	1, 9 <sup>+1,2</sup> <sub>-0,9</sub>	2, 0 <sup>+1,2</sup> <sub>-0,9</sub>
2M19322220+4121198	Kepler-74 b	1001 <sup>+25</sup> <sub>-25</sub>	966 <sup>+20</sup> <sub>-20</sub>	239, 1 <sup>+23,8</sup> <sub>-23,8</sub>	207, 9 <sup>+16,9</sup> <sub>-16,9</sub>
2M19364610+3937084	Kepler-76 b	1959 <sup>+97</sup> <sub>-95</sub>	1865 <sup>+90</sup> <sub>-87</sub>	3513, 2 <sup>+698,4</sup> <sub>-679,8</sub>	2884, 2 <sup>+555,4</sup> <sub>-539,6</sub>
2M19343286+4249298	Kepler-81 d	426 <sup>+72</sup> <sub>-68</sub>	418 <sup>+70</sup> <sub>-66</sub>	7, 8 <sup>+5,3</sup> <sub>-5,0</sub>	7, 3 <sup>+4,9</sup> <sub>-4,6</sub>
2M19312961+4257580	Kepler-82 d	1257 <sup>+786</sup> <sub>-742</sub>	1222 <sup>+764</sup> <sub>-721</sub>	595, 3 <sup>+1489,4</sup> <sub>-1405,9</sub>	530, 7 <sup>+1327,2</sup> <sub>-1252,8</sub>
2M19312961+4257580	Kepler-82 e	924 <sup>+317</sup> <sub>-300</sub>	897 <sup>+308</sup> <sub>-291</sub>	173, 4 <sup>+238,4</sup> <sub>-225,5</sub>	154, 6 <sup>+212,3</sup> <sub>-200,8</sub>
2M19024148+4407002	Kepler-91 b	1861 <sup>+58</sup> <sub>-55</sub>	1888 <sup>+54</sup> <sub>-51</sub>	2856, 2 <sup>+356,5</sup> <sub>-339,4</sub>	3031, 0 <sup>+347</sup> <sub>-327,1</sub>
2M21101237+1044197	MASCARA-1 b	2325 <sup>+181</sup> <sub>-181</sub>	2322 <sup>+175</sup> <sub>-175</sub>	6967, 9 <sup>+2166,5</sup> <sub>-2166,5</sub>	6930, 7 <sup>+2091,5</sup> <sub>-2091,5</sub>
2M04355524+1630331	alf Tau b	993 <sup>+93</sup> <sub>-93</sub>	963 <sup>+90</sup> <sub>-90</sub>	231, 5 <sup>+87,1</sup> <sub>-87,1</sub>	205, 0 <sup>+76,6</sup> <sub>-76,6</sub>
2M09524585+2600248	mu Leo b	644 <sup>+30</sup> <sub>-30</sub>	645 <sup>+31</sup> <sub>-31</sub>	40, 9 <sup>+7,6</sup> <sub>-7,6</sub>	41, 3 <sup>+7,9</sup> <sub>-7,9</sub>

# ANEXO D – Dados de Exoplanetas da Amostra que Orbitam Estrelas Anãs M

Tabela 15 – Dados exoplanetários de raio, massa, densidade e semieixo maior utilizados nas análises de exoplanetas de estrelas anãs M da amostra. Os valores de dimensão abaixo da terceira casa decimal estão representados como zero na tabela.

