



INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE  
DIRETORIA ACADÊMICA DE CIÊNCIAS  
SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Maria Adna Sena da Silva

## **PRODUTO EDUCACIONAL**

# **UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA GRAVITAÇÃO BASEADA EM SIMULADORES COMPUTACIONAIS**

Natal  
Maio de 2023

Maria Adna Sena da Silva

UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA GRAVITAÇÃO  
BASEADA EM SIMULADORES COMPUTACIONAIS

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: UMA PROPOSTA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA GRAVITAÇÃO BASEADA EM SIMULADORES COMPUTACIONAIS, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 10 – IFRN, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador(es):

Dr. Tibério Magno de Lima Alves

Natal-RN

2023

## **AGRADECIMENTOS**

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – código de financiamento 001.

# Lista de Figuras

|      |                                                             |    |
|------|-------------------------------------------------------------|----|
| 2.1  | Tela inicial do NAAP Labs. . . . .                          | 9  |
| 2.2  | Tela inicial do Planetary Orbits. . . . .                   | 10 |
| 2.3  | Interface do Planetary Orbits Simulator. . . . .            | 10 |
| 2.4  | Menu de configurações das órbitas. . . . .                  | 11 |
| 2.5  | Menu de Controle da Animação. . . . .                       | 12 |
| 2.6  | Menu de Controle da Animação. . . . .                       | 13 |
| 2.7  | Menu da primeira lei de Kepler. . . . .                     | 13 |
| 2.8  | Menu da 2 <sup>o</sup> lei de Kepler. . . . .               | 14 |
| 2.9  | Menu da 3 <sup>o</sup> lei de Kepler. . . . .               | 14 |
| 2.10 | Menu da lei da gravitação de Newton. . . . .                | 15 |
| 3.1  | Simulação da Lei da Gravitação Universal de Newton. . . . . | 25 |
| 3.2  | Primeira Lei de Kepler. . . . .                             | 29 |
| 3.3  | Segunda Lei de Kepler. . . . .                              | 30 |
| 3.4  | Simulação da lei das órbitas do sistema solar. . . . .      | 31 |
| 3.5  | Simulação da lei das áreas do sistema solar. . . . .        | 32 |
| 3.6  | Simulação da lei dos períodos do sistema solar. . . . .     | 33 |

# Lista de Tabelas

|     |                                                                |    |
|-----|----------------------------------------------------------------|----|
| 3.1 | Quadro de descritivo das etapas da Sequência Didática. . . . . | 17 |
|-----|----------------------------------------------------------------|----|

# Sumário

|                                                                                   |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Lista de Figuras</b>                                                           | <b>4</b>  |
| <b>Lista de Tabelas</b>                                                           | <b>5</b>  |
| <b>1 Apresentação</b>                                                             | <b>7</b>  |
| <b>2 Planetary Orbit Simulator</b>                                                | <b>9</b>  |
| 2.1 Funcionalidades do Simulador . . . . .                                        | 11        |
| <b>3 Proposta de Sequência Didática</b>                                           | <b>16</b> |
| 3.1 Primeira Etapa: Resgatando os conhecimentos prévios . . . . .                 | 17        |
| 3.2 Segunda Etapa: A gravidade . . . . .                                          | 21        |
| 3.2.1 Atividade 01: Velocidade orbital dos planetas ao redor do Sol. . . . .      | 24        |
| 3.3 Terceira Etapa: As leis de Kepler . . . . .                                   | 26        |
| 3.3.1 Atividade 01: Simulando a Primeira Lei de Kepler: Lei das Órbitas. . . . .  | 30        |
| 3.3.2 Atividade 02: Simulando a Segunda Lei de Kepler: Lei das Áreas. . . . .     | 31        |
| 3.3.3 Atividade 03: Simulando a Terceira Lei de Kepler: Lei dos Períodos. . . . . | 32        |
| 3.4 Quarta Etapa: Aplicação . . . . .                                             | 33        |

# 1 Apresentação

Com os desafios contínuos no processo de ensino e aprendizagem enfrentados por muitos professores em sala de aula surge a necessidade de criar novas propostas de ensino, ideias e recursos que sirvam de apoio aos educadores para elaboração de aulas que despertem a curiosidade e imaginação dos estudantes.

A maioria dos estudantes estão frequentemente envolvidos com as diferentes tecnologias de comunicação e mídias sociais. Todas essas tecnologias oferecem uma oportunidade para melhorar e desenvolver metodologias de aprendizagens inovadoras. Em um caso particular, tratando-se da teoria envolvida na gravitação e nas leis de Kepler, ensinar os alunos utilizando apenas o livro didático pode se tornar algo enfadonho, pois o aluno talvez visualize somente imagens/equações e não consiga enxergar o movimento dos corpos como acontece na maioria dos casos, o que pode afastar o aluno da perspectiva investigativa que a ciência pode proporcionar. Em virtude da importância do tema para o aprendizado dos alunos, pois podem ser observadas situações no cotidiano da aplicação desse conteúdo, tais como uma simples queda de um objeto até a força que mantém a Lua orbitando à Terra, faz-se necessário que o professor abra seu leque de possibilidades de ferramentas de ensino, com o objetivo de que o aluno consiga compreender além dos conteúdos conceituais também tenha a oportunidade de visualizar de forma interativa diversas situações que surgem a partir da aplicação de leis da Física.

A partir desses elementos, o produto educacional elaborado nesse trabalho de mestrado é uma proposta de sequência didática que visa ser uma ferramenta adicional de apoio para o professor com o propósito de ensinar o movimento dos corpos celestes e a gravidade utilizando o simulador computacional Planetary Orbits da Naap Labs, disponível na plataforma online da Native Apps. Seu download pode ser feito no site <https://astro.unl.edu/nativeapps/> de acordo com sistema operacional do usuário. A sequência didática é um conjunto de orientações e sugestões de atividades, utilizando diferentes ferramentas pedagógicas como o objetivo de criar mais um recurso de apoio didática que possibilite novas estratégias para o ensino de Física.

Além disso ela pode ser desenvolvido tanto na grade curricular convencional

quanto em um curso extracurricular para alunos do 1º ano do ensino médio. Este material foi dividido em duas partes: na primeira parte encontraremos uma breve apresentação da Native Apps, bem como um guia de instruções dos recursos dos simuladores traduzido para o português. Na segunda parte, teremos a elaboração da proposta de sequência didática, orientando detalhadamente cada atividade.

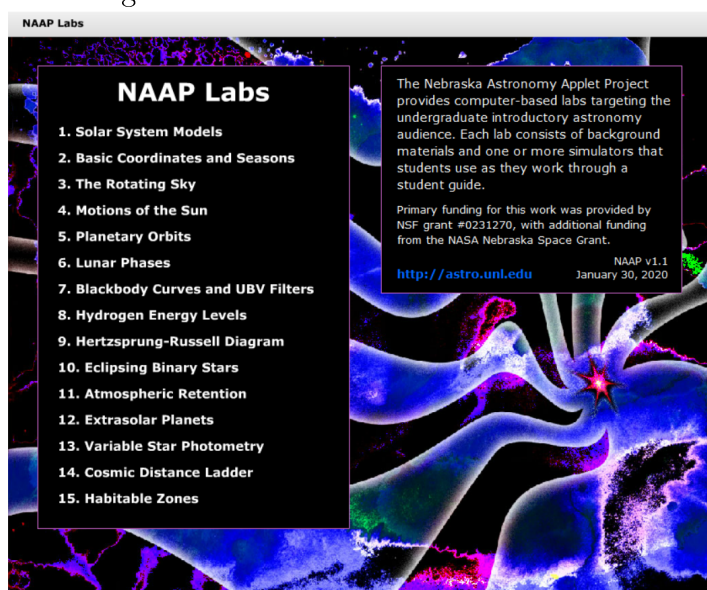
## 2 Planetary Orbit Simulator

O Planetary Orbit Simulator é um *software* de simulações que modela o movimento dos planetas do nosso sistema solar de acordo com as leis do movimento planetário de Kepler e com a lei da Gravitação Universal de Newton, que está incluído no Nebraska Astronomy Applet Project (NAAP) um laboratório virtual com demonstrações que permitem discutir questões relacionadas aos aspectos teóricos da Física, principalmente da astronomia, voltados para o público de nível médio e de graduação.

