PAIDÉI@
ISSN - 1982-6109
REVISTA CIENTÍFICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

RELATO DE EXPERIÊNCIA: ENSINANDO ASTRONOMIA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL: AS LEIS DE KEPLER ATRAVÉS DA SIMULAÇÃO DIGITAL COM O PHET COLORADO

EXPERIENCE REPORT: TEACHING ASTRONOMY IN ELEMENTARY SCHOOL: KEPLER'S LAWS THROUGH DIGITAL SIMULATION WITH PHET COLORADO

Jonatas Moreira Costa Silva

Antônio Carlos Aido de Almeida

DOI: 10.5281/zenodo.16541538

Resumo

Este artigo propõe uma abordagem pedagógica para o ensino das Leis de Kepler no Ensino Fundamental, utilizando o simulador PhET Colorado como ferramenta mediadora. O estudo estrutura-se em quatro eixos fundamentais: (1) as bases teóricas do ensino de Astronomia na Educação Básica; (2) a transposição didática das Leis de Kepler; (3) o potencial de simulações digitais no processo educativo; e (4) estratégias metodológicas para engajamento discente. Através de uma análise qualitativa, demonstra-se como a integração de tecnologias educacionais pode transformar o ensino de conceitos astronômicos tradicionalmente abstratos em experiências concretas e significativas. Os resultados sugerem que a abordagem proposta não apenas facilita a compreensão dos movimentos planetários, mas também estimula o interesse científico, oferecendo um modelo replicável para o ensino de Física.
Palavras-chave: Leis de Kepler, Ensino de Astronomia, PhET Colorado, Tecnologias Educacionais, Educação Básica.

Abstract

This paper proposes an pedagogical approach for teaching Kepler's Laws in Elementary and Secondary Education, using the PhET Colorado simulator as a mediating tool. The study is structured around four fundamental pillars: (1) theoretical foundations of Astronomy education in Basic Education; (2) didactic transposition of Kepler's Laws; (3) the potential of digital simulations in the educational process; and (4)

methodological strategies for student engagement. Through qualitative analysis, we demonstrate how integrating educational technologies can transform traditionally abstract astronomical concepts into concrete and meaningful learning experiences. The results suggest that the proposed approach not only facilitates understanding of planetary motion but also stimulates scientific interest, offering a replicable model for contemporary Physics education.
Keywords: Kepler's Laws, Astronomy Education, PhET Colorado, Educational Technologies, Basic Education.

INTRODUÇÃO

A Astronomia é uma ciência que desperta curiosidade desde a Grécia Antiga. Compreender o movimento da Terra, da Lua e a origem desses fenômenos naturais sempre foi uma inspiração para os gregos e outras civilizações. O desenvolvimento da Astronomia revolucionou o meio científico, e o estudo dos corpos celestes continua a ser fascinante.

A teoria geocêntrica de Ptolomeu, que colocava a Terra no centro do universo, com os planetas e o Sol orbitando ao seu redor, dominou o pensamento científico por cerca de 1.400 anos desde o século II até a Revolução Científica nos séculos XVI e XVII. Durante muito tempo, a ciência foi tutelada pela Igreja Católica, mas, nesse contexto, surgiram os primeiros avanços astronômicos, impulsionados por nomes como Nicolau Copérnico, Johannes Kepler, Galileu Galilei e Isaac Newton durante o Renascimento.

Johannes Kepler (1571–1630), astrônomo e matemático, foi discípulo de Tycho Brahe (1546–1601). Considerado o último grande astrólogo e o primeiro grande astrofísico, Kepler investigava relações numéricas no universo e foi pioneiro no estudo empírico dos astros. Sua maior contribuição foram as três leis do movimento planetário, fundamentais para a Astronomia moderna.

Apesar da relevância histórica e científica dessas leis, seu ensino ainda representa um desafio na Educação Básica, devido à abstração dos conceitos envolvidos. Nesse contexto, os avanços da tecnologia computacional têm possibilitado novas formas de abordagem pedagógica. Ferramentas digitais, como os simuladores interativos, surgem como alternativas promissoras para facilitar a compreensão desses conteúdos e tornar o ensino da Física mais dinâmico e acessível.

Nos livros didáticos tradicionais do Ensino Médio, as leis de Kepler muitas vezes são apresentadas de forma superficial, reduzidas a breves introduções históricas ou descrições simplificadas das órbitas planetárias.

Este trabalho tem como objetivo aplicar as leis de Kepler no sistema kepleriano usando o simulador PhET Colorado, além de incentivar a curiosidade dos alunos e promover uma compreensão mais profunda e didática desses conceitos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. Desafios no ensino de Física e Astronomia na Educação Básica

As leis de Kepler, fundamentais para o desenvolvimento da Astronomia e da gravitação universal de Newton, ainda enfrentam obstáculos significativos em sua aplicação pedagógica no Ensino Fundamental e Médio. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), a dificuldade reside na complexidade conceitual e na abordagem excessivamente teórica, que desestimula a compreensão prática (Brasil, 2000). Como aponta Bastos (2022), os docentes enfrentam um dilema entre a tradição curricular (como o uso de pêndulos, planos inclinados e fórmulas clássicas) e a necessidade de modernização, incluindo temas como Astronomia e Física Moderna.

2. O potencial das tecnologias digitais do ensino de Astronomia

A integração de ferramentas tecnológicas na educação, especialmente simulações interativas, tem se mostrado eficaz para superar esses desafios. Moreira (2021) destaca que a mediação digital favorece a aprendizagem significativa, substituindo a memorização por uma compreensão crítica dos fenômenos físicos. No contexto das leis de Kepler, recursos como animações e visualizações dinâmicas permitem que os alunos manipulem variáveis ex.: excentricidade orbital, velocidade planetária, transformando conceitos abstratos em experiências tangíveis (McKagan, 2008).

Essa abordagem não apenas facilita o entendimento, mas também estimula questionamentos sobre gravitação e a estrutura do Universo, alinhando-se às competências previstas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

3. O PhET Colorado como ferramenta pedagógica

Dentre as plataformas disponíveis, o simulador PhET, criado em 2002 pelo Nobel de Física Carl Wieman, destaca-se por sua acessibilidade funciona em computadores

básicos, sem instalação e versatilidade aplicável em Física, Química e Biologia. Conforme Wieman (2008), sua eficácia reside na abordagem investigativa, que incentiva os alunos a testar hipóteses e correlacionar variáveis — essencial para o estudo do sistema kepleriano.

No Ensino Fundamental, as simulações do PhET sobre órbitas planetárias permitem:

- Visualizar as três leis de Kepler em ação;
- Relacionar movimento orbital e gravitação;
- Contextualizar a Astronomia com fenômenos cotidianos.

Como ressalta Moreira (2021), essa estratégia vai além da transmissão de conteúdos: conecta a teoria à prática, preparando os estudantes para pensarem cientificamente.

METODOLOGIA

COMPREENDENDO AS LEIS DE KEPLER E SUAS ÓRBITAS PLANETÁRIAS: SEMI-EIXOS, EXCENTRIDADE E VELOCIDADE AREOLAR

Funcionalidade do PhET para o Ensino das Leis de Kepler

O PhET *Interactive Simulations* é uma plataforma de simulações digitais desenvolvida pela Universidade do Colorado, que permite visualizar e manipular fenômenos físicos de forma interativa. No caso das Leis de Kepler, o PhET oferece ferramentas que facilitam o entendimento dos movimentos planetários e das órbitas elípticas.

a) **Semi-eixo maior (*a*) e menor (*b*):**

- ***Semi-eixo maior (a):*** Metade do diâmetro mais longo da elipse orbital; é a distância média do planeta ao Sol;
- ***Semi-eixo menor (b):*** Metade do diâmetro mais curto de uma elipse;
- ***O que o aluno aprenderá:*** Como medir e entender as dimensões das órbitas planetárias, relacionando com períodos orbitais (3ª Lei de Kepler).

b) Excentricidade (*e*):

- **Intervalo:** Varia de 0 (círculo) a quase 1 (elipse muito alongada);
- ***Exemplo:*** Terra tem $e \approx 0{,}0167$ órbita quase circular;
- ***O que o aluno aprenderá:*** Por que órbitas não são círculos perfeitos, como a maioria das pessoas acreditam que são.

