



INSTITUTO FEDERAL DE ALAGOAS

CAMPUS MURICI

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *LATO SENSU* EM
METODOLOGIAS APLICADA AO ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA**

PEDRO HENRIQUE FERREIRA DA SILVA

**SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA QUEDA DOS
CORPOS COM AUXÍLIO DA PLATAFORMA DE
SIMULAÇÃO *VPYTHON***

MURICI, AL

2024

PEDRO HENRIQUE FERREIRA DA SILVA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA QUEDA DOS
CORPOS COM AUXÍLIO DA PLATAFORMA DE SIMULAÇÃO
VPYTHON

Artigo Científico apresentado ao Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Metodologias Aplicadas no Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Murici, como requisito parcial para obtenção do título de especialista.

Orientador: Prof. Dr. Alex Emanuel Barros Costa.

MURICI, AL

2024



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal de Alagoas
Campus Murici
Biblioteca Professor Cicero Vieira de Araújo

S586s Silva, Pedro Henrique Ferreira Silva.
Sequência didática para o ensino da queda dos corpos com auxílio da plataforma de simulação vpython / Pedro Henrique Ferreira da Silva - 2024.
27f. : il.

Arquivo no Formato PDF do Trabalho Acadêmico.

Orientação: Prof. Dr. Alex Emanuel Barros Costa. .

Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Metodologias Aplicadas no Ensino de Ciências e Matemática) Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Alagoas, Murici. Murici, 2024.

1. Queda livre 2. Simulação 3. Vpython 4. Ensino de física I. Título

CDD: 530

Lucicláudia Silva dos Santos
Bibliotecária — CRB-4/2115

PEDRO HENRIQUE FERREIRA DA SILVA

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA QUEDA DOS
CORPOS COM AUXÍLIO DA PLATAFORMA DE SIMULAÇÃO
VPYTHON

Artigo Científico apresentado ao Programa de Pós-Graduação *Lato Sensu* em Metodologias Aplicadas no Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Alagoas, *Campus* Murici, como requisito parcial para obtenção do título de especialista.

Orientador: Prof. Dr. Alex Emanuel Barros Costa.

Aprovado em: 31/01/2024.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alex Emanuel Barros Costa (Orientador)

Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Prof. Dr. Cicero Julião da Silva Junior

Instituto Federal de Alagoas – IFAL

Prof. Me. Edson Monteiro Matsumoto

Instituto Federal de Alagoas – IFAL

SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DA QUEDA LIVRE DOS CORPOS COM AUXÍLIO DE SIMULAÇÕES EM VPHYTON

DIDACTIC SEQUENCE FOR TEACHING FREE FALL OF BODIES WITH THE AID OF SIMULATIONS IN VPYTHON

Pedro Henrique Ferreira da Silva¹

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta de sequência didática integrada a um produto educacional, visando aprimorar o entendimento dos alunos acerca dos conceitos relacionados à queda dos corpos. Pautamos nossa discussão em torno da aprendizagem desse fenômeno, abrangendo seu desenvolvimento histórico, formalismo físico-matemático e destacando a relevância da inserção da tecnologia no ensino de Física, especialmente no uso de simulações como recurso pedagógico. Ademais, elaboramos uma sequência didática integrada a um produto educacional, desenvolvido na plataforma VPython, junto a um roteiro de prática experimental. Utilizamos na abordagem metodológica a pesquisa aplicada. A combinação do produto educacional com a sequência didática oferece um suporte significativo tanto para os docentes quanto para os discentes da educação básica, no que diz respeito ao ensino da queda dos corpos, bem como é uma poderosa ferramenta para desafiar e corrigir concepções do senso comum sobre esse tema.

Palavras-chaves: queda livre; simulação; vpython; ensino de física;

ABSTRACT

This work presents a proposal for a didactic sequence integrated with an educational product, aiming to enhance students' understanding of concepts related to free fall. Our discussion revolves around the learning of this phenomenon, encompassing its historical development, physical-mathematical formalism, and highlighting the relevance of integrating technology into Physics education, especially the use of simulations as a pedagogical resource. Furthermore, we developed a didactic sequence integrated with an educational product, created on the VPython platform, along with an experimental practice script. In the methodological approach, we employed applied research. The combination of the educational product with the didactic sequence provides significant support for both teachers and students in basic education, regarding the teaching of free fall, and serves as a powerful tool to challenge and correct common-sense conceptions on this subject.