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	R <sub>p</sub> [R <sub>J</sub> ] (NASA)	R <sub>p</sub> [R <sub>J</sub> ] (Spec)	m <sub>p</sub> [M <sub>J</sub> ] (NASA)	ρ <sub>p</sub> [ρ <sub>⊕</sub> ] (Spec)	SMA [UA] (NASA)
2M07272450+0513329	GJ 273 b	-	-	0,009 <sup>+0,001</sup> <sub>-0,001</sub> <sup>1</sup>	-	0,091 <sup>+0,000</sup> <sub>-0,000</sub>
2M07272450+0513329	GJ 273 c	-	-	0,004 <sup>+0,001</sup> <sub>-0,001</sub> <sup>1</sup>	-	0,036 <sup>+0,000</sup> <sub>-0,000</sub>
2M16252459+5418148	GJ 625 b	-	-	0,009 <sup>+0,002</sup> <sub>-0,002</sub> <sup>1</sup>	-	0,078 <sup>+0,000</sup> <sub>-0,000</sub>
2M17362594+6820220	GJ 687 b	-	-	0,060 <sup>+0,010</sup> <sub>-0,010</sub> <sup>1</sup>	-	0,170 <sup>+0,010</sup> <sub>-0,010</sub>
2M04125232+2412185	K2-91 b	0,098 <sup>+0,016</sup> <sub>-0,016</sub>	0,116 <sup>+0,049</sup> <sub>-0,049</sub>	-	-	0,016 <sup>+0,001</sup> <sub>-0,001</sub>
2M19034293+3831155	Kepler-1308 b	0,046 <sup>+0,005</sup> <sub>-0,004</sub>	0,075 <sup>+0,027</sup> <sub>-0,027</sub>	-	-	0,023 <sup>+0,001</sup> <sub>-0,001</sub>
2M19342609+4211516	Kepler-1351 b	0,058 <sup>+0,004</sup> <sub>-0,004</sub>	0,058 <sup>+0,019</sup> <sub>-0,019</sub>	-	-	0,016 <sup>+0,000</sup> <sub>-0,000</sub>
2M19213157+4317347	Kepler-138 b	0,047 <sup>+0,003</sup> <sub>-0,003</sub>	0,057 <sup>+0,019</sup> <sub>-0,019</sub>	0,000 <sup>+0,000</sup> <sub>-0,000</sub>	0,274 <sup>+0,373</sup> <sub>-0,320</sub>	0,075 <sup>+0,003</sup> <sub>-0,003</sub>
2M19213157+4317347	Kepler-138 c	0,107 <sup>+0,006</sup> <sub>-0,006</sub>	0,135 <sup>+0,046</sup> <sub>-0,046</sub>	0,006 <sup>+0,006</sup> <sub>-0,004</sub>	0,605 <sup>+0,851</sup> <sub>-0,705</sub>	0,091 <sup>+0,003</sup> <sub>-0,003</sub>
2M19213157+4317347	Kepler-138 d	0,108 <sup>+0,007</sup> <sub>-0,007</sub>	0,123 <sup>+0,042</sup> <sub>-0,042</sub>	0,002 <sup>+0,002</sup> <sub>-0,001</sub>	0,261 <sup>+0,382</sup> <sub>-0,309</sub>	0,128 <sup>+0,004</sup> <sub>-0,004</sub>
2M19220244+3844367	Kepler-1410 b	0,159 <sup>+0,011</sup> <sub>-0,012</sub>	0,125 <sup>+0,047</sup> <sub>-0,047</sub>	-	-	0,260 <sup>+0,006</sup> <sub>-0,006</sub>
2M19170588+4428129	Kepler-1512 b	0,105 <sup>+0,006</sup> <sub>-0,010</sub>	0,145 <sup>+0,040</sup> <sub>-0,040</sub>	-	-	0,131 <sup>+0,004</sup> <sub>-0,004</sub>
2M19301917+3722350	Kepler-1624 b	0,509 <sup>+0,035</sup> <sub>-0,041</sub>	0,685 <sup>+0,225</sup> <sub>-0,225</sub>	-	-	0,034 <sup>+0,001</sup> <sub>-0,001</sub>
