

# CAÇADOR DE EX PLANETAS

UM *CHATBOT* PARA O ENSINO DE  
ASTRONOMIA NAS AULAS DE FÍSICA

**Produto Educacional**

Discente: José Carlos da Silva

Orientador: Prof. Dr. Artur Justiniano Roberto Júnior

Colaborador: João Carlos Alves Pereira

# Sumário

<b>1</b>	<b>PRODUTO EDUCACIONAL</b>	<b>1</b>
1.1	COMPETÊNCIA . . . . .	1
1.2	HABILIDADES . . . . .	1
<b>2</b>	<b>CHATBOT CAÇADOR DE EXOPLANETAS</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>UTILIZAÇÃO DO CHATBOT CAÇADOR DE EXOPLANETAS</b>	<b>2</b>
3.1	INSTALAÇÃO DO APLICATIVO <i>TELEGRAM</i> . . . . .	2
3.2	INICIANDO O <i>CHATBOT</i> . . . . .	3
<b>4</b>	<b>DETERMINANDO OS PARÂMETROS DO EXOPLANETA</b>	<b>3</b>
4.1	PERÍODO ORBITAL . . . . .	3
4.2	RAIO DA ÓRBITA . . . . .	4
4.3	RAIO DO PLANETA . . . . .	5
4.4	MASSA DO EXOPLANETA . . . . .	6
4.5	TIPO DE EXOPLANETA . . . . .	7
4.6	LIMITES DA ZONA HABITÁVEL . . . . .	7
4.7	VALORES APROXIMADOS DOS PARÂMETROS . . . . .	8
<b>5</b>	<b>UNIDADE DE ENSINO</b>	<b>9</b>
5.1	PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO . . . . .	9
5.1.1	QUESTIONÁRIO PRÉVIO . . . . .	9
5.2	SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO . . . . .	10
5.2.1	TEMA 01: SISTEMAS PLANETÁRIOS E EXOPLANETÁRIOS . . . . .	10
5.2.2	TEMA 02: AS TÉCNICAS E A FÍSICA NA DETECÇÃO DE EXOPLANETAS . . . . .	11
5.3	TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO . . . . .	13

# 1 PRODUTO EDUCACIONAL

Produto educacional é um conteúdo desenvolvido e aplicado pelo mestrando em sala de aula para que, em seguida seja descrito apresentando os resultados através de uma dissertação, ressaltando que a dissertação não faz parte do produto educacional. O produto educacional integra material (software, sequência didática, etc) que foram desenvolvidos para uso do professor em sala de aula.

Sendo assim, com este documento apresentamos o produto educacional *chatbot* denominado Caçador de exoplanetas que deu origem a dissertação de mestrado intitulada **Caçador de exoplanetas – um *chatbot* para o ensino de Astronomia nas aulas de Física** com o qual visamos colaborar com a inserção da Astronomia e melhorias nas aulas de Física. Neste sentido, averiguamos que este produto educacional está previsto nas seguinte competência e habilidades da Base Nacional Curricular Comum (BNCC).

## 1.1 COMPETÊNCIA

**Competência específica 2:** Construir e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar decisões éticas e responsáveis.

## 1.2 HABILIDADES

**(EM13CNT204X)** Elaborar explicações, previsões e realizar cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais.

**(EM13CNT210MG)** Reconhecer as leis da natureza, identificar suas ocorrências, avaliar suas aplicações em processos tecnológicos e elaborar hipóteses de procedimentos para a exploração do Cosmos e do planeta Terra.

**(EM13CNT301)** Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.

## 2 *CHATBOT* CAÇADOR DE EXOPLANETAS

*Web Robot*, também conhecidos como *chatbot*, são algoritmos desenvolvidos para simular uma interação humana em aplicativos de mensagens. A utilização desta tecnologia vem sendo amplamente utilizada por empresas com o objetivo de oferecer atendimentos rápidos proporcionando uma melhor experiência ao usuário.

Os *chatbots* possuem interação instantânea em que o usuário digita ou escolhe opções pré-determinadas e o algoritmo apresenta respostas através de mensagens de texto, imagens, arquivos, etc.

Visando a capacidade de interação do usuário com esta tecnologia, foi desenvolvido o *chatbot* **Caçador de Exoplanetas**. Este *chatbot* está implementado na plataforma do *Telegram* com uma sequência pre-determinada para estimular o estudo investigativo dos exoplaneta. Sendo assim, o *chatbot* disponibiliza gráficos confeccionados com dados coletados por missões de telescópios espaciais e terrestres. Além disso, para cada etapa, o *chatbot* disponibiliza vídeos abordando cada tema para auxiliar o estudante no processo de aprendizagem.

O *chatbots* Caçador de Exoplanetas foi desenvolvido com os seguintes objetivos:

- Estimular o senso investigativo dos estudantes perante ao tema dos exoplanetas.
- Possibilitar a interação e participação dos estudantes;
- Compreender e calcular os parâmetros físicos e orbitais dos exoplanetas;
- Implementar o uso dos *smartphones* em sala de aula;

À seguir, será apresentado o *chatbot* através de um roteiro para o professor que direciona e apresenta detalhadamente as etapas para determinar os parâmetros necessários na detecção de exoplanetas. Durante estas etapas são apresentadas as equações necessárias para determinar cada parâmetro do exoplaneta, além disso no *chatbot* é disponibilizado vídeos explicando os conceitos e como determinar cada parâmetro. Para articular os pré-requisitos necessários na utilização do *chatbot* elaboramos e sugerimos uma sequência didática que está fundamentada nos Três Momentos Pedagógicos de Delizoicov e Angoti a qual será apresentada posteriormente.