Para utilizar o simulador, o professor (ou aluno) deve, primeiramente, fazer o *download* do pacote apropriado para seu sistema de computador. Esses são *softwares* executados em seu sistema operacional nativo e sua longevidade depende apenas do seu sistema operacional. O aplicativo poderá ser executado em *Windows* (64 bits e 32 bits) e em computadores *Macintosh* (64 bits).

O guia e informações para *download* pode ser adquirido gratuitamente na plataforma da Native Apps por meio do *site* <https://astro.unl.edu/nativeapps/>. O simulador está disponível apenas no idioma da língua inglesa, porém pode ser facilmente traduzido por meio do *google* tradutor.

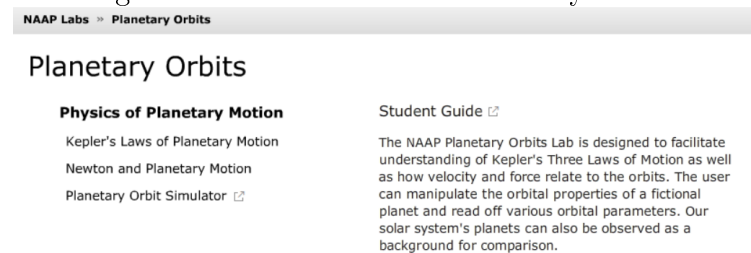
Figura 2.1: Tela inicial do NAAP Labs.



Fonte: NAAP Labs, 2022.

A figura 4.1 mostra a primeira visão que temos do aplicativo da NAAP labs após ter concluído a instalação em seu computador. Esse aplicativo é muito útil, pois além de mostrar as simulações físicas, apresenta uma breve explicação do conteúdo e algumas sugestões de atividades.

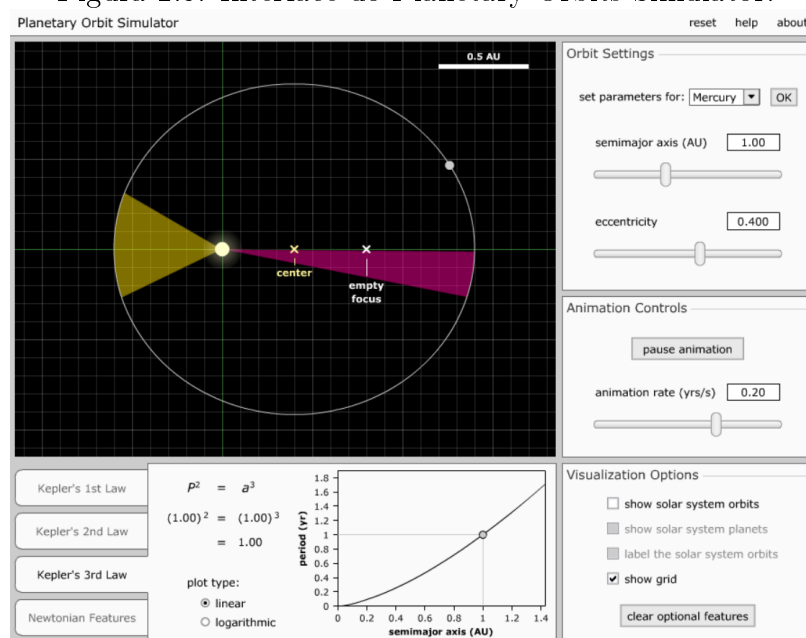
Figura 2.2: Tela inicial do Planetary Orbits.



Fonte: NAAP Labs, 2022.

Ao clicar no item 5 da figura 4.1 (5. Planetary Orbits), será encaminhado até interface da NAAP Labs. Na figura 4.2 podemos ver a tela inicial do *software* onde teremos uma introdução as Leis do movimento de Kepler e a lei da Gravitação de Newton, bem como o simulador do movimento planetário.

Figura 2.3: Interface do Planetary Orbits Simulator.



Fonte: NAAP Labs, 2022.

Quando é clicado no nome Planetary Orbits Simulator aparece a tela inicial do simulador com as principais barras de ferramentas, conforme a figura 4.3. Este simulador

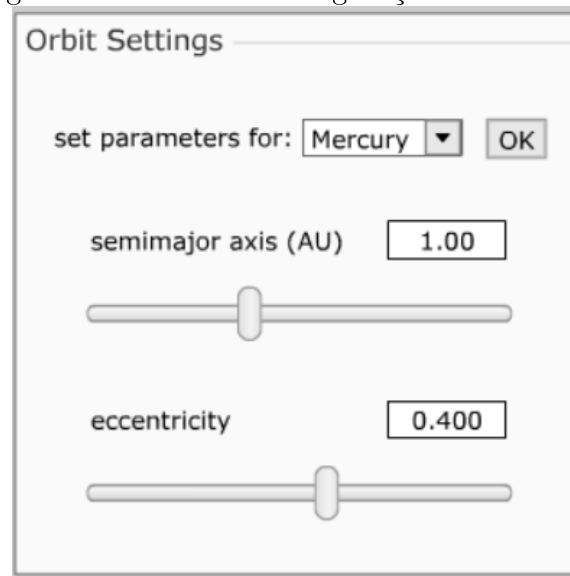
ilustra a física das órbitas planetárias. São demonstrados cada uma das três leis de Kepler e os aspectos da lei de Newton. O aluno pode controlar o tamanho e a excentricidade da órbita, visualizar vetores de velocidade e aceleração, os eixos da órbita, entre outras coisas.

Como vimos o simulador Planetary Orbits tem um *layout* intuitivo e a interface bem direta e fácil de manipular.

## 2.1 Funcionalidades do Simulador

Este tópico tem por finalidade ajudar professores e alunos na familiarização das funcionalidades e ferramentas do Simulador de Órbitas Planetárias e mostrar de forma clara e direta como manipular as principais variáveis que serão utilizadas posteriormente em nossa proposta de ensino. Contudo, vale ressaltar que os procedimentos apresentados não são os únicos, os professores e alunos podem explorar ainda mais os recursos caso haja necessidade.

Figura 2.4: Menu de configurações das órbitas.



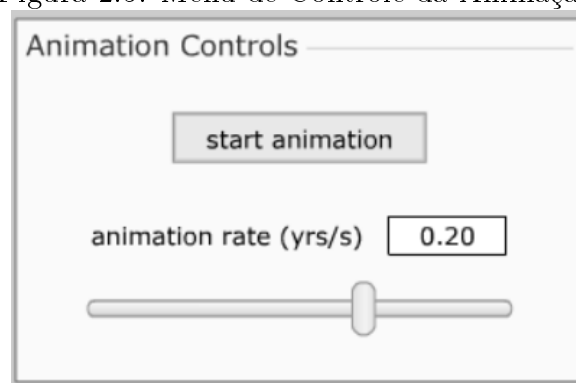
Fonte: NAAP Labs, 2022.

- Menu de configurações das órbitas, figura 4.4.
  - Esse recurso oferece um parâmetro na qual o aluno pode escolher em qual dos

oito planetas (Mercúrio, Vênus, Terra, Marte, Júpiter, Saturno, Urano, Netuno incluindo o Plutão) irá fazer a simulação da trajetória orbital.

- Semimajor axis (AU): Você pode ajustar o semieixo maior da elipse deslizando a barrinha. Com essa opção você poderá visualizar que o eixo maior é a distância do centro a qualquer um dos focos. Ele é medido em Unidade Astronômica (AU) e varia de 0.1AU até 50.0 AU.
- Excentricity: A excentricidade da órbita também pode ser alterada e com isso você pode ver o desvio da órbita dos planetas a partir de uma órbita circular. A excentricidade varia de 0 para uma órbita circular a 1 em uma órbita altamente elíptica.