Keywords: free fall; simulation; VPython; physics education;

¹ Graduado em Licenciatura em Física, pós-graduação (Lato Sensu) em metodologias aplicadas no ensino de ciências e matemática e Mestrando no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Atualmente professor da Escola Nossa Senhora do Amparo (ENSM). Email: profpedrofisic@gmail.com

1. INTRODUÇÃO

Para Galileu Galilei, o movimento é um dos estudos mais antigos e importantes para o entendimento do comportamento da natureza (NASCIMENTO, 1980). O movimento embasa toda a Física, as coisas acontecem devido ao movimento, tanto no aspecto macroscópico quanto no microscópico (COHEN, 1967). Tanto um carro em movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), quanto partículas agitadas se movendo aleatoriamente na estrutura de alguma substância ou material.

Um estudo do movimento que transcendeu séculos foi a queda dos corpos (COHEN, 1967) (PORTO, 2020). A queda dos corpos se dá por abandonar um corpo de uma determinada altura e o corpo cair aceleradamente em direção ao centro da Terra. Esse fato, por sua vez, não depende da massa do corpo, pois, independente da massa, se o corpo tem $2kg$, $5kg$, $300kg$ a aceleração gravitacional de queda é a mesma, aproximadamente $9,81 m/s^2$ (INMETRO, 2003). Essa informação é facilmente encontrada em qualquer livro básico de física ou até mesmo na internet, convidamos o leitor a fazer essa verificação através do seu smartphone ou qualquer dispositivo com acesso à internet.

O problema que evidenciamos é que mesmo depois de 4 séculos, após os conceitos de queda serem bem definidos por Galileu Galilei, o problema ainda perdura até os dias atuais nas escolas. A falta de compreensão dos discente entre diferenciar o que é massa e o que é peso, o que é aceleração e o que é velocidade, é um problema que assombra a nossa educação, bem como desenvolve cidadãos que não sabem essa diferença e propaga esse tipo de informação através do senso comum e torna a falta do conhecimento sobre a queda dos corpos um problema cultural que, aparentemente, não vem sendo resolvido em sala de aula (SILVA, 2022).

Nos estudos realizados por Silva (2022), foram observados dados relacionados ao ensino da dinâmica de queda de corpos. Os resultados indicaram que muitos alunos apresentavam dificuldades na compreensão dos princípios fundamentais desse fenômeno. Notavelmente, muitos não conseguiram distinguir entre aceleração e velocidade, além de não compreenderem que na queda livre a massa dos corpos não influencia o tempo de queda, entre outros conceitos importantes.

Com o propósito de solucionar o problema exposto por Silva (2022), desenvolvemos uma simulação em VPython para o ensino desse tema, com o intuito de executar uma demonstração mais lúdica do fenômeno, no qual deve ser aplicado através de uma sequência didática.

Neste trabalho, serão expostos, de forma abrangente, o processo de desenvolvimento do produto educacional e a sequência didática associada. Iniciaremos explorando o contexto histórico da queda dos corpos, para posteriormente adentrarmos nos fundamentos físicos que regem esse fenômeno. Em seguida, discutiremos a importância do emprego de simulações no ensino, oferecendo uma visão detalhada sobre o funcionamento do nosso produto educacional. Finalmente, apresentaremos a sequência didática elaborada para o ensino desse tema relevante, concluindo com nossas considerações finais.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 O DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO DA QUEDA LIVRE DOS CORPOS

Segundo Galileu, o movimento é um dos estudos mais antigos (NASCIMENTO, 1980), bem como a discussão da queda dos corpos é um movimento que até os dias atuais é mal compreendido pela sociedade, uma vez que os alunos chegam à sala de aula e não compreendem que a queda livre dos corpos não depende da massa do objeto (SILVA, 2022). O problema é que culturalmente não lhe foi informado esse fato.

Aristóteles, no século V, a.C. acreditava que o movimento de queda se dava pelo elemento em abundância existente na matéria (PORTO, 2009). Para ele, que seguia a cosmologia de Empédocles, ou seja, a divisão do universo em sublunar e supralunar, onde a Terra se encontra na região sublunar, com características efêmera e transitiva (COHEN, 1967). Deste modo, a Terra era constituída apenas de Terra, Água, ar e Fogo, sendo Terra e fogo os seus extremos (*Ibidem*). Com base nesse fundamento, uma bola de ferro cai, em direção ao centro da Terra, devido à sua composição possuir uma maior quantidade do elemento Terra e a sua velocidade de queda era proporcional à quantidade de Terra em sua constituição. Além disso, a velocidade deve ser constante independente do meio que ela esteja, porém, a queda em meios diferentes, como, por exemplo, água ou óleo possui velocidades constantes diferente de queda (*Ibidem*).