## 3 UTILIZAÇÃO DO *CHATBOT* CAÇADOR DE EXOPLANETAS

Nesta seção iremos apresentar as etapas para a utilização do *chatbot*.

### 3.1 INSTALAÇÃO DO APLICATIVO *TELEGRAM*

O *Telegram* é um aplicativo de mensagens que está entre os mais utilizados e, por isso ele está disponível em todas as plataformas móveis.

Os imagens apresentadas aqui foram extraídas da instalação usando a plataforma *Android*. Para instalar o *Telegram* é necessário acessar a biblioteca de aplicativos do *smartphone* e pesquisar por *Telegram*.

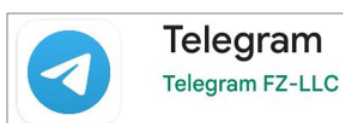


Figura 1: Aplicativo de Mensagem utilizado na implementação do Bot.

Fonte: *Telegram*.

### 3.2 INICIANDO O *CHATBOT*

Após a instalação do *Telegram*, deve-se acessar o aplicativo e procurar por *Caçador de Exoplanetas*. Em seguida clicar em iniciar conforme a Figura 2.

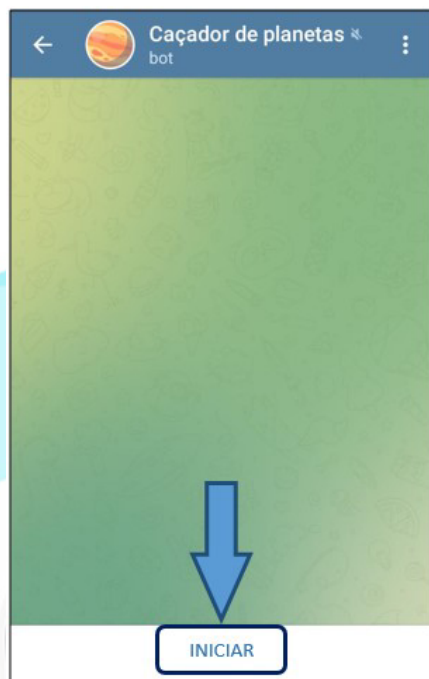


Figura 2: Iniciando o Bot. Imagem extraída do *Telegram*  
Fonte: *Telegram*.

Após iniciar o *chatbot*, surgirá na tela uma descrição das características dos exoplanetas que iremos estudar e quais os pré-requisitos necessários para investigar os exoplanetas.

O *chatbot* disponibiliza quatro exoplanetas que foram detectados por missões espaciais. Após escolher um exoplaneta, o *chatbot* exibirá na tela do *smartphone* algumas informações sobre a estrela hospedeira que serão importantes para determinar alguns parâmetros dos exoplanetas. Sendo assim, na próxima seção será apresentado uma sequência apresentando como determinar os parâmetros do exoplaneta usando o *chatbot* Caçador de Exoplanetas.

## 4 DETERMINANDO OS PARÂMETROS DO EXOPLANETA

### 4.1 PERÍODO ORBITAL

Após clicar no link */período* o *chatbot* exibirá o gráfico da curva de luz da estrela hospedeira em que o estudante determinará o período orbital do exoplaneta através de duas quedas consecutivas do brilho da estrela. Conforme mostra a Figura 3.

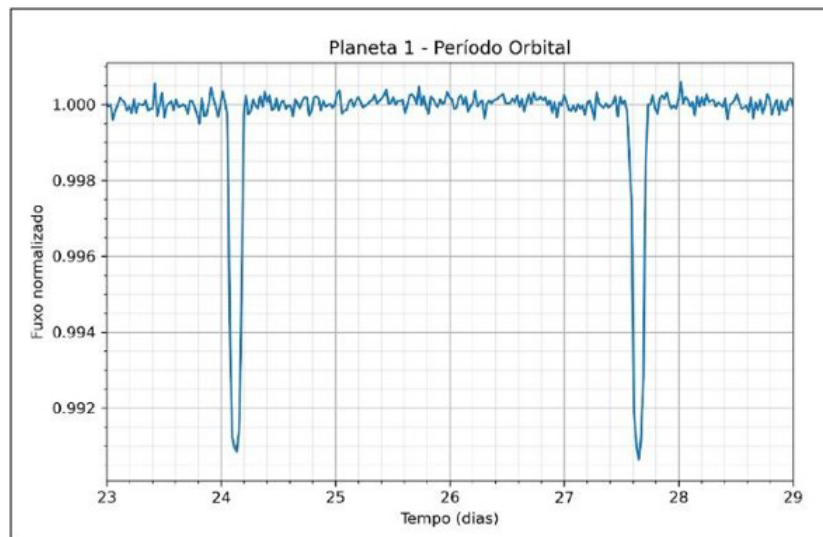


Figura 3: Curva de luz da estrela hospedeira.  
Fonte: *Chatbot* Caçador de Exoplanetas.

O estudante deverá analisar o tempo entre as duas quedas de brilho e determinar o tempo em dias  $e$ , em seguida, digitar e enviar uma mensagem com o resultado encontrado conforme o exemplo descrito no *chatbot*. Caso o estudante tenha dúvidas em como determinar o período orbital, ele poderá assistir o vídeo disponibilizado pelo *chatbot*. Se o resultado estiver incorreto, o *chatbot* irá solicitar que revise os cálculos, mas se estiver correto o usuário será encaminhado para determinar o próximo parâmetro, conforme a Figura 4.