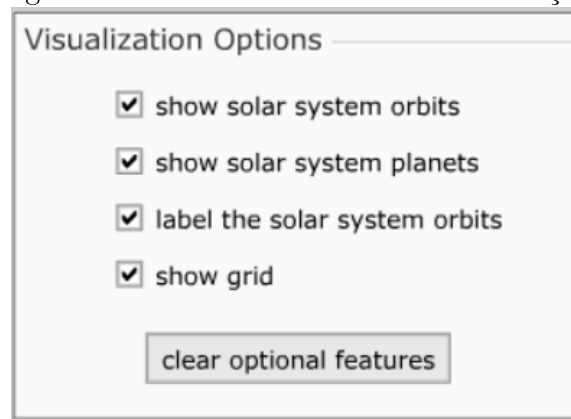
Figura 2.5: Menu de Controle da Animação.



Fonte: NAAP Labs, 2022.

- Menu de Controle da Animação, figura 4.5.
  - Você pode iniciar a animação.
  - Você pode ajustar a escala temporal em anos por segundo - basta arrastar a barrinha para esquerda ou para direita - fazendo isso você pode observar que a velocidade com que os planetas fazem suas trajetórias poderá ser modificada.
- Menu de visualização das órbitas, figura 4.6.
  - As órbitas do sistema solar.
  - Os planetas do sistema solar.

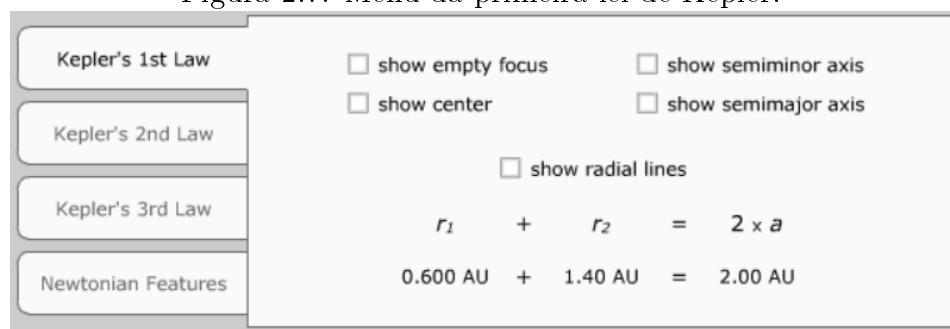
Figura 2.6: Menu de Controle da Animação.



Fonte: NAAP Labs, 2022.

- Nomear as órbitas do sistema solar.
- Mostrar as grades.

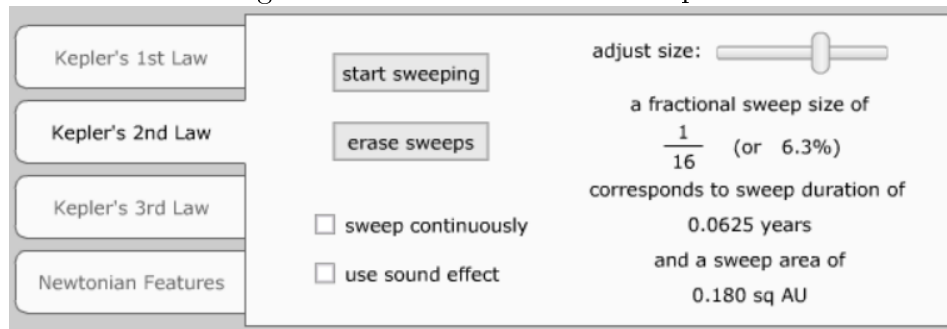
Figura 2.7: Menu da primeira lei de Kepler.



Fonte: NAAP Labs, 2022.

- Menu de visualização da primeira lei de Kepler, figura 4.7.
  - Nesta aba, pode-se observar cinco caixas que podem ser selecionadas. Na primeira caixa *show empty focus* podemos visualizar uma órbita elíptica o Sol fica em um dos focos.
  - Também podemos selecionar as medidas dos semieixo maior e semieixo menor, quanto maior a diferença de tamanho dos dois mais excêntrico será a elipse. Ou seja, nos diz o quão deformada é a trajetória dos planetas.
  - É possível, ainda, perceber que os planetas não ficam sempre a mesma distância do Sol. Existe um ponto em que o planeta está mais próximo do Sol, chamado de periélio, e um ponto em que fica mais distante, chamado afélio.

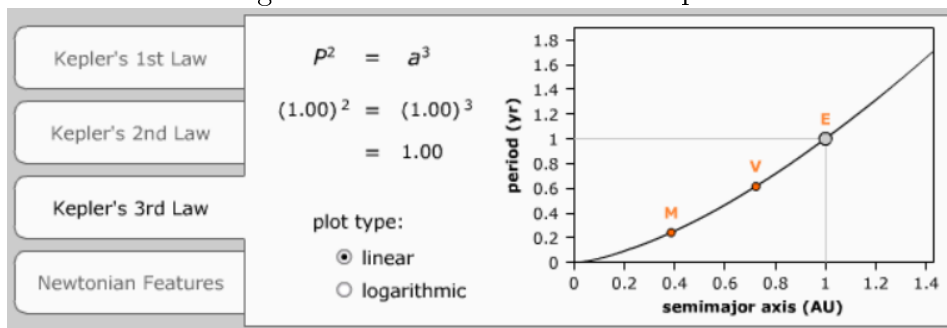
Figura 2.8: Menu da 2ª lei de Kepler.



Fonte: NAAP Labs, 2022.

- Menu de visualização da segunda lei de Kepler, figura 4.8.
  - Através desta aba podemos perceber como se comporta a velocidade dos planetas em suas trajetórias. Note que quando o planeta está mais distante do Sol, a velocidade tende a diminuir e quando mais próximo o planeta acelera, ou seja sua velocidade aumenta.
  - Selecionando o botão *Stop sweeping* e iniciando a simulação, pode-se observar faixas coloridas que representam as áreas e mostra que algumas regiões de tamanhos diferentes para cada uma das cores, varridas em intervalos de tempos iguais. Então as áreas também são iguais.
  - Ao deslizar a barra *adjust size*, é possível definir o tamanho da área varrida pelo planeta.

Figura 2.9: Menu da 3ª lei de Kepler.

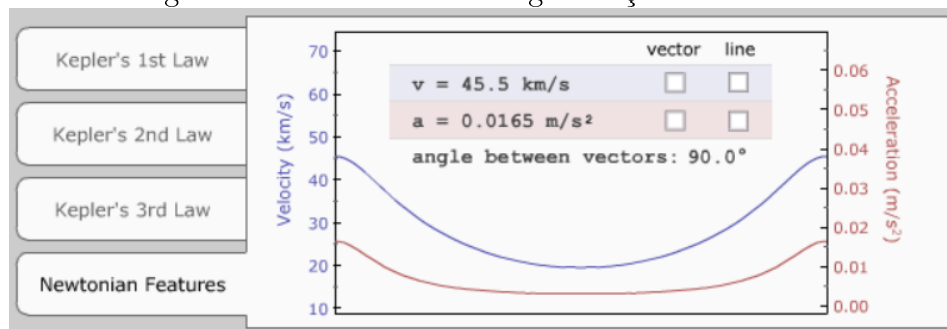


Fonte: NAAP Labs, 2022.

- Menu de visualização da terceira lei de Kepler, figura 4.9.

- Aqui podemos visualizar a relação entre a distância de um planeta ao Sol e seu tempo de revolução, ou seja para dar uma volta completa em torno do Sol.
- Nesta aba, podemos comprovar que o período de revolução de um planeta ao quadrado é igual ao cubo do semieixo maior, conforme a expressão  $p^2 \propto a^3$  que faz o cálculo para o planeta selecionado.