2M18543080+4823277	Kepler-1651 b	0,164 <sup>+0,010</sup> <sub>-0,010</sub>	0,186 <sup>+0,067</sup> <sub>-0,067</sub>	-	-	0,075 <sup>+0,002</sup> <sub>-0,002</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 b	0,095 <sup>+0,011</sup> <sub>-0,011</sub>	0,113 <sup>+0,038</sup> <sub>-0,038</sub>	-	-	0,034 <sup>+0,005</sup> <sub>-0,005</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 c	0,112 <sup>+0,012</sup> <sub>-0,012</sub>	0,134 <sup>+0,045</sup> <sub>-0,045</sub>	-	-	0,045 <sup>+0,007</sup> <sub>-0,007</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 d	0,125 <sup>+0,014</sup> <sub>-0,014</sub>	0,147 <sup>+0,050</sup> <sub>-0,050</sub>	-	-	0,078 <sup>+0,010</sup> <sub>-0,010</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 e	0,113 <sup>+0,013</sup> <sub>-0,012</sub>	0,133 <sup>+0,045</sup> <sub>-0,045</sub>	-	-	0,110 <sup>+0,015</sup> <sub>-0,015</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 f	0,104 <sup>+0,007</sup> <sub>-0,007</sub>	0,110 <sup>+0,037</sup> <sub>-0,037</sub>	-	-	0,432 <sup>+0,171</sup> <sub>-0,053</sub>
2M19010890+4151402	Kepler-205 b	0,135 <sup>+0,012</sup> <sub>-0,012</sub>	0,130 <sup>+0,042</sup> <sub>-0,042</sub>	-	-	0,032 <sup>+0,042</sup> <sub>-0,040</sub>
2M19010890+4151402	Kepler-205 c	0,146 <sup>+0,011</sup> <sub>-0,011</sub>	0,149 <sup>+0,048</sup> <sub>-0,048</sub>	-	-	0,122 <sup>+0,042</sup> <sub>-0,040</sub>
2M18523251+4339253	Kepler-303 b	0,079 <sup>+0,004</sup> <sub>-0,004</sub>	0,089 <sup>+0,031</sup> <sub>-0,031</sub>	-	-	0,024 <sup>+0,042</sup> <sub>-0,040</sub>
2M18523251+4339253	Kepler-303 c	0,102 <sup>+0,008</sup> <sub>-0,008</sub>	0,107 <sup>+0,037</sup> <sub>-0,037</sub>	-	-	0,057 <sup>+0,042</sup> <sub>-0,040</sub>
2M19340266+4508117	Kepler-395 b	0,092 <sup>+0,007</sup> <sub>-0,007</sub>	0,118 <sup>+0,037</sup> <sub>-0,037</sub>	-	-	0,061 <sup>+0,042</sup> <sub>-0,040</sub>
2M19340266+4508117	Kepler-395 c	0,118 <sup>+0,008</sup> <sub>-0,008</sub>	0,147 <sup>+0,046</sup> <sub>-0,046</sub>	-	-	0,177 <sup>+0,042</sup> <sub>-0,040</sub>
2M19312949+4103513	Kepler-45 b	0,960 <sup>+0,110</sup> <sub>-0,110</sub>	1,066 <sup>+0,335</sup> <sub>-0,335</sub>	0,505 <sup>+0,090</sup> <sub>-0,090</sub>	0,100 <sup>+0,096</sup> <sub>-0,096</sub>	0,030 <sup>+0,042</sup> <sub>-0,040</sub>
2M18545777+4730586	Kepler-617 b	0,118 <sup>+0,006</sup> <sub>-0,006</sub>	0,142 <sup>+0,048</sup> <sub>-0,048</sub>	-	-	0,022 <sup>+0,000</sup> <sub>-0,000</sub>
2M19264619+3834224	Kepler-787 b	0,114 <sup>+0,005</sup> <sub>-0,006</sub>	0,135 <sup>+0,040</sup> <sub>-0,040</sub>	-	-	0,016 <sup>+0,000</sup> <sub>-0,000</sub>
2M11474440+0048164	Ross 128 b	-	-	0,004 <sup>+0,001</sup> <sub>-0,001</sub> <sup>1</sup>	-	0,050 <sup>+0,002</sup> <sub>-0,002</sub>

<sup>1</sup>  $m_p \sin i$



Tabela 16 – Dados exoplanetários de temperatura de equilíbrio utilizados nas análises de exoplanetas de estrelas anãs M da amostra.