**PARABÉNS VOCÊ ESTÁ NO CAMINHO  
CERTO PARA DESCOBRIR UM NOVO  
PLANETA. CALCULE O [/raiodaorbita](#)**

18:25

Figura 4: Mensagem do *chatbot* em caso de resposta correta.  
Fonte: *Chatbot* Caçador de Exoplanetas.

## 4.2 RAIOS DA ÓRBITA

Para determinar o raio da órbita do exoplaneta vamos utilizar o resultado encontrado para o período orbital e a terceira Lei de Kepler (Equação 1) [1].

$$T^2 = K \cdot a^3 \quad (1)$$

Fazendo a derivação da constante  $K$  obtemos  $4 \cdot \pi^2 / G \cdot (M_* + m_p)$ . Mas como a  $M_* \gg m_p$ , então podemos reduzir a constante  $K$  sendo  $4 \cdot \pi^2 / G \cdot M_*$ . Então, após a substituição em  $K$  e uma manipulação matemática, podemos reescrever a Equação 1 conforme representada na Equação 2 para determinação do raio da órbita.

$$a = \sqrt[3]{\frac{G \cdot M_*}{4 \cdot \pi^2} \cdot T^2} \quad (2)$$

Sendo  $M_*$  a massa da estrela hospedeira e  $G$  a constante da Gravitação Universal com o valor aproximado de  $6,67 \cdot 10^{-11} m^3/kg \cdot s^2$ . Para aplicar os valores na Equação 2, é necessário que os valores sejam convertidos para unidades do Sistema Internacional (SI).

Para lembrar a terceira Lei de Kepler, o estudante poderá assistir um vídeo que está disponível no *chatbot*.

Após efetuar os cálculos, o estudante obterá o resultado em metros que deverá ser convertido para unidades astronômicas (UA) e, em seguida inserir o valor obtido, conforme orientado pelo *chatbot*. Se o valor estiver incorreto, você deverá revisar os cálculos. Mas se o valor estiver correto, o estudante será direcionado para o determinar o próximo parâmetro, conforme a Figura 5.

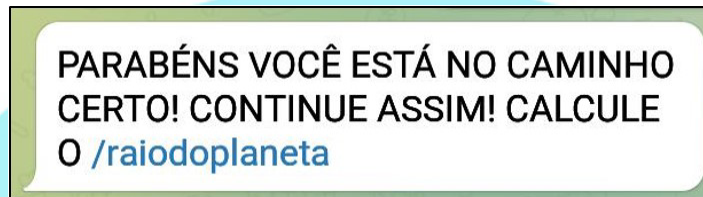


Figura 5: Mensagem do *chatbot* em caso de resposta correta.

Fonte: *Chatbot* Caçador de Exoplanetas.

### 4.3 RAI DO PLANETA

O raio do planeta pode ser obtido através da análise da curva de luz da estrela hospedeira. Isso é possível, pois quando um planeta se deslocar na frente do disco estelar ele bloqueia parte da radiação emitida pela estrela e o seu brilho é atenuado, então através do monitoramento do brilho da estrela ao longo do tempo é possível observar esse pequeno decréscimo [2].

No *chatbot*, uma imagem semelhante a Figura 6 será exibida.

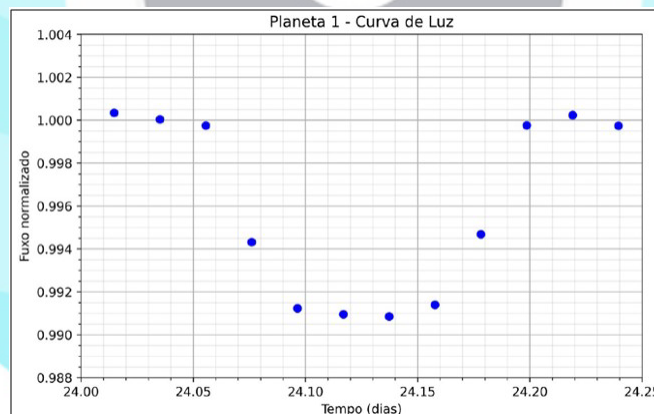


Figura 6: Curva de luz da estrela hospedeira.

Fonte: *Chatbot* Caçador de Exoplanetas.

A Figura 6 representa uma curva de luz da estrela hospedeira, a qual o estudante deverá identificar o decréscimo do fluxo ( $\Delta F$ ) e fluxo total ( $F$ ) do brilho da estrela e aplicar os valores na Equação 3 para determinar o raio do exoplaneta [3].

$$R_p = R_* \cdot \sqrt{\frac{\Delta F}{F}} \quad (3)$$

Da Equação 3,  $R_p$  é o raio do exoplaneta e  $R_*$  é o raio da estrela. O  $R_*$  pode ser obtido através das *informações importantes* da estrela que foram disponibilizadas após escolher o

exoplaneta a ser investigado. Em caso de dúvidas para determinar o valor do raio do exoplaneta  $R_p$ , o estudante poderá assistir o vídeo disponibilizado pelo *chatbot*.

Para inserir o resultado, o estudante deverá seguir as orientações expressas no *chatbot* e converter o resultado encontrado para unidades de raio de Júpiter ( $R_J$ ).

Se o valor inserido estiver correto, o estudante será direcionado para calcular a massa do exoplaneta.