Figura 2.10: Menu da lei da gravitação de Newton.



Fonte: NAAP Labs, 2022.

- Menu de opções de visualização das órbitas, figura 4.10.
  - Na aba da lei de Newton podemos visualizar os vetores da velocidade e aceleração dos planetas e o ângulo entre eles.
  - Será possível perceber que a direção e o tamanho dos vetores mudam. No caso da aceleração, seu vetor muda de tamanho de acordo com diferentes pontos da trajetória, ou seja, quanto mais próximo do Sol maior o vetor, no entanto sua direção permanece a mesma sempre apontando para o Sol. Já para a velocidade, o seu vetor muda constantemente de direção e tamanho.

### 3 Proposta de Sequência Didática

A elaboração da sequência didática teve como pressuposto explorar a teoria da aprendizagem significativa, desenvolvida por David Ausubel, que estabelece uma relação direta entre a nova informação e as concepções prévias trazidas pelos estudantes. Conforme preconiza Ausubel, “[...] o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo” (MOREIRA, 1999).

Além disso, uma atividade que promova aprendizagem significativa requer uma análise das relações entre os materiais que se propõem na atividade e predisposição do estudante para aprender, visto que se há uma relação entre os dois há, portanto, uma verdadeira aprendizagem pois permite a atribuição de significados ao conhecimento.

Os conteúdos abordados no desenvolvimento do trabalho seguiram alguns pontos principais: (1) compreender e apreciar mais a força da gravidade idealizada por Newton; (2) entender o movimento dos corpos celestes a partir das três leis de Kepler; (3) previsão da trajetória de satélites, cometas e planetas. Esses conteúdos foram organizados de tal forma que os conceitos mais gerais e inclusivos foram incorporados na primeira etapa da sequência didática e gradualmente diferenciados em suas especificidades como pressupõe Ausubel no processo de diferenciação progressiva (OLIVEIRA *et al.*, 2011).

A organização desses conceitos permitem ao estudante fazer conexões e estabelecer ligações entre ideias, contemplando o segundo princípio da organização programática de conteúdo conforme a Aprendizagem Significativa que é a reconciliação integrativa (segundo princípio) (MOREIRA; MASINI, 1982). Dessa forma, o conteúdo é organizado de maneira progressiva no sequenciamento dos temas, propiciando uma organização sequencial que permite conexões entre os conceitos.

A sequência didática é composta por 8 (oito) aulas, cada uma delas de 50 minutos. A construção se deu a partir da busca e análise dos simuladores computacionais (SC) disponíveis na internet. O simulador selecionado nos possibilita realizar diferentes estratégias didáticas visando aulas mais dinâmicas e interativas, com um apelo visual que oferece ao estudante a possibilidade de uma melhor compreensão e aprendizagem.

Na tabela 5.1 apresentamos a descrição da elaboração de cada etapa da sequência didática:

Tabela 3.1: Quadro de descritivo das etapas da Sequência Didática.

| ETAPAS                              | DESCRIÇÃO                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | TEMPO          |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
| Resgatando os conhecimentos prévios | As atividades propostas nesse etapa permitem acesso aos conhecimentos prévios dos alunos acerca do movimento dos corpos e da gravidade para, diagnosticar o grau de maturação da turma. As atividades permitem a consciência das próprias ideias e a importância do que eles já sabem sobre a temática da aula. | 2 (duas) aulas |
| Introduzindo a Astronomia           | Nessa etapa, os estudantes terão possibilidade de compreender os aspectos gerais da gravidade (a força de atração entre os corpos - lei de Newton para a gravitação) por meio de atividade com (SC); percebendo-se como parte do universo e, portanto, também está exposto a ação da força da gravidade.        | 2 (duas) aulas |
| Compreendendo a Gravidade           | As atividades desse etapa tem como objetivo apresentar as três leis que descrevem o movimento dos planetário, que contemplam a compreensão da lei da gravitação universal e seus desdobramentos, a partir de simulações computacionais.                                                                         | 2 (duas) aulas |
| Aplicação                           | A proposta para essa aula permite ter uma percepção dos conceitos científico adquiridos pelos alunos, após a intervenção didática. Uma atividade será realizada ao fim de todo o processo, visando a observação dos avanços e assimilações do aluno frente ao conteúdo ministrado.                              | 2 (duas) aulas |

Fonte: Elaborado pela autora, 2022.

A sequência didática foi dividida em quatro etapas como mostrado na tabela, que contemplam os princípios de organização conceitual da teoria da aprendizagem significativa e os (SC). A seguir, são descritas cada uma delas.

### 3.1 Primeira Etapa: Resgatando os conhecimentos prévios

Observe o movimento dos corpos caindo no chão a partir de situações físicas e digitais para desenvolver uma compreensão de que todos os objetos, independentemente

de sua massa, soltos de uma mesma altura caem no chão na mesma velocidade e ao mesmo tempo. Esta atividade inclui mídia, como vídeos e experiências que os alunos podem analisar e usar como evidência para construir uma resposta para a pergunta foco: “Por que as coisas caem?”

Os alunos provavelmente já ouviram falar que a força da gravidade da Terra é o que impede cada um de nós flutuar no espaço. Nesta atividade, os alunos desenvolverão suas próprias observações e aprendizado para compreender melhor a força da gravidade. Ao final desta atividade, os alunos serão capazes de construir uma explicação sobre por que dois objetos soltos de uma mesma altura atingem o solo praticamente no mesmo instante e com a mesma velocidade, independentemente de sua massa - um conceito conhecido como lei da queda dos corpos.

- **Atribuição de tempo**

Duas aulas de aproximadamente 50 minutos cada.

- **Objetivos**

- Explicar o porque dos objetos, independente de sua massa, soltos de uma mesma altura caem no chão com a mesma velocidade.
- Compreender que a matéria possui propriedade de atrair matéria (propriedade medida pelo valor da massa).

- **Preparação para professores**

Em 1687, Isaac Newton publicou *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, uma obra de imenso e profundo impacto. Newton pronunciou três leis do movimento e uma lei da gravitação universal. Eles eram um conjunto unido de princípios que se aplicavam não apenas aos céus, mas também à terra de maneira uniforme. Sua simplicidade e aplicabilidade extremamente ampla mudaram para sempre a astronomia.

A história conta que Newton descobriu a Gravidade quando viu uma maçã caindo enquanto pensava nas forças da natureza. Mas independente do que tenha realmente acontecido, Newton percebeu que alguma força deveria estar agindo sobre

objetos em queda, porque, caso contrário, as maçãs não começariam a cair partir e permaneceriam onde estavam, em repouso.

Ao iniciar a explicação sobre o que vem a ser a gravidade, convém revisar alguns conceitos, por exemplo: **massa** é a quantidade de matéria em um determinado volume de algo. **Volume** é a quantidade de espaço que um objeto ou substância ocupa. Por exemplo, a massa de um saco de 1kg pregos é a mesma. Antes e depois de derretermos todos os pregos até o tamanho de uma bolinha de golfe. A massa de um objeto é o que determina quanta força é necessária para mover, acelerar ou desacelerar o objeto. Quanto maior a massa do objeto, mais força é necessária para alterar seu movimento.

Gravidade é a ação da força gravitacional que age entre quaisquer dois objetos que tenham massa. Peso é uma medida da força da gravidade puxando um objeto. A massa e o peso são coisas diferentes. O peso de um objeto depende de quão fortemente a gravidade está atuando sobre ele. Assim, algo pesará menos onde a força gravitacional sobre ele for mais fraca (como na Lua ou no espaço, por exemplo), mesmo que sua quantidade de matéria (massa) permaneça a mesma.

- **Materiais**

- Computador
- Projetor de multimídia
- Folha de papel A4
- Livro
- Pena
- Duas bolas de mesma massa, volumes diferentes.
- Duas bolas de mesmo volume, massas diferentes.