c) Velocidade areolar:

- **Definição:** Taxa com que a linha Sol-planeta varre áreas iguais em tempos iguais (2ª Lei de Kepler);

- **Fenômeno:** Planetas aceleram no periélio (ponto mais próximo do Sol) e desaceleram no afélio (ponto mais distante do Sol);

- **O que o aluno aprenderá:** A relação entre distância ao Sol e velocidade orbital.

d) Distancias Planetárias:

- **Definição:** Unidade Astronômica (UA) é a distância média aproximada da Terra ao Sol, igual a 150.000.000 km; a distância média dos planetas ao Sol costuma ser dada em UA;

- ***Exemplos:*** Mercúrio (0,39 UA), Júpiter (5,2 UA);

- ***O que o aluno aprenderá:*** A escala do Sistema Solar e como as distâncias se relacionam com períodos orbitais.

e) Aprendizados integrados com o PhET:

- **Visualizará órbitas reais** (não círculos perfeitos);
- **Manipulará excentricidades** para criar diferentes órbitas;
- **Visualizará como a velocidade varia** ao longo da órbita;

- **O que o aluno aprenderá:** Comparará distâncias e períodos entre planetas.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Primeira Lei de Kepler: Lei das Órbitas

A Primeira Lei de Kepler, intitulada por Lei das Órbitas nos diz que:

"As formas de rotação dos planetas não é circular e, sim elípticas. Quando o planeta está próximo ao sol é periélio, mais afastado é afélio, isso porque em um ponto entre outro resulta em uma constante." (Lucas, 2007)

No sistema ptolomaico de Cláudio Ptolomeu (100-168), considerava-se a Terra como sendo o centro do universo, com o Sol e os planetas orbitando ao seu redor. Posteriormente, Nicolau Copérnico (1473-1543) defendeu em seu sistema heliocêntrico a ideia de que a Terra e os demais planetas orbitavam o Sol. Já Tycho Brahe (1546-1601) propôs um modelo híbrido, combinando aspectos dos sistemas de Copérnico e Ptolomeu: a Terra permanecia no centro, com o Sol e a Lua orbitando-a, enquanto os outros planetas orbitavam o Sol.

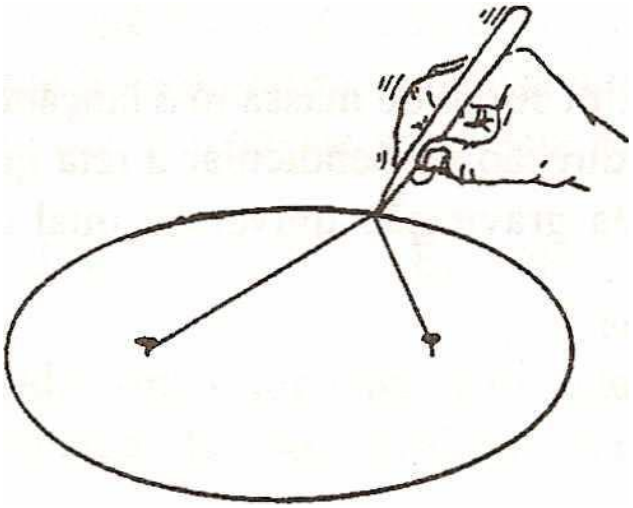
O astrônomo cujas leis constituem o objeto deste estudo, Johannes Kepler, formulou de maneira precisa o funcionamento do Sistema Solar em suas três leis, estabelecendo fundamentos essenciais para a compreensão da dinâmica celeste que permanecem válidos até os dias atuais. (De Carvalho, 2019).

Em sua obra, Volkel (2002), ao estudar Kepler, afirma que Marte descreve uma órbita elíptica ao redor do Sol, estendendo subsequentemente esse princípio - referente à 1ª Lei de Kepler - a todos os demais planetas do sistema solar. Dessa forma, conforme seu estudo, estabeleceu-se que todos os planetas seguem órbitas elípticas em relação ao Sol. Portanto, a 1ª Lei de Kepler, em sua formulação definitiva, estabelece que os planetas do sistema solar orbitam o Sol seguindo trajetórias elípticas.

Segundo Lucas (2007), se a órbita fosse circular, bastariam três observações, pois três pontos definem um círculo. Esses pontos deveriam ser observados durante oposições planetárias, pois nessa configuração - independentemente de ser a Terra ou o Sol o corpo em movimento - as três posições estariam alinhadas. Tycho Brahe havia registrado dez oposições de Marte entre 1580 e 1600, às quais Kepler posteriormente acrescentou as observações de 1602 e 1604. Notavelmente, qualquer conjunto de três

dessas observações deveria, em teoria, determinar a mesma órbita caso fosse circular.

Figura 1: Imagem ilustrativa da 1ª Lei de Kepler.

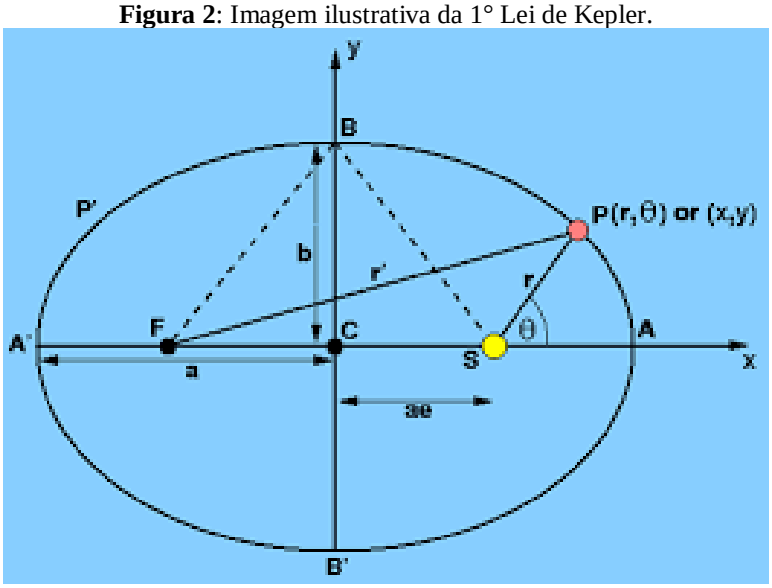


Fonte: Modelos Planetários – UFRB.

Uma elipse é uma curva fechada simétrica que difere de um círculo por possuir dois pontos fixos chamados focos. Sua forma característica é ligeiramente achatada, com dois eixos principais.

Na Figura 1, foram colocados dois pregos em uma prancha de madeira. Amarrou-se as extremidades de um barbante aos pregos e, com um lápis, traçou-se uma curva, mantendo o barbante sempre esticado. Os pontos onde estão os pregos correspondem aos focos da elipse.

Figura 2: Imagem ilustrativa da 1° Lei de Kepler.

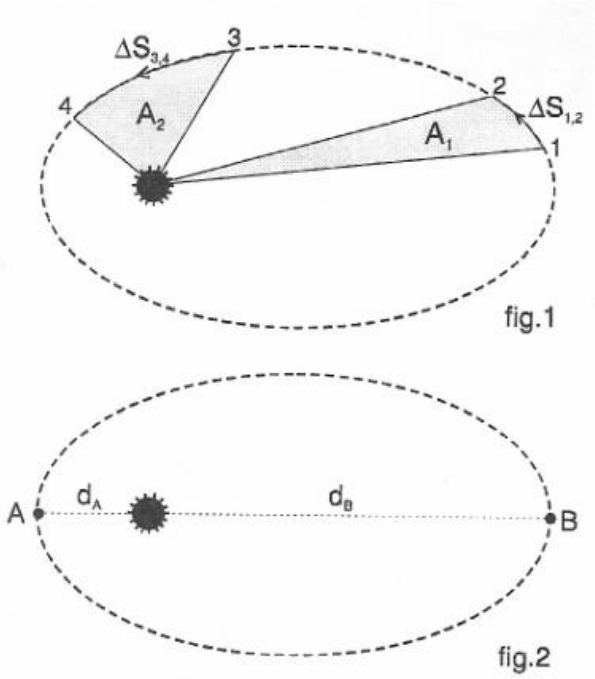


Fonte: www.astro.iag.com.br/ mecânica do Sistema Solar II.