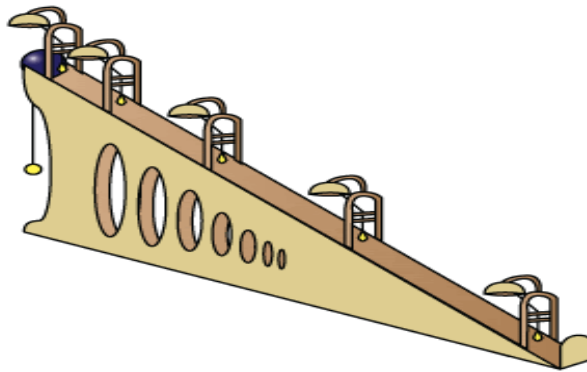
Para Galileu, no século VII, d.C., percebeu que essa ideia física era errônea, uma vez que para um corpo começar a cair ele tem que ser acelerado e que a proporcionalidade da massa não era observada experimentalmente (NASCIMENTO, 1980).

Existem dois pontos principais para a revolução no entendimento desse movimento. O primeiro era que Aristóteles acreditava no modelo de mundo geocêntrico, então sua física do movimento era para esse modelo de mundo, mas para Galileu era heliocêntrico, então a física de Aristóteles não servia para esse modelo (PORTO, 2008). O outro ponto era que Aristóteles

se baseava somente na filosofia e no conhecimento empírico adquirido através das experiências humanas, ou seja, das suas afirmações sobre a queda dos corpos nenhuma foi de fato verificada, entretanto, esse procedimento foi crucial para Galileu comprovar suas afirmações (COHEN, 1967).

Alguns boatos indicam que Galileu, subiu na torre de Pisa e abandonou objetos de massas e formatos diferentes e através desse experimento não presenciou a proporcionalidade da massa e nem uma queda com velocidade constante, afirmado por Aristóteles (*Ibidem*). Como o relógio de medida da época não era tão preciso e o tempo de reação humana para marcar o início e o fim de uma queda era inviável para realizar essa medida em uma queda verticalmente livre, então pensou em uma queda através de um plano inclinado para diluir a ação da aceleração da gravidade, uma vez que as duas quedas possuem as mesmas características físicas (NASCIMENTO, 1980) (Figura 1).

Figura 1 - representação pictórica do aparato experimental do plano inclinado de Galileu Galilei.



Fonte: Universidade Federal Fluminense²

As características são: a velocidade de queda é proporcional ao tempo de queda e o deslocamento era proporcional ao tempo de queda ao quadrado, além disso, o plano com um ângulo de 90° graus, retoma a condição de queda verticalmente livre.

Com base nessas informações, construiu um plano inclinado e realizou o experimento. Deste modo, percebeu que o tempo de queda dos corpos não dependia das massas dos objetos (HEWITT, 2015), bem como o atrito no plano, assim como a resistência ofertada pelo ar, eram os responsáveis pela pequena diferença no tempo de queda dos corpos e esses fatores de resistência que implicam na inclusão da massa no movimento em uma situação cotidiana.

² Disponível em: < <http://www.cdme.im-uff.mat.br/quadratica/quadratica-html/info-br.html> >. Acessado em: 17 jan. 2024

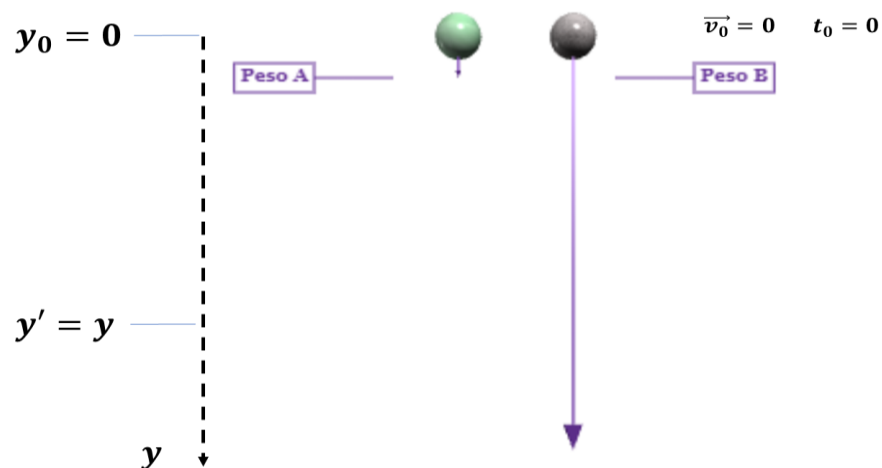
2.2 A FÍSICA POR TRÁS DA QUEDA DE UM CORPO

A compreensão e divulgação da natureza da queda livre dos corpos encontram-se bem estabelecidas nos livros didáticos e na internet. Experiências demonstram que, na ausência da resistência do ar e quando a distância de queda é pequena em comparação ao raio da Terra, além de ignorarmos os pequenos efeitos exercidos pela rotação terrestre (YOUNG; FREEDMAN, 2016), as afirmações de Galileu mostram-se válidas.