#### 4.4 MASSA DO EXOPLANETA

Para determinar a massa do exoplaneta iremos analisar a curva de velocidade radial da estrela hospedeira em torno do centro de massa do sistema (Figura 7) que é obtida através do efeito Doppler da luz.

Para determinar este parâmetro, o *chatbot* disponibiliza apenas a curva de velocidade radial da estrela hospedeira do planeta 01, por se tratar de um sistema com apenas um planeta. Para os demais planetas, não foi possível confeccionar a curva de velocidade radial das estrelas hospedeiras por se tratarem de sistemas com vários planetas. Portanto, para os Planetas 01, 02 e 03 o *chatbot* disponibilizará o valor da massa do planeta.

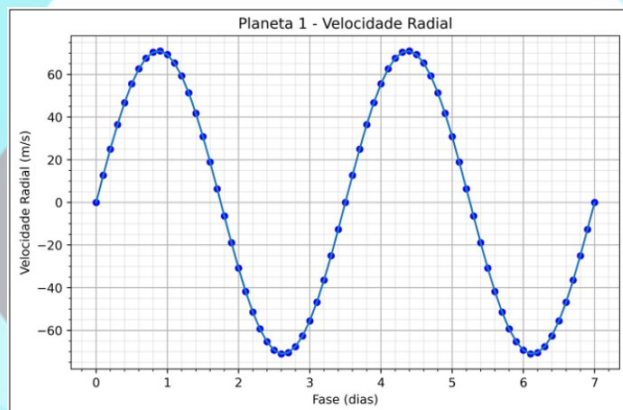


Figura 7: Curva de velocidade radial.  
Fonte: *Chatbot* Caçador de Exoplanetas.

O *chatbot* exibirá uma imagem semelhante à Figura 7 da qual teremos que identificar alguns parâmetros para aplicar na Equação 4 [4]. No caso, a massa da estrela ( $M_*$ ) foi fornecida logo após de ter escolhido o exoplaneta, o período ( $T$ ) foi o primeiro parâmetro a ser determinado, a velocidade ( $v$ ) pode ser obtida através da amplitude da curva de velocidade radial.

$$m_p = \left( \frac{M_*^2 \cdot T}{2 \cdot \pi \cdot G} \right)^{1/3} \cdot v \quad (4)$$

Sendo assim, temos que:

- $M_p$  é a massa do planeta;
- $m_*$  é a massa da estrela;
- $T$  é o período orbital do planeta;
- $G$  é a constante gravitacional ( $6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ );
- $v$  é a velocidade da estrela hospedeira em torno do centro de massa do sistema;



Está disponível um vídeo no *chatbot* abordando velocidade radial caso o aluno queira saber mais sobre esta técnica.

Antes de inserir o resultado obtido, o valor deverá ser convertido para massa de Júpiter ( $M_J$ ) e caso o resultado esteja correto, seguiremos para o próximo parâmetro que é determinar o Tipo do Exoplaneta.

## 4.5 TIPO DE EXOPLANETA

O tipo de cada exoplaneta é determinado pela sua composição e são classificados em rochosos ou gasosos. E para determinar o tipo do exoplaneta determinamos a sua densidade. Para isso, podemos usar a Equação 5 [5].

$$\rho = \frac{m_p}{V_p} \quad (5)$$

Portanto,  $m_p$  é a massa do planeta em gramas ( $g$ ) e  $V_p$  é o volume do planeta em centímetros cúbicos ( $cm^3$ ). O volume de um exoplaneta pode ser obtido utilizando o valor do raio exoplaneta e a Equação 6 que determina o volume de uma esfera [6].

$$V_p = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot R_p^3 \quad (6)$$

Após realizar os cálculos, o estudante poderá inserir o resultado no *chatbot* em  $g/cm^3$ . Se a resposta do aluno estiver correta, ele será direcionado para a próxima etapa onde terá que classificar o planeta em gasoso ou rochoso seguindo a seguinte descrição [7].

- Para  $\rho \geq 3,0 \text{ g/cm}^3$ , os planetas são classificados como **rochosos**;
- Para  $\rho \sim 2,0 \text{ g/cm}^3$ , os planetas são classificados como **rochosos** com uma quantidade substancial de gelo;
- Para  $\rho \leq 2,0 \text{ g/cm}^3$ , os planetas são classificados como **gasosos**;

Após identificar e classificar o tipo do planeta, o aluno deverá digitar a resposta conforme as orientações do *chatbot*.

Depois de classificar os planetas em rochosos e gasosos, iremos determinar os limites da Zona Habitável.

## 4.6 LIMITES DA ZONA HABITÁVEL

A zona habitável é a região em torno da estrela, na qual a radiação emitida permite temperaturas suficientes para que a água seja encontrada no estado líquido. Sendo assim, podemos definir o raio interno e o raio externo que são os limites periféricos da Zona Habitável. E para isso podemos utilizar as equações as Equações 7 e 8 [8]:

Raio interno da Zona Habitável.

$$R_i = \sqrt{\frac{L_*}{1,1}} \quad (7)$$

Raio externo da Zona Habitável.

$$R_e = \sqrt{\frac{L_*}{0,53}} \quad (8)$$

Sendo assim,  $L_*$  é a luminosidade absoluta da estrela.