Segunda Lei de Kepler: Lei das Áreas

A 2° Lei de Kepler é conhecida como a Lei das Áreas, e diz que áreas iguais são percorridas em intervalos de tempos iguais.

Figura 3: Imagem ilustrativa da 2ª Lei de Kepler



Fonte: Modelos Planetários – UFRB

A expressão matemática de representação da segunda Lei de Kepler dada por:

$$\frac{dA}{dt} = constante$$

Nesta equação:

- $\frac{dA}{dt}$ é a taxa de variação da área varrida pelo raio vetor da posição do planeta com relação ao sol, variando com relação ao tempo (dt);
- $constante$ são os valores (escalares) da área varrida por unidade de tempo (mesmo valor para todos os pontos da orbita).

Kepler demostrou que os planetas percorrem áreas iguais em intervalos de tempos iguais, ou seja, quando um planeta percorre uma área a partir de qualquer ponto de sua órbita em um dado intervalo de tempo, irá, deste modo, percorrer a mesma área. Com

isso Kepler comprovou que quanto mais próximo do sol o planeta estiver, mais rápido será seu movimento.

A Segunda lei de Kepler é consequência da chamada conservação angular, ou seja, a linha que liga um planeta ao Sol varre áreas iguais em intervalos de tempos iguais. Isso significa que, quando um planeta está mais próximo do Sol (no periélio) ele se move mais rapidamente, enquanto, quando está mais distante do Sol (no afélio), sua velocidade orbital diminui. A conservação do momento angular é a base física por trás dessa lei, garantindo que a área "varrida" pelo planeta seja constante ao longo do tempo.

Terceira Lei de Kepler: Lei dos Períodos

A Terceira Lei de Kepler, afirma que o período de uma revolução de um planeta é diretamente proporcional ao cubo do raio médio de sua órbita. Matematicamente é escrita como:

$$T^2 \propto R^3$$

Ou seja: $\frac{T^2}{R^3} = k = Constante$. Nesta equação:

- *T* corresponde ao tempo de translação do planeta;
- *r* é o raio médio da órbita do planeta;
- *k* é uma constante que depende do valor da massa do Sol.

Kepler relacionou o tempo que um planeta leva para dar uma volta em torno do Sol com a distância média do planeta, porém, o tempo ao quadrado é proporcional à distância ao cubo. A partir desta lei, ele analisou que é possível determinar a distância e o período de revolução para qualquer planeta do Sistema Solar. Posteriormente, Isaac Newton refinou essa lei, incorporando a Lei da Gravitação Universal, resultando na forma mais precisa:

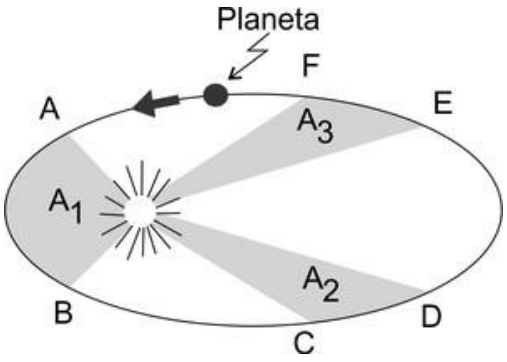
$$T^2 = \frac{4\pi^2}{G(M+m)} a^3$$

Nesta equação:

- *T* = Período orbital (tempo para completar uma volta ao redor do Sol);
- *a* = Semi-eixo maior da órbita;
- *G* = Constante gravitacional;
- *M* e *m* = Massas do Sol e do planeta, respectivamente.

Essa lei permite calcular o período de revolução de um corpo celeste.

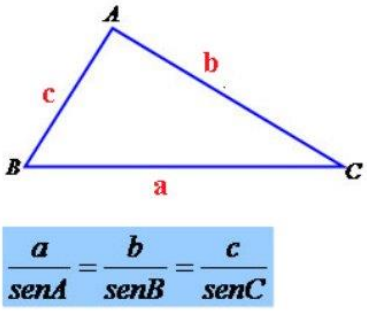
Figura 4: Imagem ilustrativa da 3ª Lei de Kepler.



Fonte: Modelos Planetários – UFRB

As Leis de Kepler são extremamente úteis e foram desenvolvidas por Johannes Kepler, que era aluno de Tycho Brahe. Tycho Brahe, por sua vez, obteve resultados astronômicos muito precisos a olho nu. Ao refletir sobre as Leis de Kepler, é possível fazer uma associação com a geometria. Uma dessas leis é a Lei do Seno, que se aplica a qualquer triângulo. Ela estabelece a relação apresentada pela Figura 5.

Figura 5: Representação lei dos senos em um triângulo.



Fonte: https://www.todamateria.com.br/lei-dos-senos/#google_vignette.

Para Murray e Dermott, as leis de Kepler não são apenas empíricas, mas casos particulares da dinâmica gravitacional, essenciais para entender desde órbitas planetárias até a estabilidade de sistemas estelares (Murray e Dermott, 1999).

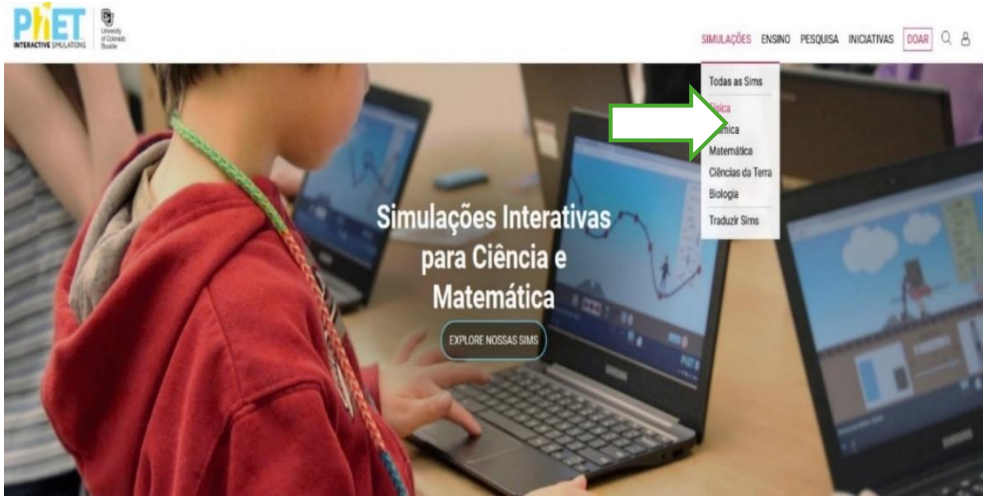
A plataforma PhET *Interactive Simulations*, desenvolvida pela Universidade do Colorado, oferece simulações interativas que permitem visualizar e manipular fenômenos físicos, como as órbitas planetárias e as Leis de Kepler, de forma didática e intuitiva.

Para acessar a plataforma PhET, acesse o *site*: https://phet.colorado.edu/sims/html/gravity-and-orbits/latest/gravity-and-orbits_pt_BR.html. Ou a versão para download: https://phet.colorado.edu/pt_BR/.

A plataforma PhET *Interactive Simulations*, desenvolvida pela Universidade do Colorado, oferece simulações interativas que permitem visualizar e manipular fenômenos físicos, como as órbitas planetárias e as Leis de Kepler, de forma didática e intuitiva (PHET, 2024). Essa ferramenta é particularmente eficaz para simplificar conceitos complexos — como excentricidade orbital, velocidade areolar e períodos de revolução — tornando-os acessíveis a estudantes da Educação Básica.