A dinâmica da queda é de fácil compreensão por meio das leis de Newton, uma vez que o movimento de queda é uniformemente acelerado (SILVA, 2022). Próximo à superfície terrestre, essa aceleração é, aproximadamente, $9,81 \text{ m/s}^2$, denominada Aceleração da Gravidade, representada pela letra " g " (HEWITT, 2015).

Descrever o movimento de queda livre na vertical de uma partícula, considerando o centro da Terra como referência e a ação da força gravitacional como medida, é fundamental. O esquema de nosso sistema está representado na figura abaixo.

Figura 2 - Partícula em queda na ausência da resistência do ar



Fonte: Autor, 2024.

Ao considerar um corpo abandonado a partir da posição inicial de queda, onde $y_0 = 0$, e descendo de uma altura $y' = h$, com velocidade inicial nula $v_0 = 0$, podemos analisar o movimento empregando a segunda lei de Newton. Conforme essa lei, a força resultante \vec{F} atuando sobre um objeto é equivalente à taxa de variação temporal do seu momento linear $\frac{d\vec{p}}{dt}$.

Nesse cenário, a única força atuante é o peso $m\vec{g}$, representando a massa m do corpo multiplicada pela aceleração devida à gravidade \vec{g} . O momento linear \vec{p} é expresso como $m\vec{v}$, onde \vec{v} é a velocidade do corpo.

$$\vec{P} = \frac{d\vec{p}}{dt}, \quad (1)$$

Onde que por meio dessa equação diferencial, temos que a velocidade é uma função linear no tempo, dada por:

$$\vec{v}(t) = \vec{g}t. \quad (2)$$

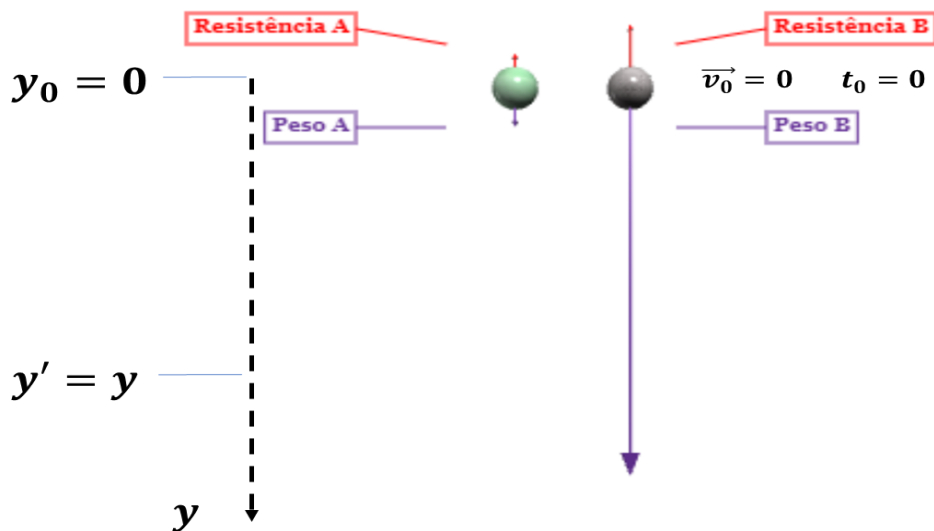
Deste modo, é fácil observar que a queda de um corpo não depende da massa do objeto, bem como sua velocidade de queda é diretamente proporcional ao tempo de queda, assim como Galileu tinha previsto (SILVA, 2022).

Quando consideramos a resistência do ar, para o mesmo sistema, em que anteriormente tínhamos apenas atuação da força peso como nossa resultante, temos que incluir a influência da força de resistência do ar (Figura 3). Para pequenos objetos se movendo em baixa velocidade a componente vertical da força de resistência \vec{F}_r é aproximadamente:

$$\vec{F}_r = -\gamma\vec{v} \quad (3)$$

Logo,

Figura 3 - Partícula em queda na presença da resistência do ar.



Fonte: Autor, 2024.