Após efetuar os cálculos para o raio interno e externo, o aluno deverá digitar os resultado na ordem que serão solicitados pelo *chatbot*. Após digitar os resultados, o *chatbot* irá questionar o aluno se o exoplaneta está na Zona Habitável e, para isso o aluno deverá verificar o resultado obtido para o raio da órbita e analisar se o planeta está dentro dos limites periféricos da Zona Habitável. Após fazer esta análise, o aluno deverá inserir a sua resposta SIM ou NÃO conforme o exemplo: /ZH1Sim.

Se a resposta do aluno estiver correta, o *chatbot* irá disponibilizar um link do site da NASA apresentando o nome do exoplaneta investigado e uma simulação da sua Zona Habitável.

## 4.7 VALORES APROXIMADOS DOS PARÂMETROS

Na Tabela 1, apresentamos os valores aproximados para cada parâmetros.

Tabela 1: Valores aproximados para planetas do Sistema Solar.

Exoplaneta	$P$	$a$	$R_p$	$m_p$	$\rho_p$	$R_i$	$R_e$
Exoplaneta 01	3,50	0,048	1,42	0,5900	0,26	1,52	2,20
Exoplaneta 02	3,36	0,030	0,12	0,0049	4,97	0,14	0,20
Exoplaneta 03	5,66	0,030	0,21	0,0190	2,60	0,14	0,20
Exoplaneta 04	11,37	0,073	0,19	0,1500	2,72	0,14	0,20

Fonte: Do Autor.

Sendo assim, temos que:

- $P$  é o período em dias.
- $a$  é o raio da órbita em unidades astronômicas ( $UA$ ).
- $R_p$  é o raio do planeta em  $R_J$ .
- $m_p$  é a massa do planeta em  $m_J$ .
- $\rho_p$  é a densidade do planeta em  $g/cm^3$ .
- $R_i$  é o raio interno da Zona Habitável em unidades astronômicas ( $UA$ ).
- $R_e$  é o raio externo da Zona Habitável em unidades astronômicas ( $UA$ ).

## 5 UNIDADE DE ENSINO

Para utilização do *chatbot* recomendamos que alguns temas sejam trabalhados em sala para que os alunos possam inteirar-se com alguns termos relacionados a detecção de exoplanetas. Para isso, elaboramos uma unidade de ensino (UE) com uma sugestão de temas ao professor, mas salientamos que é optativa ao professor trabalhar toda esta unidade. Para aplicar esta UE em sala, utilizamos a estratégia dos três momentos pedagógicos com o intuito de compreender os conhecimentos prévios dos alunos com a intenção de estruturar o conhecimento sobre o tema e os alunos pudessem ter condições de compreender todos os termos apresentados pelo *chatbot* Caçador de Exoplanetas. Neste sentido, à seguir iremos apresentar a proposta de UE.

### 5.1 PRIMEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO

#### 5.1.1 QUESTIONÁRIO PRÉVIO

**Objetivos:** Apresentar reportagens que relatam a descoberta de exoplanetas de modo que os alunos sejam estimulados a investigarem sobre o tema proposto, afim de identificar o conhecimento prévio dos alunos.

**Recursos utilizados:** Projeção de reportagens circuladas em jornais e televisão.

**Tempo estimado:** Uma aula de 50 minutos.

**Desenvolvimento:** Iniciamos o estudo do tema no *primeiro momento pedagógico* em que é necessário estabelecer uma *problematização inicial* de modo que os alunos identifiquem a necessidade da obtenção de um novo conhecimento.

Na abordagem inicial buscamos explorar não apenas os conhecimentos prévios dos alunos, mas também o senso investigativos diante de um problema ou questionamento. Sendo assim, apresentamos reportagens (Figura 8), de jornais e TV, as quais relatavam descobertas de exoplanetas similares à Terra, planetas com possibilidade de vida e de seus parâmetros orbitais. Durante a explanação de cada reportagem foram lançadas hipóteses sobre os termos exibidos na matéria. Ao final, após as reportagens, a turma foi dividida em grupos e foi solicitado que respondessem um questionário com o objetivo de diagnosticar os conhecimentos prévios dos estudantes. Não foi permitido nenhuma pesquisa na internet sobre o tema, as respostas foram redigidas com base no diálogo estabelecido na equipe. No questionário foram feitas as seguintes perguntas:

1. O que são exoplanetas? E onde eles estão?
2. Como os cientistas são capazes de descobrir exoplanetas? E como eles sabem que são exoplanetas?
3. Quando olhamos para o céu noturno é possível ver várias estrelas. Porque não é possível ver planetas orbitando estas estrelas? Justifique.
4. Nas reportagens são apresentados corpos celestes que são parecidos com a Terra. Pensando nisso, quais características necessárias para que sejam parecidos com a Terra? E como fazemos para saber estas características?
5. Nas reportagens foram apresentados alguns planetas que podem ter vida. Façam uma discussão presente as condições necessárias para que exista vida?
6. Em uma reportagem é apresentado um planeta que tem um ano de oito horas. Sendo assim, como podemos definir o período de um ano em um planeta?
7. Qual a importância de estudar os exoplanetas?

Para explorar o senso investigativo dos alunos, no final foi apresentado o seguinte desafio: *“Foi cogitado a possibilidade da existência de um novo exoplaneta que está orbitando uma estrela longe da Terra e sua equipe foi indicada como responsável para fazer esta verificação. Elabore uma estratégia apresentando uma proposta de como vocês fariam para verificação e quais os possíveis indicativos para a existência de vida.”*



Figura 8: Reportagens exibidas para explanação do primeiro momento pedagógico.  
Fonte: Do Autor.