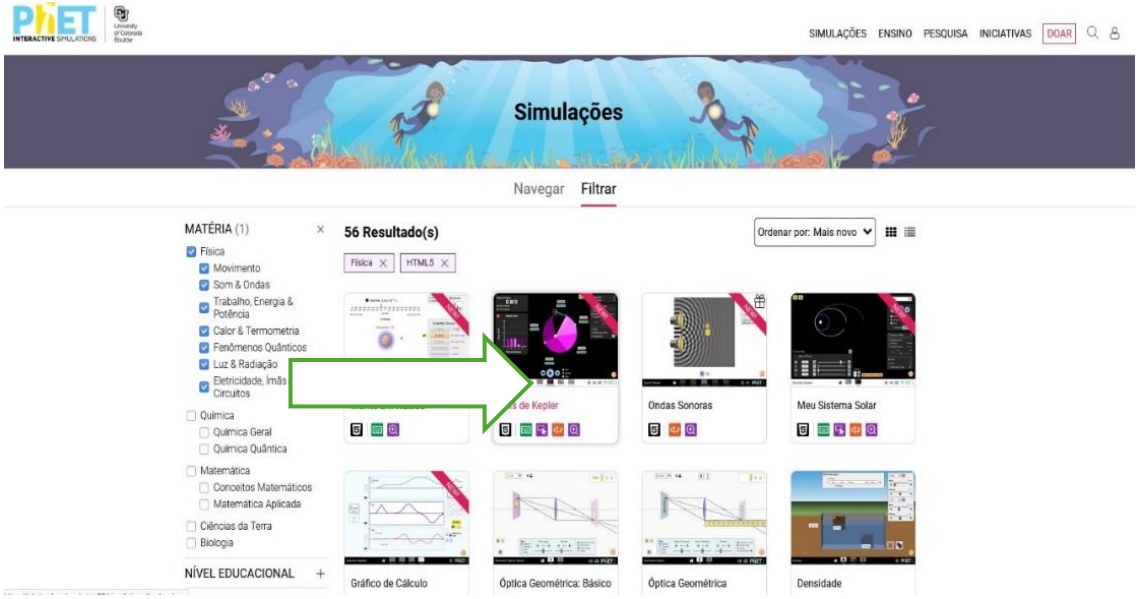
O ícone 'FÍSICA', conforme referenciado na Figura 6, ao ser clicado, exibe as opções de simulações em Física. Contudo, como o objeto de estudo deste trabalho são as Leis de Kepler, dentre as diversas possibilidades disponíveis, filtram-se os resultados específicos para este tema. A plataforma exibirá diversas opções de simulações em Física. Utilize a barra de pesquisa com os termos "Leis de Kepler" ou "Gravidade e Órbitas" conforme a Figura 7 e 8.

Figura 6: Imagem da interface do PhET.



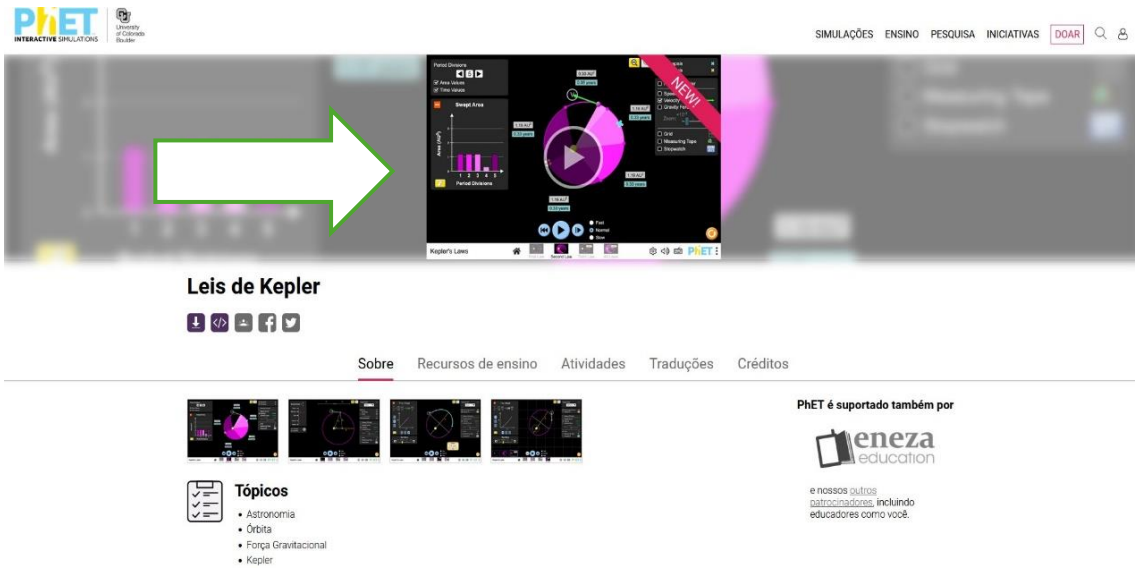
Fonte: https://phet.colorado.edu/en/simulations/keplers-laws

Figura 7: Imagem da interface do PhET.



Fonte: https://phet.colorado.edu/en/simulations/filter?subjects=physics&type=html

Figura 8: Imagem do simulador PhET - Leis de Kepler.

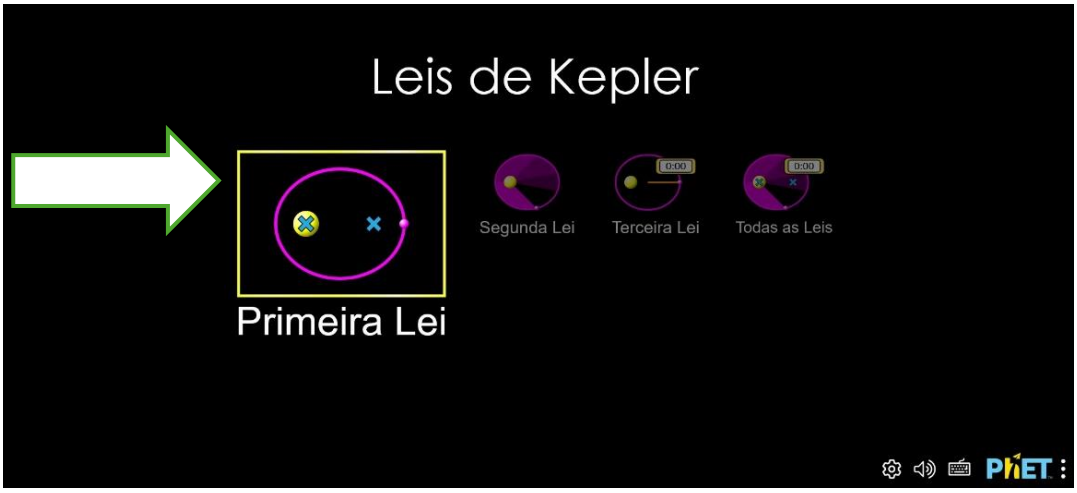


Fonte: https://phet.colorado.edu/en/simulations/keplers-laws.

Sequencialmente, após selecionar o experimento desejado, deve-se clicar no ícone “Play”. Ao acionar o "Play" no simulador PhET, o sistema conduzirá à interface "Leis de Kepler". Selecione a opção referente à Primeira Lei para acessar a simulação e observar os efeitos. Usando a simulação via PhET para analisar o fenômeno relacionado à 1° Lei de Kepler, conforme ilustra a Figura 9, é possível se observar o movimento,

velocidade e a posição do Planeta com relação ao Sol.

Figura 9: Imagem do simulador PhET sobre a Primeira Lei de Kepler

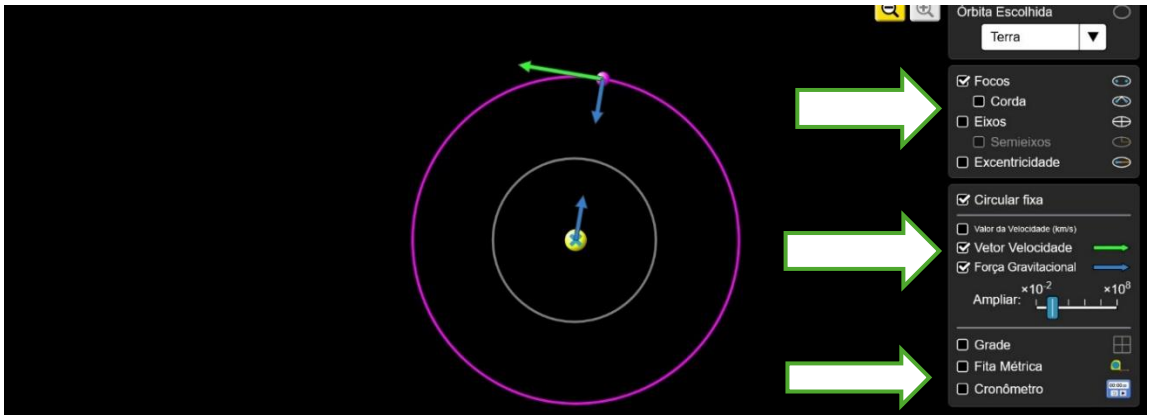


Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/keplers-laws/latest/keplers-laws_all.html.