Partindo da segunda lei de Newton, temos:

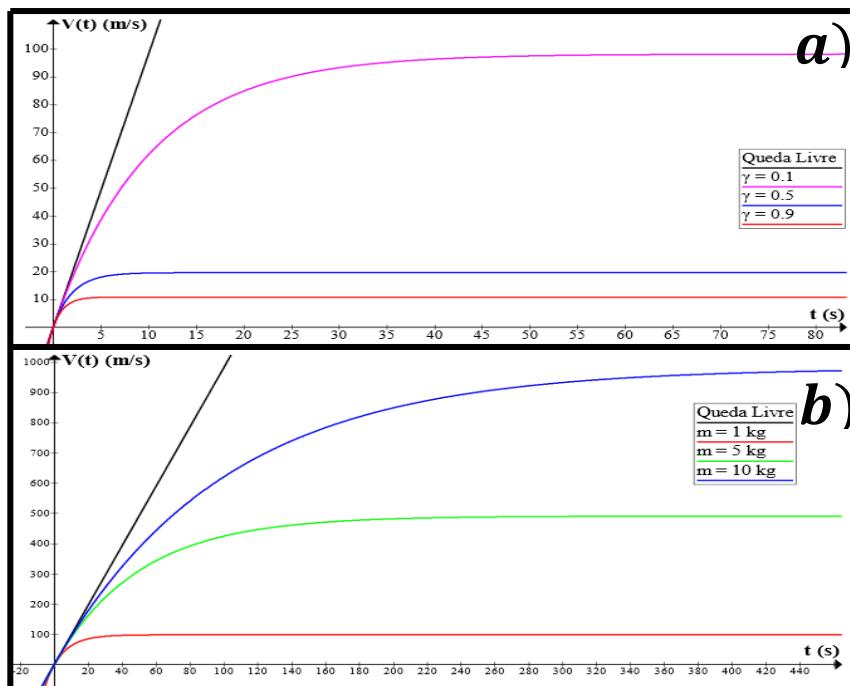
$$\vec{P} + \vec{F}_r = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad (4)$$

Onde temos como solução dessa equação diferencial:

$$\vec{v}(t) = \frac{m\vec{g}}{\gamma} (1 - e^{-(\gamma/m)t}). \quad (5)$$

Observa-se uma distinção notável entre a equação (2) e a equação (5), onde esta última demonstra uma dependência com a massa do objeto e do coeficiente γ , refletindo a influência do formato do objeto e do tipo de fluido envolvente. Para evidenciar essas diferenças, na Figura 4, comparamos o caso livre de resistência do ar, representado pelas curvas de cor preta, com casos sujeitos à ação da resistência do ar, através das curvas de cores vermelhas, azuis e amarelas. Em (a) variamos γ e mantemos a massa constante (1kg) e em (b) mantemos γ constante (0,10 kg/s) e variamos a massa do objeto. Podemos notar que para todos os casos em que há resistência do ar o corpo atinge uma velocidade limite, a qual chamamos de velocidade terminal.

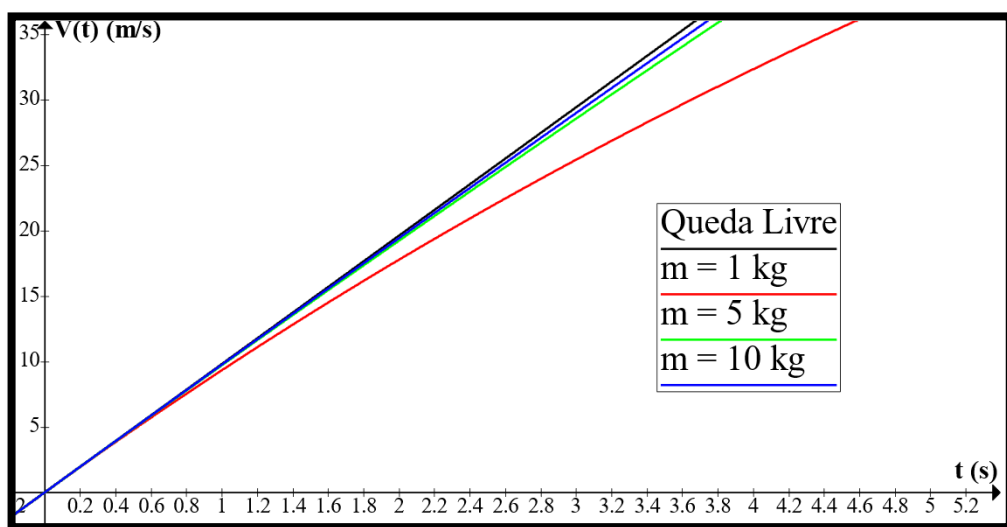
Figura 4: Gráficos da velocidade versus o tempo da queda de um objeto considerando a resistência do ar, (a) variando o valor de γ para uma massa de 1 kg e (b) variando a massa para γ igual a 0,10 kg/s.