- **Recursos multimídia**

- Vídeo: Por que corpos de diferentes pesos caem juntos?
- Vídeo: Por que a Terra não cai no Sol?

- **Sugestão de Atividade**

Extraia ideias dos alunos e construa um histórico sobre a gravidade e por que as coisas caem. Em sua discussão, peça aos alunos, conforme necessário, para fazê-los perceber que a gravidade não é mesma em todos os planetas e estrelas. Por exemplo, segure um livro e uma pena e peça aos alunos que prevejam o que aconteceria se você os soltasse simultaneamente da mesma altura: eles atingiriam o solo ao mesmo tempo ou em momentos diferentes? Não deixe cair os objetos neste momento.

Os alunos então assistem dois vídeos. O primeiro vídeo intitulado “Por que corpos de diferentes pesos caem juntos?” disponíveis no canal do Youtube Universo Narrado, onde teremos uma visualização a lei da Queda Livre, que veio ao mundo em 1604 numa carta escrita pelo físico italiano Galileu Galilei a seu amigo Paolo Sarpi. Após a exibição do vídeo, pergunte:

- Você esperava que o martelo e a pena pousassem na superfície da Lua ao mesmo tempo?
- Por que você acha que isso aconteceu?

Em seguida, solte o livro e a pena para que eles vejam o fenômeno acontecer na prática e para que os alunos tentem explicar os fatores que os produziram.

O segundo vídeo, “Por que a Terra não cai no Sol?”, é uma explicação de uma dúvida bastante comum que surge entre os estudantes. Por exemplo: se é a gravidade que nos mantém presos a Terra e faz com que os corpos caiam no chão, por que então não faz a Terra cair no Sol. Ele oferece uma resposta a esse questão explicando o que é a gravidade e porque matéria atrai matéria. Ao reproduzir este vídeo oriente os alunos a observar e discutir a gravidade como uma força que puxa objetos em direção à Terra e pergunte:

- O que é gravidade?
- Onde está a gravidade?
- O que a gravidade faz?

Dê aos alunos tempo para verificar e desenvolver suas ideias . Registre seus pensamentos no quadro ou em uma folha de papel, para que você possa retornar a eles mais tarde.

Identifique junto com os alunos ideias relevantes que podem ajudar a explicar por que as coisas caem. Circule as ideias que todos concordam que ajudarão na investigação. (Nota: Se os alunos não chegaram lá por conta própria, oriente-os a reconhecer a importância da gravidade nesse movimento.)

Divida os alunos em pequenos grupos (cerca de 4 alunos) para que simulem a queda de corpos com os objetos que foram levados para aula. Discuta o efeito da massa na velocidade de um corpo em queda. Peça aos alunos que façam um debate de vários eventos diários nos quais se possa observar a independência da massa na aceleração de um objeto em queda devido à gravidade.

Espera-se que ao fim deste momento que os alunos compreendam que a gravidade é a força que existe entre quaisquer dois objetos que tenham massa. O peso é a força da ação da gravidade sobre um objeto que possui massa. Algumas pessoas pensam que a massa de um objeto e seu peso são a mesma coisa, provavelmente porque pesamos as coisas para determinar sua massa. Mas peso e massa não são a mesma coisa. O quanto algo pesa depende de quão fortemente a gravidade o está puxando. Assim, algo pesará menos onde a força gravitacional sobre ele for mais fraca (como na Lua ou no espaço, por exemplo), mesmo que sua massa não tenha mudado.

Termine com uma discussão em classe sobre as ideias dos alunos que foram registradas no início da aula. Como eles responderiam a essas perguntas agora? Como suas novas respostas se comparam com as antigas?

## 3.2 Segunda Etapa: A gravidade

Nesta etapa, utilizou-se alguns recursos tecnológicos, dentre eles, o simulador computacional de Órbitas Planetárias integrado com uma atividade investigativa em sala para proporcionar aos alunos uma visão mais próxima do movimento real dos corpos celestes. Eles usaram, também, a fórmula da força gravitacional para calcular e examinar a força de atração entre os corpos.

- **Atribuição de tempo**

Duas aulas de aproximadamente 50 minutos cada.

- **Objetivos**

- Explicar como a gravidade controla o movimento dos planetas em órbita ao redor do Sol.
- Identificar as variáveis que afetam a força da gravidade.
- Prever como o movimento mudaria se a gravidade fosse mais forte ou mais fraca.

- **Preparação para professores**

Primeiramente, o professor deve apresentar o simulador Planetary Orbits da Naap Labs aos alunos. Este momento visa a familiarização do aluno com a plataforma do simulador, em que eles identificam e exploram todos os recursos para como realizar as conexões. Esta atividade pode ser realizada no laboratório de informática ou na própria sala de aula. No caso da escola possuir computadores os alunos poderão responder as atividades propostas em grupos pequenos, manipulando as simulações. Caso não haja laboratório o professor pode comandar as simulações com um projetor de vídeo conectado ao seu computador e orientar os alunos na construção de seus conhecimentos esclarecendo todas as dúvidas técnicas.

Isaac Newton descobriu a relação entre o movimento da Lua e o movimento de um corpo caindo livremente na Terra. Por suas teorias dinâmicas e gravitacionais, ele explicou as leis de Kepler e estabeleceu a moderna equação da gravitação, formulando que a força de atração entre dois corpos é proporcional ao produto de suas massas e inversamente proporcional ao quadrado da distância entre eles.

Newton assumiu a existência de uma ação de uma força de atração entre todos os corpos massivos, que não requer contato e que atua à distância. Embora seja a mais fraca das quatro forças conhecidas, ela molda a estrutura e a evolução das estrelas, das galáxias e de todo o universo. As leis da gravidade descrevem as trajetórias dos corpos no sistema solar e o movimento dos objetos na Terra, onde todos os corpos experimentam uma atração gravitacional para baixo exercida pela massa da Terra, a força sentida como peso.

- **Materiais**

- Folha de papel A4
- Lápis
- Projetor de multimídia
- Acesso a computador

- **Recursos multimídia**

- Plnetary Orbits Simulater.

- **Sugestão de Atividade**

Comece aula revendo a questão de foco, da aula anterior “Por que a as coisas caem?” reflita sobre as experiências realizadas e peça aos alunos que usem o simulador computacional para investigar um pouco mais. Os grupos podem compartilhar:

1. Como eles revisaram suas ideias após a discussão da aula anterior.
2. Quais perguntas eles responderam e quais novas perguntas eles têm.

Apresente o conceito de força gravitacional por meio de slides ou escrevendo na lousa. Diga aos alunos que eles aprenderão sobre como os planetas se mantêm sempre em órbita no sistema solar, bem como a expressão matemática que age sobre esse sistema.

Encaminhe os alunos para o simulador Planetary Orbits da Naap Labs. Aqui, os alunos podem experimentar a força gravitacional sob uma variedade de condições, alterando os planetas do sistema solar, o semieixo maior, a excentricidade e até os vetores de velocidade e aceleração dos planetas. Eles também podem controlar a velocidade da animação em (anos/s).

À medida que os alunos praticam com a atividade interativa, oriente-os que testem os recursos individualmente, desligando algumas variáveis. Em seguida, peça-lhes que respondam às perguntas abaixo em seus cadernos. Diga-lhes para também registrarem qualquer uma de suas próprias perguntas que surgirem enquanto estão investigando.

1. O que acontece com no movimento do planeta quando aumentamos ou diminuimos o semieixo maior da orbita dos planetas?

2. Qual é o efeito que ocorre no movimento dos planetas quando diminuimos o valor da excentricidade para 0 (zero)?
3. Como a excentricidade afeta o movimento dos planetas?
4. Liste as diferenças que podem ser percebidas no movimento de cada planeta do nosso sistema planetário.
5. Desenhe um diagrama de um dos planetas em movimento. Indique onde a a velocidade do planeta é maior e menor.
6. O que é a força gravitacional (a gravidade) e como ela muda de planeta para planeta?