A Figura 10 apresenta a simulação do movimento do planeta Terra em relação ao Sol. Pode-se observar que o Sol como sendo o ponto referencial e o planeta Terra orbitando-o. Portanto, a Terra se move mais rápido quando está no periélio e, mais devagar no afélio, o período orbital da Terra é de 365,25 dias, definido pela Lei da Mecânica Celeste.

A simulação ilustra de forma concisa tal fenômeno, o que possibilita o entendimento de forma mais didática, oportunizando a variação dos eixos, bem como fornecendo um cronômetro para medir e calcular o tempo de completude da órbita de cada planeta, conforme mostra as setas de opções do software, tornando-o uma ferramenta completa para realização de tal experimento físico. Assim, é possível realizar aulas práticas de cunho laboratorial interativas, dinâmicas e didáticas.

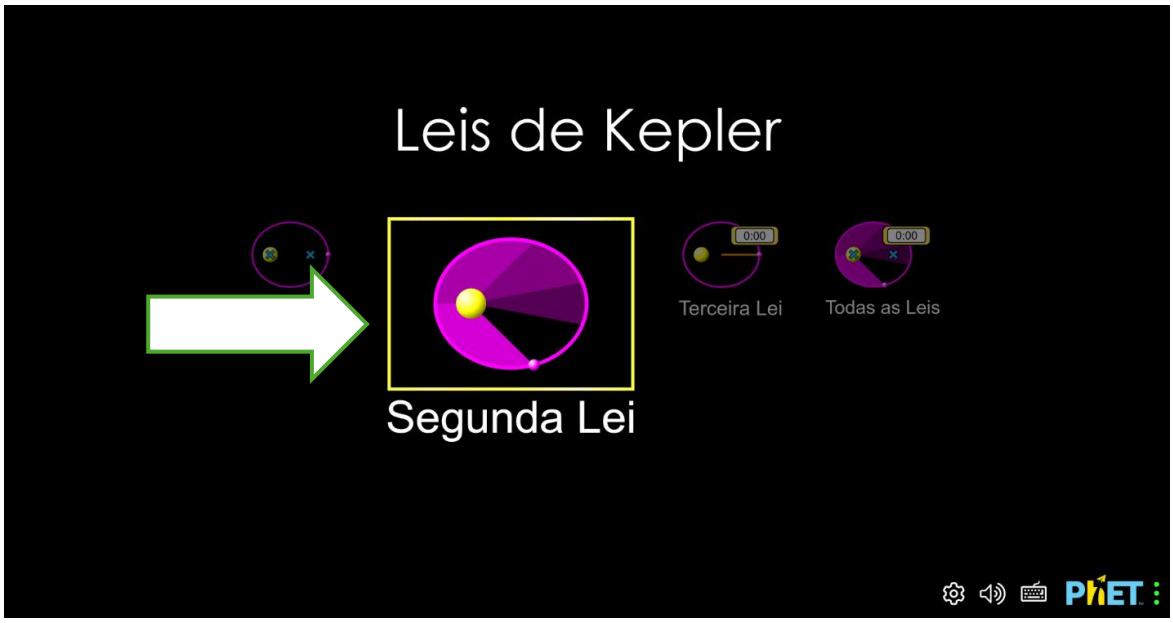
Figura 10: Representação da Primeira Lei de Kepler no PhET



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/keplers-laws/latest/keplers-laws_all.html.

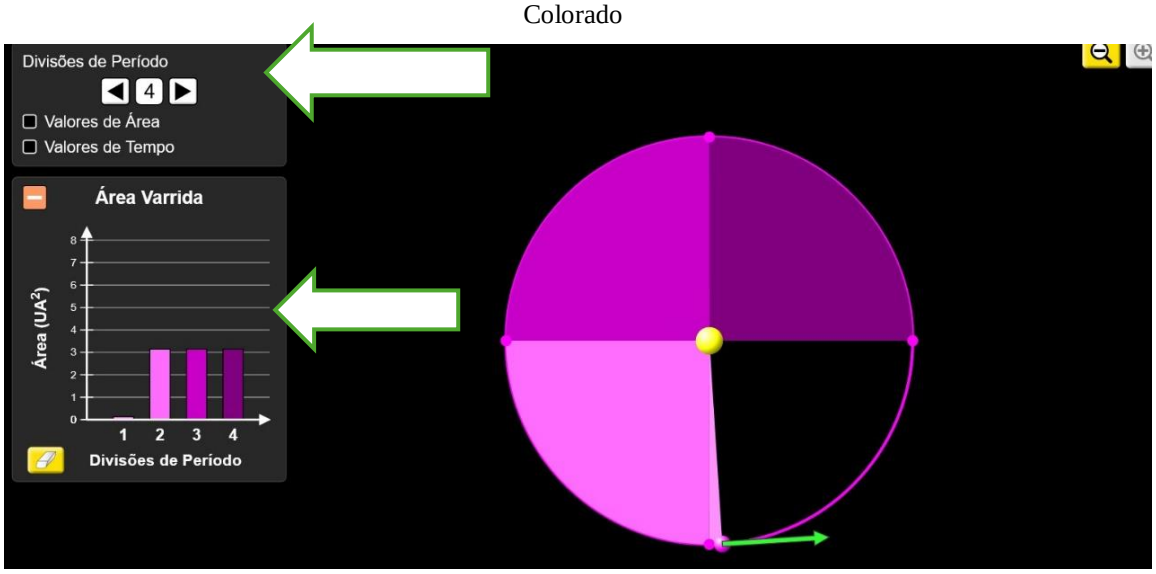
A Segunda lei de Kepler é consequência da chamada conservação angular, que é a quantidade de movimento de rotação de uma partícula em um sistema de partículas. Vejamos, portanto, como visualizar e analisar tal fenômeno através do PhET Colorado (Figura 11). Como a trajetória de um planeta varia em diferentes áreas em seu movimento elíptico, é possível observar na Figura 12 que se demarcaram 4 períodos. De acordo com a seta indicativa, é possível realizar variações de no mínimo 2 períodos e de no máximo 6 períodos, ficando a cargo do usuário a sua definição. Verifica-se ainda que o gráfico da área percorrida apresenta as divisões conforme os períodos demarcados. Da análise da Figura 12, observa-se que as áreas são discriminadas de acordo com o número de períodos selecionados para a divisão.

Figura 11: Representação da Segunda Lei de Kepler no PhET.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/keplers-laws/latest/keplers-laws_all.html

Figura 12: Representação gráfica da Segunda Lei de Kepler no PhET Colorado

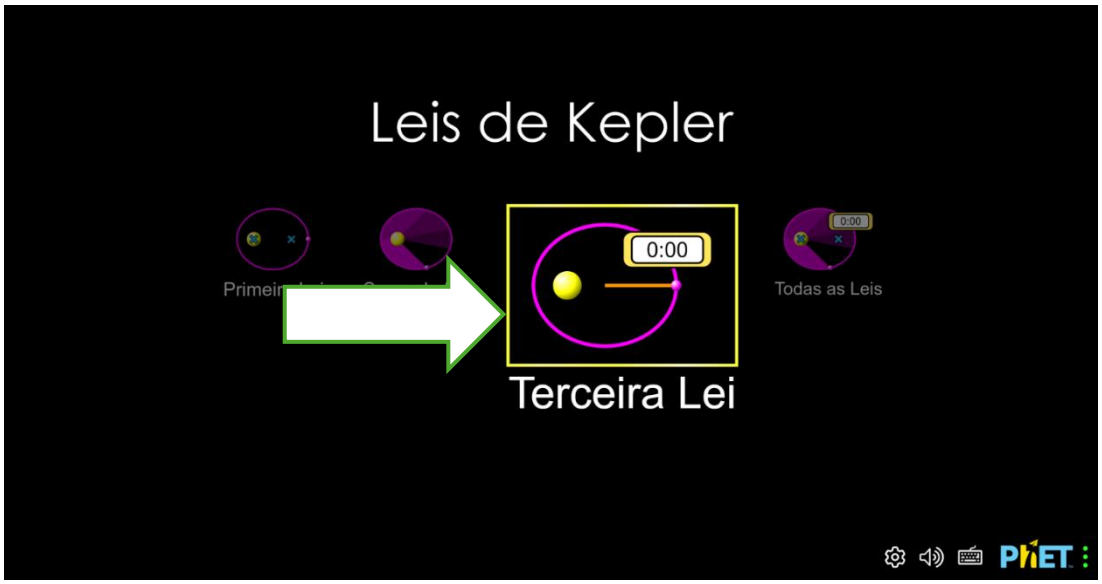


Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/keplers-laws/latest/keplers-laws_all.html

Conforme já mencionado, verifica-se da análise da 2° Lei de Kepler, que cada planeta realiza sua trajetória orbital variando-se a sua velocidade e que o planeta, quando mais próximo do Sol, realiza sua trajetória mais rapidamente, e quando mais distante dele, o faz de maneira mais lenta.