Fonte: Autor, 2024.

Ao analisarmos a abordagem do fenômeno da queda dos corpos no contexto do ensino em sala de aula, observamos que a realização de experimentos simples, como soltar objetos para ilustrar o fenômeno, se limita a um curto intervalo de tempo. Ao focar nossa análise nesses pequenos intervalos, notamos uma semelhança no comportamento dos gráficos da Figura 4. Um exame mais detalhado, ao realizar um zoom na figura 4b (Figura 5), revela que, para breves intervalos de tempo, o padrão de queda é aproximadamente linear, isto é, aceleração constante e próxima de g . Este comportamento linear sugere uma tendência semelhante à situação idealizada, ou seja, na ausência das resistências do meio.

Figura 5: zoom do gráfico da figura 3b.



Fonte: Autor, 2024.

Portanto, podemos concluir que, em períodos curtos de tempo, a queda de objetos, mesmo na presença das forças resistivas do ar, é aproximadamente livre, caracterizada por uma aceleração constante, em conformidade com as observações de Galileu (RIBEIRO; CUNHA; LARANJEIRAS, 2013). Essa constatação respalda a prática experimental em laboratórios ou salas de aula, onde quedas de até 2 metros de altura, por exemplo, para massas distintas de 1 kg e 4 kg, não apresentarão uma diferença significativa no tempo de queda.

Assim, fica evidente que as concepções de Aristóteles sobre a proporcionalidade entre massas no tempo de queda e a constância da velocidade de queda não se sustentam, como demonstrado por observações experimentais (COHEN, 1967).

2.3 SIMULAÇÕES NO ENSINO DE FÍSICA

As simulações no ensino de Física são pouco utilizadas, uma vez que o ensino dessa disciplina atualmente vem apresentando um enfoque nos vestibulares e pouco se foca no

aprender essa ciência natural (CRUZ et al, 2022) (MOREIRA, 2021). Em alguns casos, há necessidade de os docentes realizarem uma formação continuada para aprenderem a utilizar as Tecnologias Digitais (TD) com finalidades pedagógicas (ARAUJO; BRACHO, 2020).

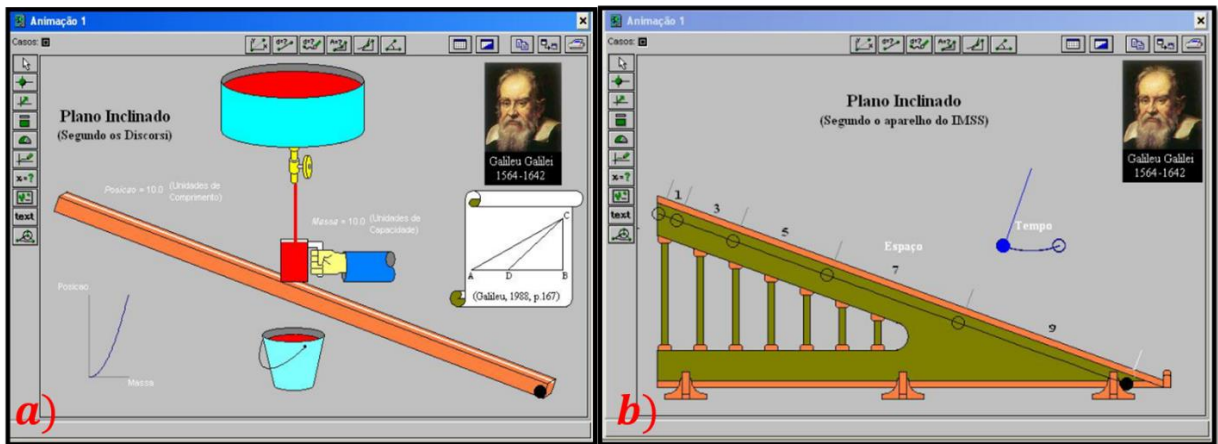
A dificuldade dos professores no manuseio das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) foi presenciada recentemente durante a pandemia (ROCHA, 2020), onde os docentes tiveram que se desdobrar e se reinventar para aprender e, reaprender, utilizar essas ferramentas com objetivos educacionais.