Em seguida, o professor deve distribuir um folheto que fornece a fórmula para calcular a força gravitacional, bem como exemplos de problemas envolvendo a gravidade. Peça aos alunos que acompanhem, por meio do folheto, a explicação de como Isaac Newton deduziu a expressão matemática da lei da gravitação Universal. Mostre o vídeo A Lei da Gravitação Universal, nele os alunos verão como calcular a força de atração entre o planeta Terra e a Lua.

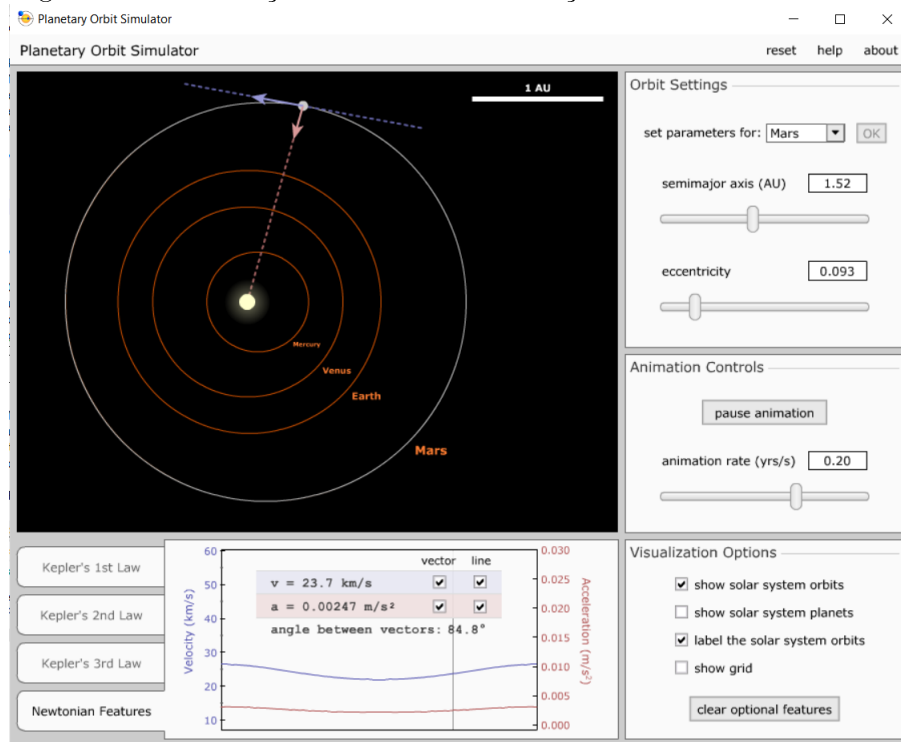
Após discutir a fórmula da lei da gravitação universal, solicite aos alunos que façam a atividade abaixo e preencham a folha de dados calculando a força gravitacional e a velocidade orbital dos planetas. Certifique-se de revisar o fato de que  $G$  é uma constante de proporcionalidade que depende do sistema de unidades adotado.

### 3.2.1 Atividade 01: Velocidade orbital dos planetas ao redor do Sol.

1. (a) Divida os alunos em grupos de dois e forneça cópias da folha de dados e da folha de atividade.
- (b) Peça aos alunos que calculem a força gravitacional do planeta sugerido usando sua fórmula deduzida em aula:

$$F_G = G \frac{Mm}{r^2}$$

Figura 3.1: Simulação da Lei da Gravitação Universal de Newton.



Fonte: NAAP Labs, 2022.

(Cada grupo calculará velocidade orbital do planeta que estiver solicitado em sua folha de atividade.)

- (c) Peça aos alunos que calculem velocidade orbital do planeta ao redor do Sol em Km/s e registrem no caderno. Certifique-se de que os alunos para calcular a velocidade orbital do planetas eles devem considerar a força gravitacional igual a força centrípeta que é dada pela seguinte expressão:

$$F_c = m \frac{v^2}{r}$$

- (d) Em seguida, oriente aos alunos que visitem o simulador Planetary Orbits da Naap Labs e verifiquem se os resultados aproximados das velocidades orbitais dos planetas estão corretos. (Para conferir os resultados os alunos terão que definir no simulador qual o seu planeta, iniciar a simulação)
- (e) Pergunte aos alunos o que aconteceria com os resultados das velocidades orbitais se considerássemos órbitas circulares para os planetas. Elas

permaneceriam as mesmas ou seriam modificadas?

- (f) Dê um tempo para que os grupos discutam e revisem seus cálculos. Informe aos alunos que eles testarão essas ideias usando novamente o simulador Planetary Orbits.

No final da segunda etapa, os alunos devem saber que: Isaac Newton, com base nas descrições anteriores de movimento de Galileu, Kepler e outros, criou uma visão unificada de força e movimento na qual o movimento em todo o universo pode ser explicado. A ideia de Newton foi criar uma lei física afirmando que a força da gravidade entre quaisquer dois objetos no universo depende apenas de suas massas e da distância entre eles.

### 3.3 Terceira Etapa: As leis de Kepler

As leis de Kepler do movimento planetário são compostas de três leis que descrevem o movimento e a órbita dos planetas ao redor do sol. Kepler explicou como os planetas se moviam, mas não explicava porque se moviam assim. Embora reconhecesse que algum tipo de força devia manter os planetas em suas órbitas, ele não logrou encontrar uma explicação satisfatória para que tipo de força seria. Coube a Newton explicar as propriedades da força fundamental dominando os movimentos dos corpos astronômicos: a gravidade.

Newton combinou suas leis do movimento e da Gravitação Universal para deduzir as três leis de Kepler.

- **Atribuição de tempo**

Duas aulas de aproximadamente 50 minutos cada.

- **Objetivos**

- Compreender a importância das contribuições de Kepler para a astronomia;
- Compreender as três leis de Kepler;
- Descrever as leis de Kepler usando o movimento orbital do planeta Marte;

- Aprender a utilizar as leis de Kepler para os planetas, estrelas e satélites do Sistema Solar.

- **Preparação para professores**

Nesta atividade, os alunos devem entender como Kepler desenvolveu as suas três leis do movimento planetário e como Newton usou essas leis para descobrir os efeitos da gravidade.

A descoberta do modelo Heliocêntrico de Copérnico em que a Terra gira em torno do Sol foi uma grande mudança na forma como pensamos sobre nosso lugar no universo. Antes disso, acreditava-se amplamente no modelo Geocêntrico de Ptolomeu em que a Terra era o centro do universo.

As leis que explicam como os planetas e corpos celestes giram em torno no Sol foram formuladas por Johannes Kepler, um astrônomo alemão, que se debruçou-se sobre os dados observacionais obtidos por Tycho. Tycho Brahe era um rico astrônomo dinamarquês com um extravagante laboratório na Dinamarca. Ele era de uma família nobre e, portanto, recebeu uma educação formal completa. Ele foi um dos últimos astrônomos a trabalhar sem telescópio. No entanto, ele desenvolveu instrumentos para fazer medições com precisão e seus dados observacionais eram muito valorizados na época.

Kepler foi convidado a ser assistente de Brahe, para trabalhar na órbita de Marte. Olhando para o céu noturno no mesmo horário, foi possível observar que Marte estava um pouco mais a leste todas as noites em comparação com as constelações. Há momentos em que Marte parece estar viajando para trás por um curto período de tempo em comparação com as "estrelas fixas" (movimento retrógrado).

Então, Kepler propôs suas três leis do movimento planetário, que diziam que os planetas orbitam o sol em órbitas elípticas, era uma maneira completamente nova de pensar sobre o sistema solar.

- **Materiais**

- Folha de papel A4
- Lápis
- Projetor de multimídia

- Acesso a computador

- **Recursos multimídia**

- Vídeo: Astrolab|Marte;
- Vídeo: Segunda Lei de Kepler;
- Vídeo: Terceira lei de Kepler;
- Planetary Orbits Simulator.