Os *slides* referentes a aula do primeiro momento pedagógico podem ser baixado clicando no link a seguir: <https://drive.google.com/file/d/1YTg86oPdzdZ4h5DCWmpSjc-2JN3mbcz/view?usp=sharing>.

## 5.2 SEGUNDO MOMENTO PEDAGÓGICO

### 5.2.1 TEMA 01: SISTEMAS PLANETÁRIOS E EXOPLANETÁRIOS

**Objetivos:** Apresentar o Sistema Solar (SS) e a definição de planetas. Compreender e fazer comparações da dimensão dos planetas. Compreender as unidades de medida utilizadas na astronomia, em destaque a unidade astronômica (UA). Apresentar outros sistemas com um ou mais exoplanetas e, por fim, apresentar o conceito de zona habitável.

**Recursos utilizados:** Projeção de imagens e vídeos.

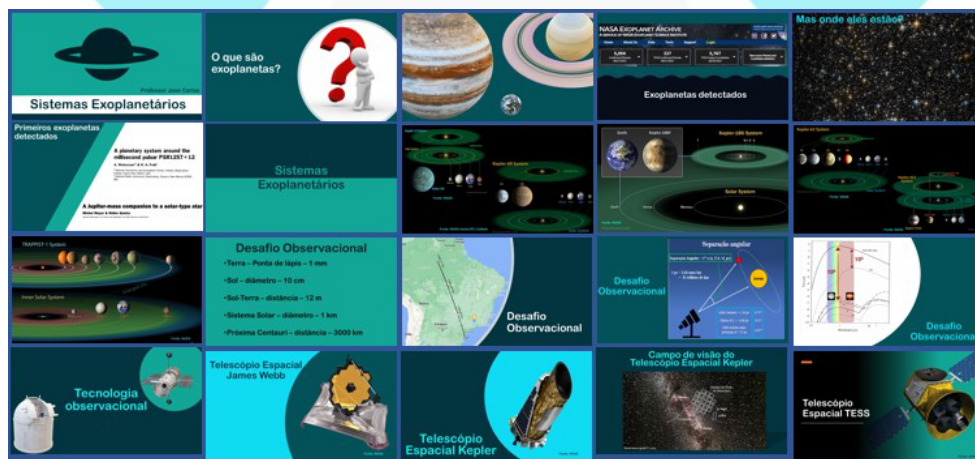


Figura 9: Imagens e vídeos utilizados na aula 01.  
Fonte: Do Autor.

**Tempo estimado:** Duas aulas de 50 minutos.

**Desenvolvimento:** Neste tema iniciamos o *segundo momento pedagógico*, momento em que estruturamos a *organização do conhecimento*. Na abordagem deste tema exploramos, de forma conceitual, o Sistema Solar apresentando suas características, a definição e os tipos de planetas. Foram trabalhados os conceitos de razão e proporção, para efeito de comparação entre o raio e massa dos planetas, e a definição de Unidade Astronômica (UA).

À seguir, apresentamos um contexto histórico sobre os exoplanetas desde a especulação feita por Giordano Bruno, passando pelas primeiras detecções até o cenário atual com a apresentação dos sistemas exoplanetários com um ou mais exoplanetas similares à Júpiter ou à Terra. Neste contexto, expomos a definição de densidade planetária e as condições necessárias para a existência de água líquida e, para isso, foi apresentado os conceitos relacionados a Zona Habitável.

Como atividade foi solicitado uma investigação do sistema solar com as seguintes questões: a) calcular as razões e proporções entre as massas e raios do planetas; b) converter a distância dos planetas ao Sol de quilômetros para UA; c) calcular as densidades planetárias; d) determinar se o planeta é do tipo gasoso ou rochoso; e) estimar os limites internos e externo da Zona Habitável. A Tabela 2 apresenta os valores utilizados nos cálculos.

Tabela 2: Valores aproximados para planetas do Sistema Solar.

[HTML]C0C0C0 Planeta	Massa (kg)	Raio (km)	Distância ao Sol (km)
Mercúrio	$3,30 \cdot 10^{23}$	2.450	57.910.000
Vênus	$4,87 \cdot 10^{24}$	6.050	108.200.000
Terra	$5,97 \cdot 10^{24}$	6.380	150.000.000
Marte	$6,42 \cdot 10^{23}$	3.400	227.940.000
Júpiter	$1,90 \cdot 10^{27}$	71.500	778.330.000
Saturno	$5,69 \cdot 10^{26}$	60.300	1.429.400.000
Urano	$8,70 \cdot 10^{25}$	25.500	2.870.990.000
Netuno	$1,03 \cdot 10^{26}$	25.000	4.504.300.000

Fonte: Do autor.

Para obter a massa do planeta em função da massa da Terra foi utilizada a equação

$$M_{Planeta} = \frac{\text{Valor da massa do planeta}}{\text{Valor da massa da Terra}} M_{Terra}. \quad (9)$$

Para obter o valor do raio do planeta em função do raio da Terra a equação

$$R_{Planeta} = \frac{\text{Valor do raio do planeta}}{\text{Valor do raio da Terra}} R_{Terra}. \quad (10)$$

E para determinar a distância do planeta ao Sol em UA a equação

$$a_{Planeta} = \frac{\text{Valor da distância do planeta ao Sol}}{\text{Valor da distância da Terra ao Sol}} UA. \quad (11)$$

Por fim, para calcular a densidade dos planetas, verificar o seu tipo (gasoso ou rochoso) e estimar os limites internos e externo da Zona Habitável, foram trabalhados com os alunos os conceitos e equações apresentadas no Capítulo 2.