Em contrapartida, por meio de um ambiente estruturado e um docente capacitado é possível realizar um bom trabalho pedagógico utilizando simulações, principalmente no ensino de Física, uma vez que conteúdos de difícil abstração ou até mesmo a falta de recursos experimentais pode ser facilmente suprido por simulações.

Pode-se citar a percepção de Feynman (2019), que destacava a deficiência no ensino de física no Brasil, isso em 1985. Moreira (2018), ressalta igualmente a persistente dificuldade de manter o interesse dos alunos por essa disciplina. O desafio constante de envolver os estudantes nas aulas emerge como uma questão urgente, representando um obstáculo significativo para os educadores no cenário educacional atual. Este quadro não se mostra diferente quando nos referimos ao ensino de física, onde as abordagens tradicionais, na contemporaneidade, demonstram-se insuficientes para sustentar o interesse dos discentes (FRANÇA; GOMES; FRANÇA JÚNIOR, 2021).

Posto isso, as simulações são uma alternativa lúdica e interativa para envolver os estudantes na aula. O trabalho de Ribeiro, Cunha e Laranjeiras (2012), demonstra a utilização da ferramenta Modellus para realizar duas simulações no plano inclinado de Galileu com base no experimento histórico relatado no seu livro “Discursos e Demonstrações Matemáticas em torno de Duas Novas Ciências”. O primeiro é um plano inclinado no qual o tempo de queda é mensurado por um relógio d’água (Figura 6a); e o segundo é o plano inclinado presente no IMSS no qual pretendem demonstrar a lei dos números ímpares no movimento de queda descrito por Galileu, utilizando o período de um pêndulo simples para demonstrar que a esfera percorrer espaços cada vez maiores em intervalos de tempo iguais (Figura 6b). A proposta dos autores é o resgate das dimensões histórica e empírica do conhecimento científico na sala de aula, simulando as dificuldades da época passadas por Galileu no processo de dedução dos conceitos sobre a queda dos corpos.

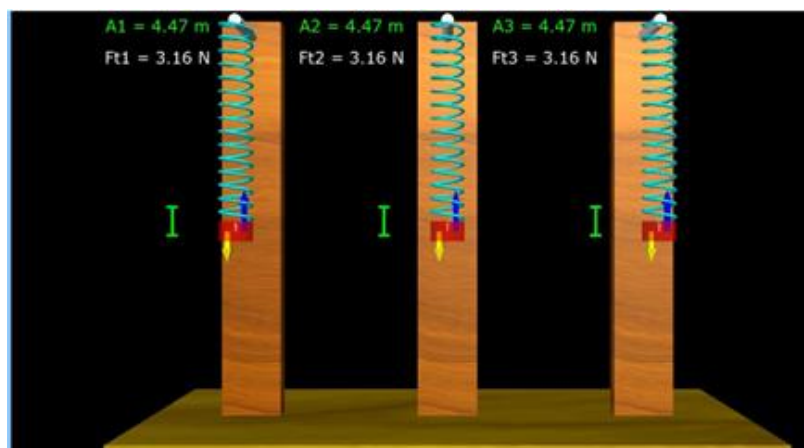
Figura 6 – Em (a) temos o plano inclinado com a marcação do tempo por meio do relógio d'água e em (b) temos a simulação no qual é utilizado o período de um pêndulo simples para demonstrar que um corpo em queda percorrer espaços cada vez maiores em intervalos de tempo iguais.



Fonte: Ribeiro; Cunha; Laranjeiras, 2013.

Outro trabalho interessante é o trabalho de dissertação do Mestrado Nacional Profissional Nacional em Ensino de Física (MNPEF) de Jesus (2020), onde desenvolveu uma sequência didática utilizando simulações na plataforma VPython. O foco do trabalho é no ensino de Movimento Harmônico Simples (MHS), com ênfase no caso do sistema massa-mola sem e com amortecimento (subcrítico e crítico) (Figura 7). A intenção da autora é introduzir o tema de maneira lúdica e experimental na sala de aula, uma vez que esse tópico acaba sendo negligenciado pelos professores devido à abundância de conteúdo a serem abordados em um período de aula limitado. A inclusão dessa simulação traz consigo a vantagem de criar um ambiente experimental, especialmente considerando a complexidade de conduzir experimentos práticos envolvendo sistemas massa-mola.