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (NASA)	T <sub>eq</sub> [K] (APO)	T <sub>eq</sub> [K] (Cal)	T <sub>eq</sub> [K] (Spec)
2M07272450+0513329	GJ 273 b	266 <sup>+14</sup> <sub>-14</sub>	262 <sup>+14</sup> <sub>-14</sub>	271 <sup>+9</sup> <sub>-9</sub>	274 <sup>+10</sup> <sub>-10</sub>
2M07272450+0513329	GJ 273 c	420 <sup>+23</sup> <sub>-23</sub>	414 <sup>+22</sup> <sub>-22</sub>	428 <sup>+15</sup> <sub>-15</sub>	434 <sup>+16</sup> <sub>-16</sub>
2M16252459+5418148	GJ 625 b	307 <sup>+30</sup> <sub>-30</sub>	312 <sup>+31</sup> <sub>-31</sub>	315 <sup>+11</sup> <sub>-11</sub>	315 <sup>+12</sup> <sub>-12</sub>
2M17362594+6820220	GJ 687 b	234 <sup>+13</sup> <sub>-13</sub>	244 <sup>+12</sup> <sub>-12</sub>	217 <sup>+10</sup> <sub>-10</sub>	231 <sup>+11</sup> <sub>-11</sub>
2M04125232+2412185	K2-91 b	659 <sup>+55</sup> <sub>-55</sub>	633 <sup>+51</sup> <sub>-51</sub>	657 <sup>+31</sup> <sub>-31</sub>	676 <sup>+34</sup> <sub>-34</sub>
2M19034293+3831155	Kepler-1308 b	592 <sup>+29</sup> <sub>-29</sub>	623 <sup>+31</sup> <sub>-31</sub>	696 <sup>+27</sup> <sub>-27</sub>	729 <sup>+30</sup> <sub>-30</sub>
2M19342609+4211516	Kepler-1351 b	1250 <sup>+38</sup> <sub>-44</sub>	1203 <sup>+32</sup> <sub>-40</sub>	1096 <sup>+37</sup> <sub>-37</sub>	1089 <sup>+39</sup> <sub>-39</sub>
2M19213157+4317347	Kepler-138 b	411 <sup>+13</sup> <sub>-13</sub>	415 <sup>+13</sup> <sub>-13</sub>	444 <sup>+17</sup> <sub>-17</sub>	450 <sup>+18</sup> <sub>-18</sub>
2M19213157+4317347	Kepler-138 c	372 <sup>+11</sup> <sub>-11</sub>	375 <sup>+12</sup> <sub>-12</sub>	402 <sup>+15</sup> <sub>-15</sub>	407 <sup>+16</sup> <sub>-16</sub>
2M19213157+4317347	Kepler-138 d	314 <sup>+10</sup> <sub>-10</sub>	317 <sup>+10</sup> <sub>-10</sub>	339 <sup>+12</sup> <sub>-12</sub>	344 <sup>+13</sup> <sub>-13</sub>
2M19220244+3844367	Kepler-1410 b	274 <sup>+10</sup> <sub>-11</sub>	267 <sup>+8</sup> <sub>-10</sub>	217 <sup>+8</sup> <sub>-8</sub>	227 <sup>+8</sup> <sub>-8</sub>
2M19170588+4428129	Kepler-1512 b	435 <sup>+11</sup> <sub>-21</sub>	420 <sup>+10</sup> <sub>-20</sub>	450 <sup>+16</sup> <sub>-16</sub>	459 <sup>+17</sup> <sub>-17</sub>
2M19301917+3722350	Kepler-1624 b	592 <sup>+22</sup> <sub>-28</sub>	622 <sup>+23</sup> <sub>-29</sub>	617 <sup>+22</sup> <sub>-22</sub>	687 <sup>+26</sup> <sub>-26</sub>
2M18543080+4823277	Kepler-1651 b	422 <sup>+15</sup> <sub>-15</sub>	423 <sup>+15</sup> <sub>-15</sub>	409 <sup>+15</sup> <sub>-15</sub>	412 <sup>+16</sup> <sub>-16</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 b	644 <sup>+48</sup> <sub>-48</sub>	667 <sup>+47</sup> <sub>-47</sub>	678 <sup>+51</sup> <sub>-51</sub>	668 <sup>+51</sup> <sub>-51</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 c	562 <sup>+47</sup> <sub>-47</sub>	582 <sup>+47</sup> <sub>-47</sub>	591 <sup>+50</sup> <sub>-50</sub>	583 <sup>+50</sup> <sub>-50</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 d	427 <sup>+30</sup> <sub>-30</sub>	442 <sup>+30</sup> <sub>-30</sub>	449 <sup>+32</sup> <sub>-32</sub>	443 <sup>+32</sup> <sub>-32</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 e	360 <sup>+27</sup> <sub>-27</sub>	373 <sup>+27</sup> <sub>-27</sub>	378 <sup>+29</sup> <sub>-29</sub>	373 <sup>+29</sup> <sub>-29</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 f	181 <sup>+36</sup> <sub>-12</sub>	188 <sup>+37</sup> <sub>-12</sub>	191 <sup>+38</sup> <sub>-13</sub>	188 <sup>+38</sup> <sub>-13</sub>