## 5.2.2 TEMA 02: AS TÉCNICAS E A FÍSICA NA DETECÇÃO DE EXOPLANETAS

**Objetivos:** Ensinar os conceitos básicos sobre as Leis de Kepler e o efeito Doppler da luz, utilizados para estimar o período orbital, o raio da órbita e a massa do exoplaneta, a partir da

observação do trânsito planetário e da curva de velocidade radial da estrela hospedeira.

**Recursos utilizados:** Projeção de imagens e vídeos.

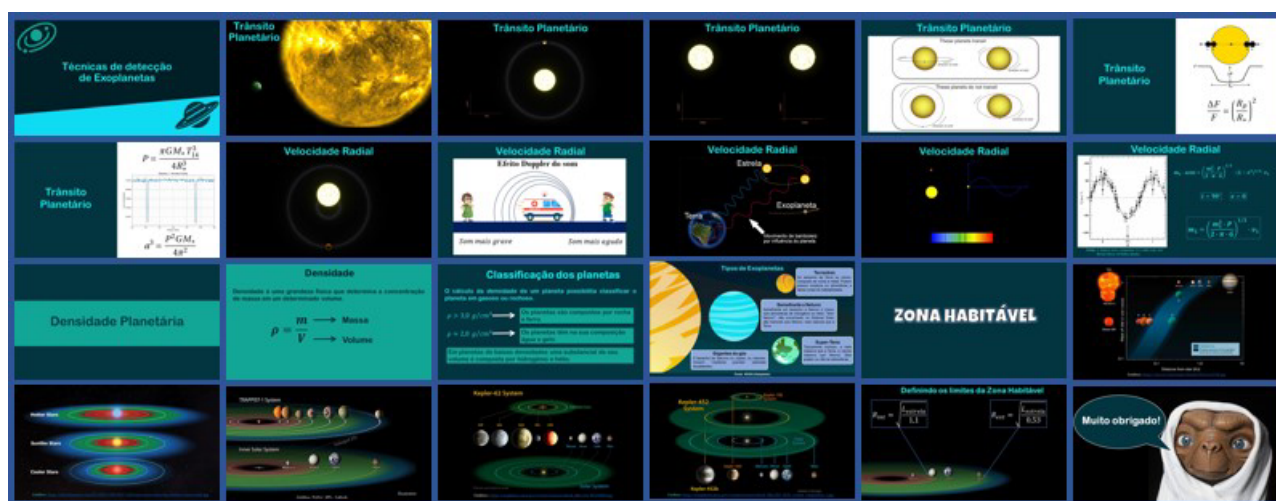


Figura 10: Imagens e vídeos utilizados na aula 02.

Fonte: Do autor.

**Tempo estimado:** Duas aulas de 50 minutos.

**Desenvolvimento:** Iniciamos a aula apresentando os desafios para detectar exoplanetas e as limitações tecnológicas que dificultam estas descobertas. Entre os desafios enfatizamos a diferença de brilho e a separação angular entre a estrela hospedeira e o exoplaneta. Em seguida, apresentamos os telescópios pioneiros nos primeiros estudos até aos lançados recentemente. Além disso, apresentamos as contribuições realizadas e as possíveis contribuições no futuro. Após esta explanação iniciamos a contextualização dos conceitos físicos apresentando as Leis de Kepler e o efeito Doppler. Em seguida, apresentamos as técnicas de detecção de exoplanetas, trânsito planetário e velocidade radial, e como elas se relacionam com os conceitos físicos citados anteriormente. Ao final os alunos realizaram as seguintes atividades :

**Atividade 01:** Desenhar a curva de luz durante o trânsito planetário associando a profundidade da curva de luz com o raio do planeta. (Figura 5.2.2)

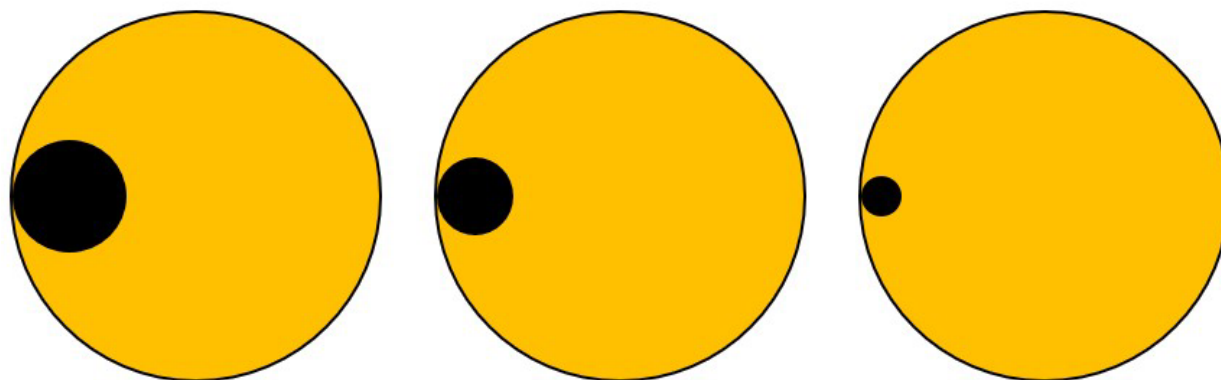


Figura 11: Atividade para determinar a profundidade da curva de luz.

Fonte: Do autor.