- **Sugestão de Atividade**

Descubra o que os alunos já sabem sobre as leis de Kepler. Faça as seguintes perguntas:

- Como os planetas se movem?
- As órbitas dos planetas em nosso sistema solar diferem uma das outras?
- Você conhece as leis que regem o movimento do nosso sistema solar?
- Você sabe o que as leis do movimento planetário representam?

peça aos alunos para discutirem suas ideias e que desenhem exemplos desse movimento planetário.

Mostre o vídeo “Astrolab|Marte” disponível na Tvunesp um canal do *Youtube*. Discuta sobre as características do planeta Marte e outros exemplos de movimento relativo em comparação com os outros planetas.

A questão problematizadora para discussão pode ser a seguinte:

Qual a relação que podemos fazer a partir das propriedades orbitais de um planeta e seu movimento? (As respostas esperadas incluem o tamanho relativo do planeta e quanto rápido o planeta está se movendo.)

Os alunos podem conversar entre si para compartilhar suas observações do movimento dos planetas com toda a turma. Concentre esta breve discussão no movimento do planeta Marte, bem como na frequência com que eles acham que o Mercúrio orbita o Sol em relação aos outros planetas.

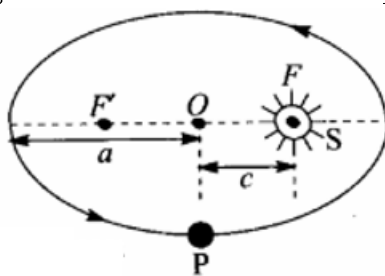
Em seguida, introduza as leis de Kepler, que foram descritas no século XVII pelo astrônomo e matemático Johannes Kepler para explicar o movimento dos planetas ao redor do Sol. Antes de reproduzir o vídeo, peça aos alunos que pensem se as leis de Kepler se aplicam a este movimento do Marte e se podem ser estendidas aos outros planetas que orbitam em torno de suas estrelas ou aos satélites artificiais que orbitam em torno de nosso próprio planeta.

Veja as Leis do Movimento Planetário de Kepler descritas usando três vídeos e um modelo interativo que os alunos podem analisar e usar como evidência para construir sua aprendizagem.

Os dois primeiros vídeos foram retirados de um canal do youtube chamado Socrática Português e o terceiro

Primeira Lei de Kepler: Lei das Órbitas Elípticas é o primeiro vídeo que será exibido aos alunos. Nesse vídeo, você verá que ao desenvolver sua primeira lei, Kepler rejeitou as órbitas circulares e demonstrou que uma elipse poderia explicar melhor os movimentos observados em Marte. e estendeu essa regra a todos os planetas, a lei determinou que a órbita dos planetas é elíptica, com o Sol em um de seus focos. Veja a figura 4.2:

Figura 3.2: Primeira Lei de Kepler.

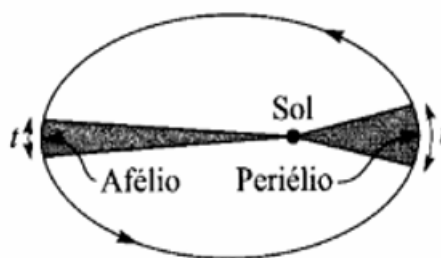


Fonte: Nussenzveig, 2002.

O segundo vídeo é “Segunda Lei de Kepler”, essa lei diz que se desenharmos uma linha entre o Sol e um planeta, essa linha percorrerá áreas iguais em intervalos de tempos iguais, não importando onde o planeta estiver dentro da órbita. Isso levou à descoberta da primeira lei de Kepler que diz que os planetas viajam em órbitas elípticas ao redor do Sol veja a figura 4.3.

No terceiro vídeo “Terceira lei de Kepler”, é mostrado a relação entre o período de revolução de um planeta ao redor do Sol e o raio médio da órbita do planeta.

Figura 3.3: Segunda Lei de Kepler.



Fonte: Nussenzveig, 2002.

Diferentemente das outras leis, a terceira lei de Kepler relaciona as características dos movimentos de diferentes planetas com outros.

Kepler descobriu que a razão entre os quadrados dos períodos de translação dos planetas e os cubos dos respectivos raios médios das órbitas será sempre constante. Veja a equação:

$$\frac{T^2}{R^3} = K \quad (3.1)$$

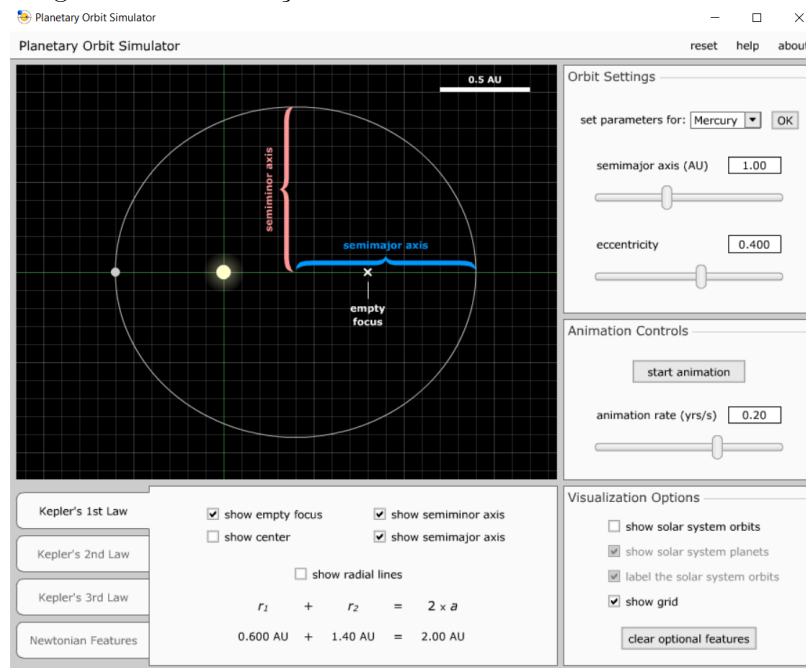
Deixe claro para o aluno o que representa cada letra da equação. Ou seja, **T** é o período de revolução orbital de um planeta, **R** é a distância média do planeta ao Sol, e **K** é uma constante de proporcionalidade.

Os alunos completam o entendimento das leis de Kepler observando e praticando o movimento dos planetas. Peça que os alunos se concentrem ao manusear as os recursos e variáveis dos simuladores.

### 3.3.1 Atividade 01: Simulando a Primeira Lei de Kepler: Lei das Órbitas.

1. (a) Oriente os alunos a se dividirem em duplas, entregue a lista de perguntas que eles irão responder.
- (b) Comece simulando a órbita de Mercúrio e peça aos alunos que expliquem: Qual o formato dessa órbita? O que acontece com os eixo maior e o eixo menor ao diminuir ou aumentar a excentricidade da órbita?
- (c) Agora escolha o planeta Vênus e analise o movimento e responda por que Vênus

Figura 3.4: Simulação da lei das órbitas do sistema solar.



Fonte: NAAP Labs, 2022.