A Terceira Lei de Kepler, também conhecida como Lei dos Períodos, também pode ser estudada com o simulador PhET Colorado. A Figura 13 é a interface do simulador para esta lei.

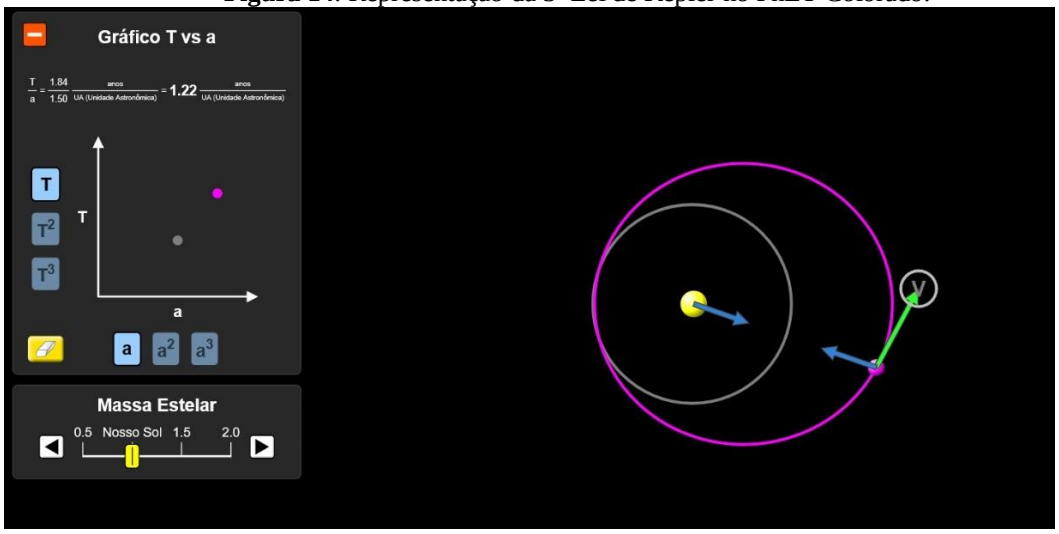
Figura 13: Representação da Terceira Lei de Kepler no PhET.



Fonte: Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/keplers-laws/latest/keplers-laws_all.html.

Explorando as ferramentas do simulador, é possível verificar que existe uma relação linear entre o quadrado do período de translação e o raio médio da órbita do planeta. Ou seja, se fizermos o gráfico $T^2 \times a^3$ na Figura 14 veremos uma reta. Isso não ocorrerá se fizermos, por exemplo, o gráfico $T \times a$.

Figura 14: Representação da 3ª Lei de Kepler no PhET Colorado.



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/keplers-laws/latest/keplers-laws_all.html?locale=pt.

O simulador PhET oferece a opção de explorar didaticamente todos os planetas do Sistema Solar. Neste caso, escolhemos focar no planeta Terra. É possível analisar a trajetória da Terra em relação ao Sol, com a fórmula do fenômeno e um gráfico plotado automaticamente. A unidade astronômica (UA) é uma abreviação do semieixo da órbita

elíptica.

De acordo com Casemiro (2019), as aulas de Física podem se tornar cada vez mais atrativas para os alunos. Os professores podem adotar novas metodologias de ensino, incentivando a participação ativa dos alunos e proporcionando a liberdade de construção do próprio conhecimento. Com a abundância de recursos disponíveis na internet, a utilização de experimentos em sala de aula facilita a compreensão dos conteúdos pelos alunos. Antunes (2009) destaca que essas tecnologias têm um potencial interessante em suas aplicações, especialmente no que diz respeito aos programas de simulação computacional. Essas simulações demonstram conceitos e fenômenos que dificilmente poderiam ser realizados nos laboratórios didáticos escolares tradicionais. Essa interação proporciona a liberdade de aplicar e analisar fenômenos de maneira didática e intuitiva. Ao incorporar essa abordagem interativa nas aulas, cria-se um ambiente propício para questionamentos e aprofundamento do conhecimento por parte dos estudantes.

DESCRIÇÃO DE ATIVIDADE PRÁTICA

A tecnologia tem auxiliado professores e estudantes no campo da investigação científica e educacional. De acordo com Oliveira Júnior (2011), vivemos na era da informação, na qual o sistema educacional evolui em conjunto com o sistema tecnológico. Há pouco tempo, o homem analisava o céu de forma geocêntrica, e, com o passar dos anos, essa teoria foi comprovada como incorreta. Hoje, é possível estudar o universo até mesmo de forma didática, como no caso do PhET. Criado em 2002 por Carl Wieman, o *software* é fundamentado na pesquisa e na interação entre professor e estudante.

O ensino das Leis de Kepler enfrenta desafios pela complexidade dos conceitos astronômicos envolvidos. Este trabalho propõe o uso do simulador PhET como solução inovadora, transformando o aprendizado em um processo dinâmico e acessível.

A metodologia combina:

- Exposição teórica dos conceitos fundamentais;
- Demonstração prática com o simulador;
- Interação ativa dos alunos com a ferramenta;

- Avaliação dos resultados obtidos.

McKagan (2008) destaca três vantagens principais dessa abordagem:

- Visualização intuitiva dos fenômenos físicos;
- Aprendizagem investigativa através da manipulação direta;
- Contextualização que liga teoria e realidade.

A plataforma PhET supera as limitações dos métodos tradicionais ao:

- Substituir abstrações matemáticas por representações gráficas;
- Promover o protagonismo estudantil;
- Aumentar o engajamento através da interatividade.

Esta proposta beneficia tanto professores, que ganham um recurso didático eficaz, quanto alunos, que experimentam uma aprendizagem mais significativa. A combinação entre fundamentação teórica e experimentação virtual mostra-se particularmente eficaz para despertar o interesse pela astronomia e facilitar a compreensão dos movimentos planetários.

A aplicação da proposta pedagógica foi realizada no Instituto Educacional Betseda, instituição que atende desde a Educação Infantil até o 9º ano do Ensino Fundamental. Localizado na Av. Lapa, 3505 - Alvorada, Vitória da Conquista (BA), o colégio possui aproximadamente 150 estudantes distribuídos em turmas do Infantil III ao 9º ano.

Essa experiência demonstrou que, mesmo em uma instituição de porte médio como o Betseda, é possível implementar práticas pedagógicas inovadoras no ensino de Astronomia. O uso do simulador PhET, combinado com a mediação ativa do professor, mostrou-se eficaz para:

- Facilitar a compreensão visual dos conceitos astronômicos;
- Promover a interação e participação ativa dos alunos;
- Contextualizar as Leis de Kepler com situações observáveis.

A abordagem revelou-se particularmente valiosa para despertar o interesse dos estudantes do Ensino Fundamental pelos fenômenos celestes. Os resultados obtidos, que discutiremos a seguir, comprovam o potencial dessa metodologia para transformar o ensino da astronomia em uma aula significativa e engajadora.

Figura 15: Instituto Educacional Betseda – Vitória da Conquista, BA

Fonte: Redes Sociais do Instituto Educacional Betseda.