2M19010890+4151402	Kepler-205 b	789 <sup>+521</sup> <sub>-491</sub>	774 <sup>+511</sup> <sub>-482</sub>	773 <sup>+511</sup> <sub>-482</sub>	788 <sup>+520</sup> <sub>-491</sub>
2M19010890+4151402	Kepler-205 c	404 <sup>+71</sup> <sub>-67</sub>	397 <sup>+69</sup> <sub>-65</sub>	396 <sup>+70</sup> <sub>-66</sub>	404 <sup>+71</sup> <sub>-67</sub>
2M18523251+4339253	Kepler-303 b	777 <sup>+684</sup> <sub>-645</sub>	791 <sup>+696</sup> <sub>-657</sub>	820 <sup>+721</sup> <sub>-680</sub>	809 <sup>+712</sup> <sub>-671</sub>
2M18523251+4339253	Kepler-303 c	504 <sup>+188</sup> <sub>-178</sub>	513 <sup>+191</sup> <sub>-180</sub>	532 <sup>+198</sup> <sub>-187</sub>	525 <sup>+195</sup> <sub>-184</sub>
2M19340266+4508117	Kepler-395 b	569 <sup>+198</sup> <sub>-186</sub>	548 <sup>+190</sup> <sub>-179</sub>	546 <sup>+190</sup> <sub>-179</sub>	569 <sup>+198</sup> <sub>-187</sub>
2M19340266+4508117	Kepler-395 c	334 <sup>+41</sup> <sub>-39</sub>	322 <sup>+39</sup> <sub>-37</sub>	321 <sup>+40</sup> <sub>-38</sub>	334 <sup>+42</sup> <sub>-39</sub>
2M19312949+4103513	Kepler-45 b	720 <sup>+512</sup> <sub>-484</sub>	746 <sup>+530</sup> <sub>-501</sub>	740 <sup>+521</sup> <sub>-492</sub>	776 <sup>+546</sup> <sub>-515</sub>
2M18545777+4730586	Kepler-617 b	762 <sup>+18</sup> <sub>-26</sub>	780 <sup>+20</sup> <sub>-27</sub>	788 <sup>+27</sup> <sub>-27</sub>	819 <sup>+30</sup> <sub>-30</sub>
2M19264619+3834224	Kepler-787 b	1160 <sup>+24</sup> <sub>-23</sub>	1174 <sup>+25</sup> <sub>-25</sub>	1151 <sup>+39</sup> <sub>-39</sub>	1204 <sup>+43</sup> <sub>-43</sub>
2M11474440+0048164	Ross 128 b	282 <sup>+10</sup> <sub>-10</sub>	284 <sup>+10</sup> <sub>-10</sub>	289 <sup>+11</sup> <sub>-11</sub>	291 <sup>+12</sup> <sub>-12</sub>

Tabela 17 – Dados exoplanetários de grau de insolação utilizados nas análises de exoplanetas de estrelas anãs M da amostra. Os valores de dimensão abaixo da primeira casa decimal estão representados como zero na tabela.

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊙</sub> ] (NASA)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊙</sub> ] (APO)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊙</sub> ] (Cal)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊙</sub> ] (Spec)
2M07272450+0513329	GJ 273 b	1, 2 <sup>+0,3</sup> <sub>-0,3</sub>	1, 1 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,2</sub>	1, 3 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,2</sub>	1, 4 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,2</sub>
2M07272450+0513329	GJ 273 c	7, 4 <sup>+1,6</sup> <sub>-1,6</sub>	7, 0 <sup>+1,5</sup> <sub>-1,5</sub>	8, 0 <sup>+1,1</sup> <sub>-1,1</sub>	8, 4 <sup>+1,2</sup> <sub>-1,2</sub>
2M16252459+5418148	GJ 625 b	2, 1 <sup>+0,8</sup> <sub>-0,8</sub>	2, 3 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,9</sub>	2, 4 <sup>+0,3</sup> <sub>-0,3</sub>	2, 4 <sup>+0,3</sup> <sub>-0,3</sub>
2M17362594+6820220	GJ 687 b	0, 7 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,2</sub>	0, 8 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,2</sub>	0, 5 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,1</sub>	0, 7 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,1</sub>

Continua na próxima página...