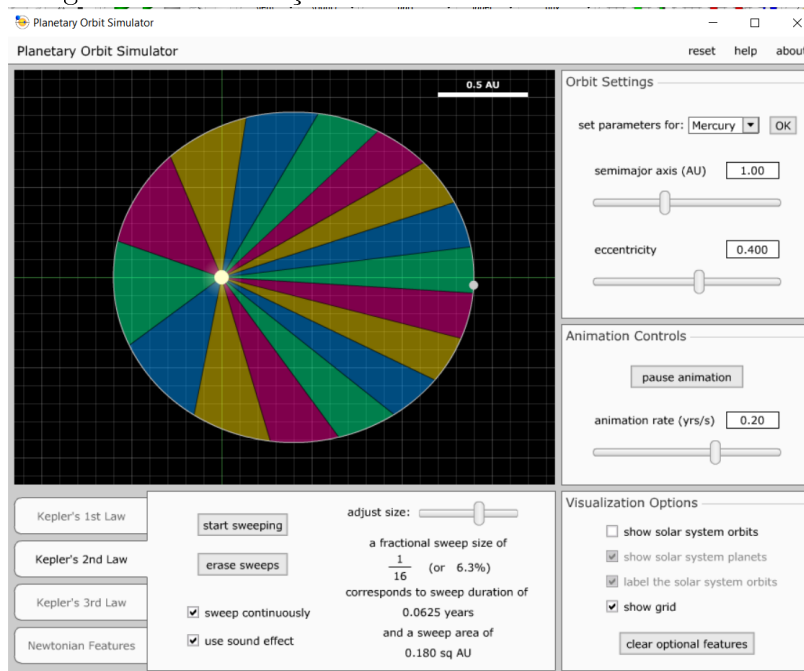
está no centro da órbita circular?

- (d) Qual o comportamento dos planetas que orbitam mais próximos do Sol e os que estão mais distantes?
- (e) Qual comportamento dos planetas em relação a velocidade ao longo de suas órbitas?
- (f) Em que ponto de suas órbitas os planetas viajam mais rápido e mais devagar?

### 3.3.2 Atividade 02: Simulando a Segunda Lei de Kepler: Lei das Áreas.

1. (a) Qual o significado físico da segunda lei de Kepler?
- (b) Qual a relação entre a segunda lei de Kepler e a lei da gravitação universal de Newton vista anteriormente?
- (c) Com base nos seus conhecimentos e com a análise da simulação explique porque como as áreas varridas são iguais se seus formatos são diferentes.
- (d) Qual comportamento dos planetas em relação a velocidade ao longo de suas

Figura 3.5: Simulação da lei das áreas do sistema solar.



Fonte: NAAP Labs, 2022.

órbitas?

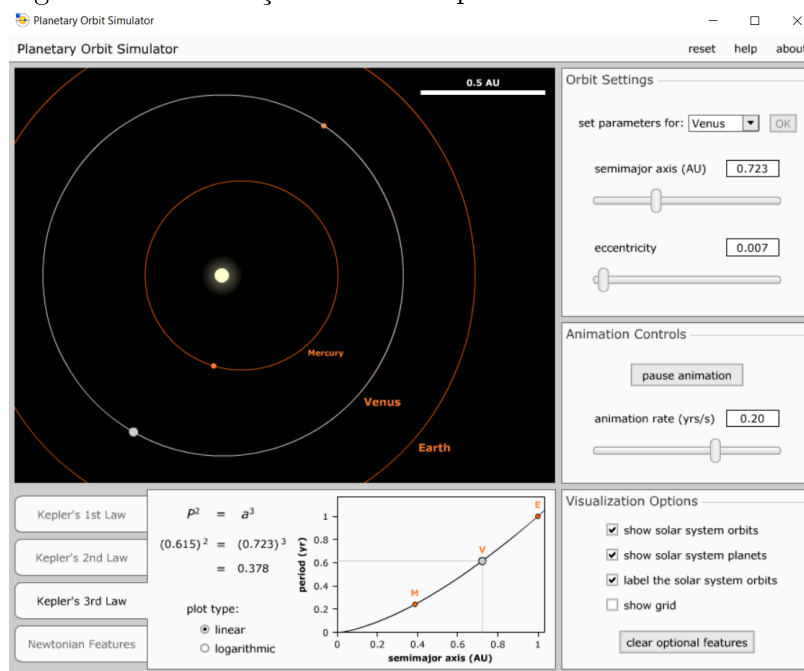
- (e) Em que ponto de suas órbitas os planetas viajam mais rápido e mais devagar?
- (f) A segunda lei de Kepler é válida para uma órbita circular?

### 3.3.3 Atividade 03: Simulando a Terceira Lei de Kepler: Lei dos Períodos.

1. (a) A terceira lei de Kepler pode ser aplicada em outros sistemas planetários?
- (b) Quando aplicamos a terceira lei em outros sistemas, o valor da constante de Kepler muda?
- (c) Qual é o significado da sigla UA?
- (d) Qual é a unidade de medida de distância equivalente à distância média da Terra ao Sol?

Para finalizar esta etapa, peça aos alunos que escrevam cada lei com suas próprias palavras. As leis de Kepler estão resumidas abaixo:

Figura 3.6: Simulação da lei dos períodos do sistema solar.



Fonte: NAAP Labs, 2022.

- Primeira lei de Kepler (a lei das orbitas): Todos os planetas se movem em órbitas elípticas, com o Sol em um foco.
- Segunda lei de Kepler (a lei das áreas): Uma linha que liga um planeta ao Sol varre áreas iguais em tempos iguais.
- Terceira lei de Kepler (a lei dos períodos): Um planeta mais distante do Sol tem um caminho mais longo e viaja mais lentamente do que um planeta mais próximo. Ou, matematicamente falando, os quadrados dos períodos orbitais dos planetas são diretamente proporcionais aos cubos dos semi-eixos maiores de sua órbita:  $P^2 = a^3$ , onde  $P$  é o período em anos e  $a$  é a distância em unidades astronômicas (au).

### 3.4 Quarta Etapa: Aplicação

Nesta etapa iremos avaliar se houve aprendizagem significativa e se os alunos conseguiram construir novos conceitos a partir do que eles já sabiam.

- **Atribuição de tempo**

Duas aulas de aproximadamente 50 minutos cada.

- **Objetivos**

- Verificar se a aprendizagem foi alcançada de acordo com os objetivos estabelecidos.
- Classificar os resultados obtidos na avaliação final e no questionário.

- **Sugestão de Atividade**

A avaliação da aprendizagem será realizada através do desenvolvimento de um mapa conceitual somativo no final da aplicação da Sequência Didática para avaliar os objetivos gerais do curso, bem como fornecer ao aluno uma ferramenta valiosa para referência futura.

O mapa conceitual é utilizado em diversos níveis do ensino e aprendizagem. Ao utilizar o mapa conceitual como um processo de avaliação de aprendizagem no ensino de física, o professor pode desenvolver e refinar habilidades de pensamento crítico no aluno por meio da geração de ideias, promovendo relações não lineares entre os conceitos físicos e aspectos físicos do cotidiano ajudando o estudante a visualizar a aplicação da teoria de física à prática do dia a dia.

# Referências Bibliográficas

COELHO, Rafael Otto. **O uso da informática no ensino de física de nível médio**. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação. Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2002.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALTER. **Fundamentos da Física - Mecânica**. tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. Rio de Janeiro: Ed. LTC, vol. 2, 2012.

MORREIRA, M. A.; MASINI, E. A. F. S. **Aprendizagem Significativa: A teoria de David Ausubel**. São Paulo, 1982.

MOREIRA, M. A. **Teorias de Aprendizagem**. Ed. EPU, São Paulo, 1999.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa: Um Conceito Subjacente**. Instituto de Física -UFRGS, vol. 1, 2011.

MOREIRA, M. A. Desafios no ensino da física. Revista Brasileira de Ensino de Física [online], v. 43, n. Suppl 1, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2020-0451>>. Acesso em: 05 fev. 2022.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem Significativa, Campos Conceituais E Pedagogia Da Autonomia: Implicações Para O Ensino**. Instituto de Física - UFRGS, vol. 1, 2012.

MOREIRA, M. A.; NELSON, P. C. S.; SOUZA, J. V. **O que é afinal aprendizagem significativa?**. Instituto de Física - UFRGS, vol. 1, 2012.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos epistemologicos da utilizacao das tecnologias da informacao e comunicacao no ensino de Fisica: Analise na perspectiva Ausubeliana**. Instituto de Física - UFRGS, vol. 1, 2012.

NAAP, *Nebraska Astronomy Applet Project. Nebraska Astronomy*. Disponível em: <<https://astro.unl.edu/nativeapps/>>. Acesso em: 27 abril 2022.