**Atividade 02:** Determinar o período orbital de cada objeto apresentado nas imagens abaixo.

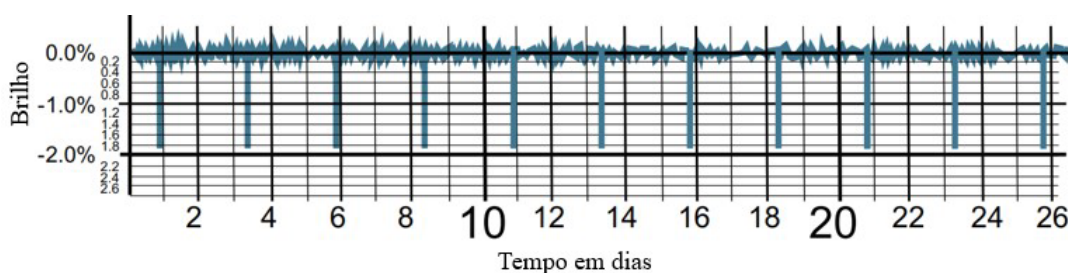


Figura 12: Curva de luz da estrela Kepler 01.

Fonte: [9]

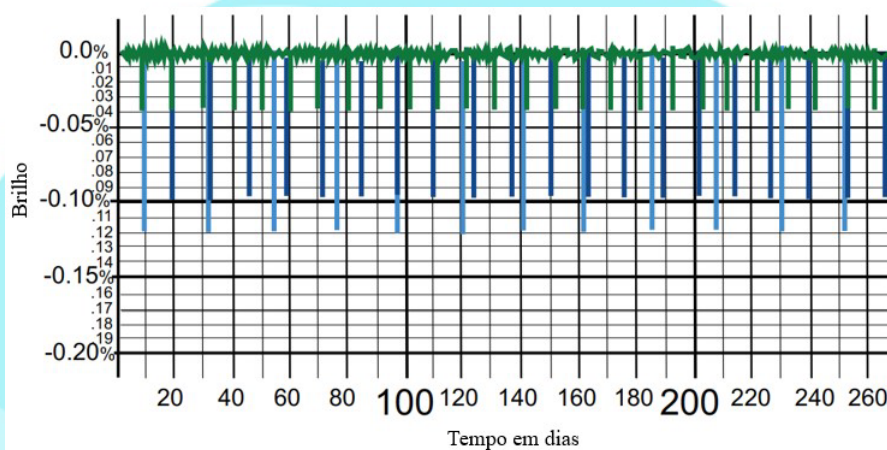


Figura 13: Curva de luz da estrela hospedeira Kepler 11.

Fonte: [9].

Os *slides* referentes a aula do segundo momento pedagógico podem ser baixados clicando nos links a seguir:

Aula referente a sistemas planetários: <https://drive.google.com/file/d/1Ydx8qbo0s6RV0C4zKBtC/view?usp=sharing>.

Aula referente a sistemas exoplanetários: <https://drive.google.com/file/d/1YmSVSE5LKdEkUvK7es/view?usp=sharing>.

### 5.3 TERCEIRO MOMENTO PEDAGÓGICO

No terceiro momento pedagógico investiga-se a assimilação do conhecimento obtida pelos alunos. Sendo assim, verifica se o aluno é capaz de analisar, interpretar e associar o conhecimento obtido com as situações iniciais e, para isso, o professor poderá utilizar o *chatbot* Caçador de Exoplanetas durante as aulas para explorar o estudo dos exoplanetas.

## Referências

- [1] K. de Oliveira Filho and M. de Fátima Saraiva, *Astronomia e Astrofísica*. São Paulo, SP: Livraria da Física, 2004.
- [2] J. Carlos Silva, A. J. Roberto Junior, and J. C. Pereira Alves, “Detecção do trânsito planetário de um exoplaneta com um telescópio de pequena abertura,” *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, vol. 42, 2020.
- [3] C. A. Haswell, *Transiting Exoplanets: Measuring the Properties of Planetary Systems*. New York: Cambridge University Press, 1 ed., 2010.
- [4] C. Keeton, *Principles of Astrophysics: Using Gravity and Stellar Physics to Explore the Cosmos*. New York: Springer, 2014.
- [5] E. Furlan and S. Howell, “The densities of planets in multiple stellar systems,” *The Astronomical Journal*, vol. 154, no. 2, p. 66, 2017.
- [6] G. Iezzi, O. Dolce, D. Degenszajn, and R. Périgo, *matemática: Volume único*. São Paulo, SP: Atual, 2002.
- [7] E. Zurich, “exop2016.” [https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/phys/particle-physics/quanz-group-dam/documents-old-s-and-p/Courses/ExtrasolarPlanetsFS2016/exop2016\\_chapter3\\_part1\\_UPDATED.pdf](https://ethz.ch/content/dam/ethz/special-interest/phys/particle-physics/quanz-group-dam/documents-old-s-and-p/Courses/ExtrasolarPlanetsFS2016/exop2016_chapter3_part1_UPDATED.pdf), 2015. (Accessed on 08/01/2022).
- [8] P. Biology, “Calculating the habitable zone.” [https://www.planetarybiology.com/calculating\\_habitable\\_zone.html](https://www.planetarybiology.com/calculating_habitable_zone.html), 2022. Acessado em 15/04/2022.
- [9] NASA, “Nasa exoplanet science institute.” <https://nexsci.caltech.edu/>, 2022. Acessado em 13/03/2022.