Continuação da Tabela 17...

Id <sub>*</sub> (2MASS)	Id <sub>p</sub> (NASA)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊙</sub> ] (NASA)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊙</sub> ] (APO)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊙</sub> ] (Cal)	S <sub>p</sub> [S <sub>⊙</sub> ] (Spec)
2M04125232+2412185	K2-91 b	45, 0 <sup>+15,1</sup> <sub>-15,1</sub>	38, 4 <sup>+12,3</sup> <sub>-12,3</sub>	44, 5 <sup>+8,5</sup> <sub>-8,5</sub>	49, 7 <sup>+9,9</sup> <sub>-9,9</sub>
2M19034293+3831155	Kepler-1308 b	29, 2 <sup>+5,7</sup> <sub>-5,7</sub>	35, 9 <sup>+7,2</sup> <sub>-7,2</sub>	55, 9 <sup>+8,6</sup> <sub>-8,6</sub>	67, 4 <sup>+11,0</sup> <sub>-11,0</sub>
2M19342609+4211516	Kepler-1351 b	582, 1 <sup>+70,4</sup> <sub>-82,8</sub>	498, 4 <sup>+53,0</sup> <sub>-66,0</sub>	343, 3 <sup>+46,2</sup> <sub>-46,2</sub>	335, 2 <sup>+48,0</sup> <sub>-48,0</sub>
2M19213157+4317347	Kepler-138 b	6, 8 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,9</sub>	7, 0 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,9</sub>	9, 3 <sup>+1,4</sup> <sub>-1,4</sub>	9, 8 <sup>+1,5</sup> <sub>-1,5</sub>
2M19213157+4317347	Kepler-138 c	4, 6 <sup>+0,6</sup> <sub>-0,6</sub>	4, 7 <sup>+0,6</sup> <sub>-0,6</sub>	6, 3 <sup>+0,9</sup> <sub>-0,9</sub>	6, 6 <sup>+1,0</sup> <sub>-1,0</sub>
2M19213157+4317347	Kepler-138 d	2, 3 <sup>+0,3</sup> <sub>-0,3</sub>	2, 4 <sup>+0,3</sup> <sub>-0,3</sub>	3, 2 <sup>+0,5</sup> <sub>-0,5</sub>	3, 3 <sup>+0,5</sup> <sub>-0,5</sub>
2M19220244+3844367	Kepler-1410 b	1, 3 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,2</sub>	1, 2 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,2</sub>	0, 5 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,1</sub>	0, 6 <sup>+0,1</sup> <sub>-0,1</sub>
2M19170588+4428129	Kepler-1512 b	8, 5 <sup>+0,8</sup> <sub>-1,7</sub>	7, 4 <sup>+0,7</sup> <sub>-1,4</sub>	9, 7 <sup>+1,4</sup> <sub>-1,4</sub>	10, 6 <sup>+1,6</sup> <sub>-1,6</sub>
2M19301917+3722350	Kepler-1624 b	29, 3 <sup>+4,4</sup> <sub>-5,5</sub>	35, 7 <sup>+5,2</sup> <sub>-6,6</sub>	34, 5 <sup>+4,9</sup> <sub>-4,9</sub>	53, 2 <sup>+7,9</sup> <sub>-7,9</sub>
2M18543080+4823277	Kepler-1651 b	7, 6 <sup>+1,1</sup> <sub>-1,1</sub>	7, 6 <sup>+1,1</sup> <sub>-1,1</sub>	6, 7 <sup>+1,0</sup> <sub>-1,0</sub>	6, 9 <sup>+1,1</sup> <sub>-1,1</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 b	41, 0 <sup>+12,1</sup> <sub>-12,1</sub>	47, 2 <sup>+13,4</sup> <sub>-13,4</sub>	50, 3 <sup>+15,0</sup> <sub>-15,0</sub>	47, 5 <sup>+14,4</sup> <sub>-14,4</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 c	23, 7 <sup>+7,9</sup> <sub>-7,9</sub>	27, 3 <sup>+8,8</sup> <sub>-8,8</sub>	29, 1 <sup>+9,8</sup> <sub>-9,8</sub>	27, 5 <sup>+9,4</sup> <sub>-9,4</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 d	7, 9 <sup>+2,2</sup> <sub>-2,2</sub>	9, 1 <sup>+2,5</sup> <sub>-2,5</sub>	9, 7 <sup>+2,8</sup> <sub>-2,8</sub>	9, 2 <sup>+2,7</sup> <sub>-2,7</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 e	4, 0 <sup>+1,2</sup> <sub>-1,2</sub>	4, 6 <sup>+1,3</sup> <sub>-1,3</sub>	4, 9 <sup>+1,5</sup> <sub>-1,5</sub>	4, 6 <sup>+1,4</sup> <sub>-1,4</sub>
2M19543665+4357180	Kepler-186 f	0, 3 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,1</sub>	0, 3 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,1</sub>	0, 3 <sup>+0,3</sup> <sub>-0,1</sub>	0, 3 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,1</sub>
2M19010890+4151402	Kepler-205 b	92, 4 <sup>+244,0</sup> <sub>-230,1</sub>	85, 7 <sup>+226,2</sup> <sub>-213,3</sub>	85, 3 <sup>+225,3</sup> <sub>-212,5</sub>	91, 9 <sup>+242,8</sup> <sub>-229,0</sub>
2M19010890+4151402	Kepler-205 c	6, 4 <sup>+4,5</sup> <sub>-4,2</sub>	5, 9 <sup>+4,1</sup> <sub>-3,9</sub>	5, 9 <sup>+4,1</sup> <sub>-3,9</sub>	6, 3 <sup>+4,5</sup> <sub>-4,2</sub>
2M18523251+4339253	Kepler-303 b	86, 8 <sup>+305,9</sup> <sub>-288,6</sub>	93, 5 <sup>+329,0</sup> <sub>-310,3</sub>	107, 5 <sup>+378,6</sup> <sub>-357,0</sub>	101, 9 <sup>+358,8</sup> <sub>-338,4</sub>
2M18523251+4339253	Kepler-303 c	15, 4 <sup>+23,0</sup> <sub>-21,7</sub>	16, 6 <sup>+24,6</sup> <sub>-23,3</sub>	19, 1 <sup>+28,3</sup> <sub>-26,7</sub>	18, 1 <sup>+26,9</sup> <sub>-25,4</sub>
2M19340266+4508117	Kepler-395 b	24, 9 <sup>+34,7</sup> <sub>-32,7</sub>	21, 5 <sup>+29,8</sup> <sub>-28,1</sub>	21, 2 <sup>+29,5</sup> <sub>-27,8</sub>	25, 1 <sup>+34,9</sup> <sub>-32,9</sub>
2M19340266+4508117	Kepler-395 c	3, 0 <sup>+1,5</sup> <sub>-1,4</sub>	2, 6 <sup>+1,2</sup> <sub>-1,2</sub>	2, 5 <sup>+1,2</sup> <sub>-1,2</sub>	3, 0 <sup>+1,5</sup> <sub>-1,4</sub>
2M19312949+4103513	Kepler-45 b	64, 2 <sup>+182,6</sup> <sub>-172,4</sub>	73, 8 <sup>+209,8</sup> <sub>-198,1</sub>	71, 5 <sup>+201,5</sup> <sub>-190,1</sub>	86, 3 <sup>+243,1</sup> <sub>-229,3</sub>
2M18545777+4730586	Kepler-617 b	80, 2 <sup>+7,8</sup> <sub>-10,8</sub>	88, 0 <sup>+9,2</sup> <sub>-12,3</sub>	91, 8 <sup>+12,6</sup> <sub>-12,6</sub>	107, 1 <sup>+15,7</sup> <sub>-15,7</sub>
2M19264619+3834224	Kepler-787 b	431, 7 <sup>+35,5</sup> <sub>-34,2</sub>	452, 9 <sup>+39,1</sup> <sub>-39,1</sub>	418, 3 <sup>+56,4</sup> <sub>-56,4</sub>	500, 1 <sup>+71,2</sup> <sub>-71,2</sub>
2M11474440+0048164	Ross 128 b	1, 5 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,2</sub>	1, 6 <sup>+0,2</sup> <sub>-0,2</sub>	1, 7 <sup>+0,3</sup> <sub>-0,3</sub>	1, 7 <sup>+0,3</sup> <sub>-0,3</sub>