Resultados e Discussões

Os resultados evidenciam não apenas uma melhora significativa no desempenho dos estudantes, mas também uma mudança perceptível em sua postura diante dos conteúdos de Astronomia. O uso do simulador PhET, aliado a uma mediação docente intencional, demonstrou ser uma estratégia eficaz para transformar conceitos abstratos em experiências compreensíveis e motivadoras. Essa prática reforça a importância de metodologias ativas e do uso de tecnologias acessíveis no ensino de Ciências, mostrando que é possível promover aprendizagem significativa mesmo em contextos com recursos limitados.

O artigo relata a aplicação prática do simulador PhET no ensino das Leis de Kepler para duas turmas do Ensino Fundamental - uma do 7º ano (com 9 alunos) e outra do 8º ano (com 10 estudantes). No dia da aplicação, estiveram presentes 14 estudantes, com faixa etária entre 12 e 15 anos. Por meio da simulação interativa, os estudantes exploraram conceitos astronômicos, como órbitas elípticas e movimento planetário, transformando conteúdos abstratos em experiências concretas. O trabalho descreve a metodologia utilizada, os resultados observados em sala de aula e as vantagens dessa abordagem prática para o aprendizado de Física e Astronomia.

A abordagem consistiu em demonstração utilizando o simulador PhET Colorado

projetado para a turma, através do qual foram apresentados conceitos astronômicos como órbitas elípticas e movimento planetário, transformando conteúdos abstratos em exemplos visuais concretos.

Os recursos utilizados foram: projetor, *notebook*, pincel e quadro branco. A metodologia baseou-se em:

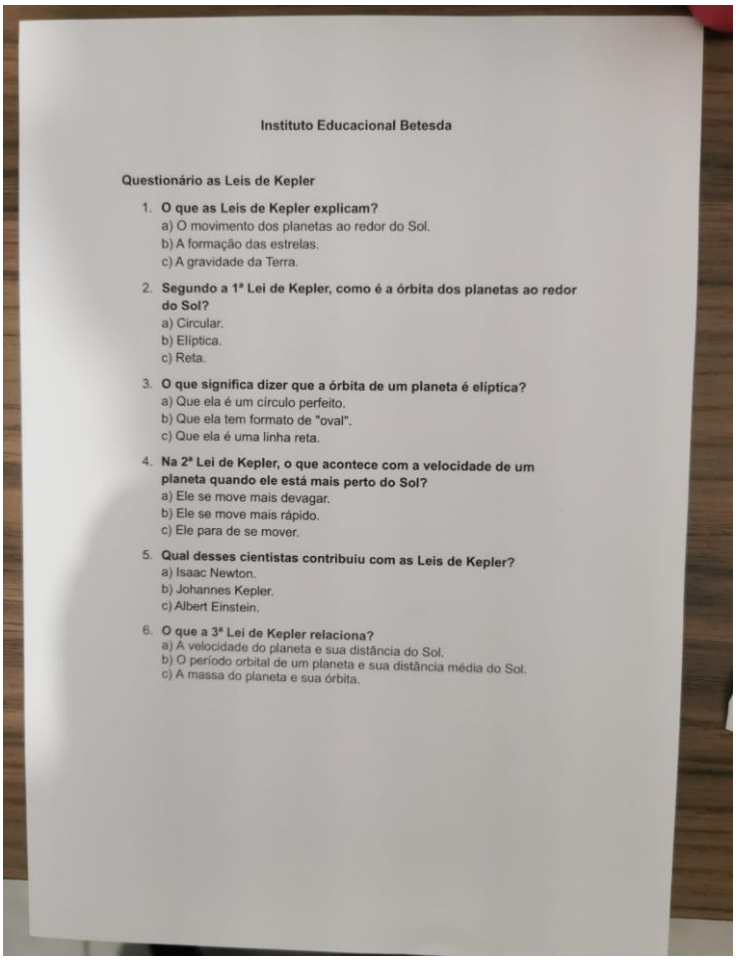
- Exposição dialogada com apoio das simulações projetadas;
- Ilustração dos conceitos-chave das Leis de Kepler;
- Interação verbal com os alunos por meio de questionamentos;
- Questionário avaliativo.

A análise dos resultados focou-se no:

- Entendimento conceitual avaliado por respostas orais;
- Engajamento dos alunos durante a exposição;
- Capacidade de relacionar os conceitos com fenômenos astronômicos.

Na Figura 16, o questionário que foi aplicado após a aplicação da atividade prática com o simulador PhET Colorado.

Figura 16: Questionário aplicado aos estudantes após a realização da atividade prática.



Instituto Educacional Betesda

Questionário as Leis de Kepler

1. **O que as Leis de Kepler explicam?**
   a) O movimento dos planetas ao redor do Sol.
   b) A formação das estrelas.
   c) A gravidade da Terra.
2. **Segundo a 1ª Lei de Kepler, como é a órbita dos planetas ao redor do Sol?**
   a) Circular.
   b) Elíptica.
   c) Reta.
3. **O que significa dizer que a órbita de um planeta é elíptica?**
   a) Que ela é um círculo perfeito.
   b) Que ela tem formato de "oval".
   c) Que ela é uma linha reta.
4. **Na 2ª Lei de Kepler, o que acontece com a velocidade de um planeta quando ele está mais perto do Sol?**
   a) Ele se move mais devagar.
   b) Ele se move mais rápido.
   c) Ele para de se mover.
5. **Qual desses cientistas contribuiu com as Leis de Kepler?**
   a) Isaac Newton.
   b) Johannes Kepler.
   c) Albert Einstein.
6. **O que a 3ª Lei de Kepler relaciona?**
   a) A velocidade do planeta e sua distância do Sol.
   b) O período orbital de um planeta e sua distância média do Sol.
   c) A massa do planeta e sua órbita.

Fonte: Elaborado pelos próprios autores.

Antes da atividade, 70% dos estudantes associaram órbitas planetárias a trajetórias circulares. Após a simulação no PhET, 90% corrigiram essa concepção, descrevendo corretamente as órbitas como elípticas e relacionando a excentricidade com o formato da órbita.

Figura 18: Explicação sobre as Leis de Kepler antes da aplicação da atividade prática.

Fonte: Próprios autores. Os rostos dos estudantes foram cobertos propositadamente para preservar a não identificação dos mesmos.

Os estudantes tiveram contato com o simulador PhET através de um notebook pessoal, já que a escola não dispõe de laboratório de informática. A atividade seguiu uma sequência didática composta por: (1) aula expositiva inicial; (2) interação com a simulação; e (3) aplicação de questionário avaliativo.

Os resultados demonstraram a eficácia da abordagem: dentre os 14 estudantes participantes, 85% obtiveram acertos nas questões sobre as Leis de Kepler. Esse desempenho significativo corrobora as conclusões de McKagan (2008) sobre o potencial das simulações interativas para promover aprendizagem significativa. Como o autor demonstra, a combinação entre visualização gráfica e manipulação direta dos parâmetros orbitais facilita a construção de modelos mentais mais precisos sobre fenômenos astronômicos.

O elevado índice de acertos (Tabela 1 e gráfico 1) também encontra respaldo nos estudos de Moreira (2021) sobre metodologias ativas. Segundo o autor, quando os estudantes assumem papel ativo na manipulação de variáveis e observação de resultados - como ocorreu com o uso do PhET - a aprendizagem se torna mais profunda e duradoura. Esse aspecto é particularmente relevante no ensino de conteúdos abstratos

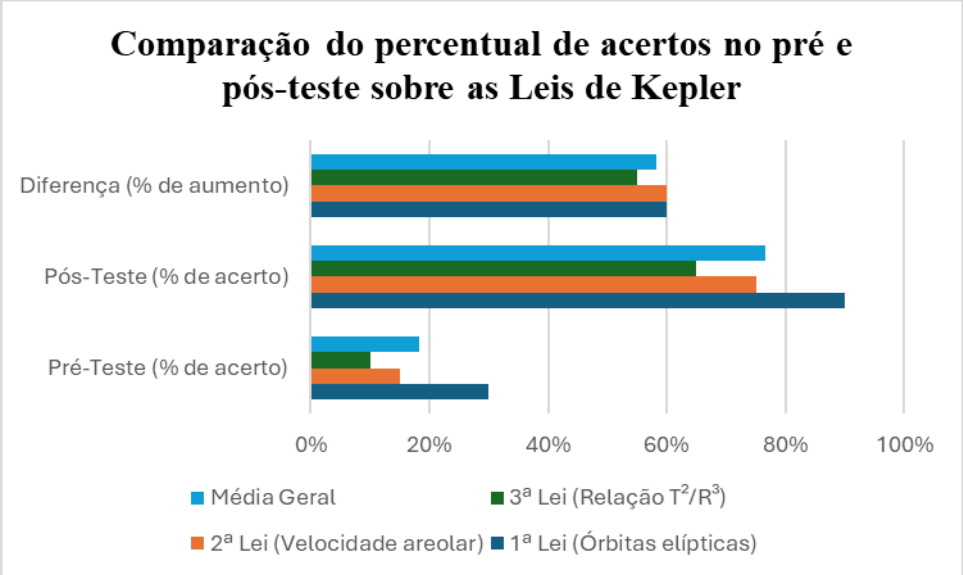
como as Leis de Kepler, que tradicionalmente apresentam dificuldades de compreensão quando abordados apenas de forma teórica.

Tabela 1: Comparação de acertos antes e depois da aplicação da atividade prática

Conceito	**Pré-teste (% acertos)**	**Pós-teste (% acertos)**
1ª Lei (Órbitas)	70%	95%
2ª Lei (Áreas)	20%	75%
3ª Lei (Períodos)	40%	85%

Fonte: Elaborado pelos próprios autores.

Gráfico 1: Comparação percentual de acertos



Fonte: Elaborado pelos próprios autores

Os resultados evidenciam não apenas uma melhora significativa no desempenho dos estudantes 85% de acertos no pós-teste, mas também uma transformação perceptível em sua postura diante da Astronomia. Durante as atividades, observou-se maior engajamento e curiosidade científica, com questionamentos que ultrapassavam o conteúdo programático - indicativo do desenvolvimento da autonomia intelectual preconizada por Moreira (2021).

O uso do simulador PhET, aliado a uma mediação docente intencional, confirmou-se como estratégia eficaz para transpor as barreiras do ensino tradicional. Como destacam

McKagan (2008) e outros pesquisadores da área, a combinação entre visualização interativa e experimentação digital transforma conceitos abstratos em vivências concretas, democratizando o acesso ao conhecimento científico mesmo em contextos com infraestrutura limitada - realidade comum na educação brasileira.

Esta experiência demonstra que a inovação pedagógica não depende exclusivamente de recursos tecnológicos sofisticados, mas sim de abordagens criativas que articulem ferramentas acessíveis como o *PhET* com metodologias ativas. Nas considerações finais, discutiremos como essa proposta pode ser adaptada e ampliada para diferentes realidades escolares, reforçando seu potencial como alternativa viável para o ensino de astronomia na educação básica.

A seguir, nas considerações finais, destacam-se os principais aprendizados da experiência e as possibilidades de ampliação dessa abordagem em outros cenários educativos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta do trabalho comprometeu-se com os objetivos definidos para a sua construção. Conforme apresentado, buscou-se trazer uma abordagem didática sobre as Leis de Kepler, essenciais e fundamentais para o avanço da Astronomia moderna. Com o auxílio do *software* PhET Colorado, foi possível proporcionar-se uma experiência visual destoante do habitual em sala de aula para o estudo de Física, e da Astronomia em particular, visando despertar o interesse dos estudantes de modo geral.

Demonstrou-se que a aula expositiva mediada pelo simulador PhET Colorado foi uma estratégia eficaz para o ensino das Leis de Kepler no Ensino Fundamental, mesmo sem a interação direta dos estudantes com a ferramenta.

O trabalho evidenciou o poder transformador que uma simples aula expositiva, quando mediada por recursos tecnológicos como o simulador PhET, pode ter no processo de ensino-aprendizagem. Os dados comprovam esta percepção: passou-se de menos de 20% de compreensão inicial para quase 80% de acertos após a intervenção. Mas por trás desses percentuais há uma história mais significativa: o despertar do interesse dos estudantes pela Astronomia ao verem conceitos abstratos ganharem vida na tela e de professores que descobriram novas possibilidades pedagógicas mesmo com recursos limitados.

Os dados coletados evidenciam que esta abordagem visual e dinâmica facilita o

processo de aprendizagem, como comprovado pelo significativo aumento no percentual de acertos nos testes pós-intervenção.

Um aspecto particularmente relevante diz respeito à acessibilidade. Ao contrário de equipamentos especializados de laboratório, o PhET Colorado requer apenas um computador básico e projetor, recursos já disponíveis na maioria das escolas. Esta característica o torna uma solução viável para diferentes contextos educacionais, incluindo instituições com recursos limitados.

A receptividade dos estudantes merece destaque especial. Observou-se não apenas uma melhoria no desempenho acadêmico, mas também uma mudança perceptível na atitude em relação à disciplina.

Do ponto de vista pedagógico, a experiência sugere que a integração de tecnologias educacionais como o PhET Colorado representa mais do que uma simples atualização metodológica. Trata-se de uma redefinição da maneira como conceitos científicos que podem ser apresentados e compreendidos, aproximando a teoria da experiência concreta.

Os resultados obtidos apontam para a necessidade de incorporar tais ferramentas nos currículos de forma sistemática. A formação docente no uso destes recursos, o desenvolvimento de materiais de apoio específicos e a criação de redes de compartilhamento de experiências surgem como passos fundamentais para ampliar o impacto desta abordagem.

Em síntese, este trabalho não apenas comprova a eficácia do PhET Colorado como recurso didático, mas também abre perspectivas para uma renovação do ensino de ciências. Ao transformar conceitos abstratos em experiências visuais e palpáveis, representa um avanço significativo na busca por uma educação científica mais acessível, envolvente e eficaz.

REFERÊNCIAS

ANTUNES, J. M. **Simulações computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino de conceitos básicos de eletromagnetismo**. 2009. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BASTOS, K. S. et al. **Laboratório móvel de eletrostática usando materiais de baixo custo**. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, 2022.

CARVALHO, H. R.; NASCIMENTO, L. A. Copérnico e a teoria heliocêntrica. **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia**, São Paulo, n. 27, p. 7-34, 2019.

IAG-USP. Mecânica dos Sistemas Planetários. São Paulo: Departamento de Astronomia do IAG-USP, 2020. (Material didático).

LUCAS, C. S. **Abordagem alternativa para as leis de Kepler**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Amargosa, 2007.

MCKAGAN, S. B. et al. Developing and researching PhET simulations. **American Journal of Physics**, v. 76, n. 4, p. 406-417, 2008.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, e20200451, 2021.

MURRAY, C. D.; DERMOTT, S. F. **Solar System Dynamics**. Cambridge: Cambridge University Press, 1999.

UFRB. Modelos Planetários. Cruz das Almas: Laboratório de Astronomia da UFRB, 2021. (Série de vídeos educativos).

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. Kepler's Laws. University of Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/keplers-laws.

WIEMAN, Carl E. et al. Teaching physics using PhET simulations. **The Physics Teacher**, v. 48, n. 4, p. 225-227, 2010.

VÖLKEL, W. et al. Metabolism and kinetics of bisphenol A. **Chemical Research in Toxicology**, v. 15, n. 10, p. 1281-1287, 2002.

AUTORES

Jonatas Moreira Costa Silva

https://orcid.org/0009-0005-9116-2025

Licenciado em Física pela Universidade Metropolitana de Santos e especialista em ensino de matemática (UFRB). Professor de Física pela SEC - BA

Antônio Carlos Aido de Almeida

Possuo o Bacharelado (1998) e o mestrado (2001) em Física pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) e o doutorado (2004) e o pós-doutorado (2006) em Engenharia Elétrica pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Também possuo a Licenciatura em Matemática pela Universidade Paulista (UNIP-2023). Possuo duas especializações em Educação a Distância pela Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES) e um MBA pelo Instituto Brasileiro de Mercado de Capitais (IBMEC) em Investimentos. Atualmente sou professor titular da Universidade Paulista (UNIP) e da Universidade Metropolitana de Santos (UNIMES) em diferentes cursos de graduação.

Artigo Recebido em: 30/12/2024
Aceito para Publicação em: 23/07/2025