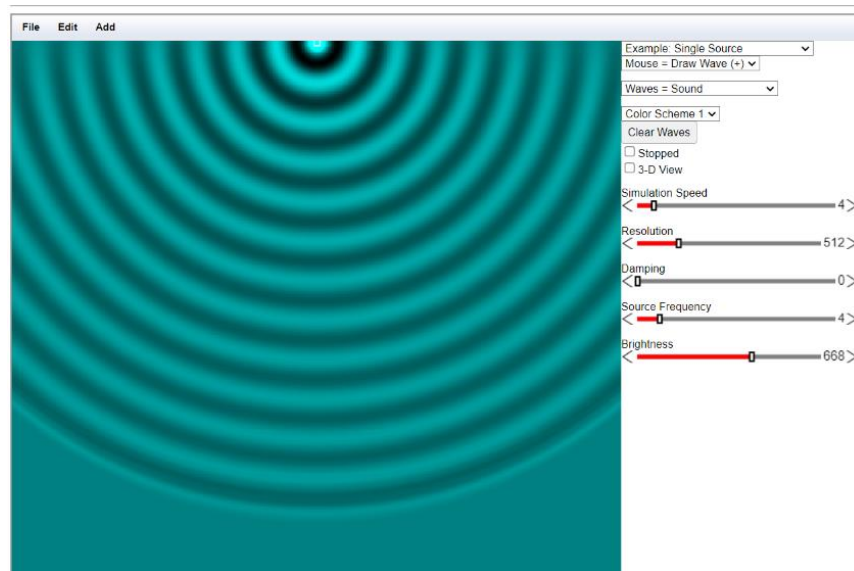
Figura 7 – Animação do sistema massa-mola no ambiente VPython



Fonte: Jesus, 2020.

O desafio de realizar experimentos práticos em sala de aula, como no caso do fenômeno ondulatório da difração, muitas vezes leva a uma abordagem abstrata do conteúdo (MARQUES, 2021). Para contornar essa dificuldade, Marques (2021), em sua dissertação para o MNPEF, empregou simulações para demonstrar o fenômeno da difração. Ele utilizou a plataforma online e gratuita Ripple Tank Simulation (Figura 8), uma versão em WebGL escrita em JavaScript. Essa linguagem de programação possibilita a execução do software diretamente na página da internet.

Figura 8 - Ripple Tank Simulation



Fonte: Ripple Tank Simulation, 2024.

Com o objetivo de transformar o ensino tradicional e apresentar o conteúdo de forma mais envolvente, Marques (2021), desenvolveu uma sequência didática utilizando os três momentos pedagógicos. De acordo com o autor, essa abordagem resultou em um significativo avanço na compreensão dos alunos sobre um tema que, até então, era abordado de maneira resumida e abstrata.

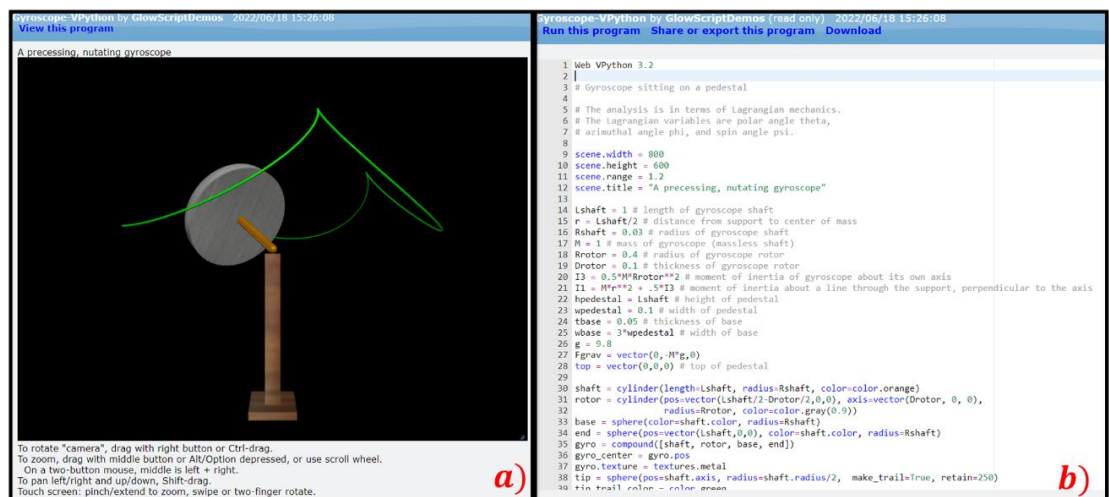
Seguindo essa vertente, pensamos em trazer simulações como uma proposta inovadora para o ensino de física. Essa prática, se bem elaborada, pode elevar o protagonismo do aluno, engajando-os para uma aprendizagem mais lúdica e relevante, bem como propiciar um ambiente de experimentação e exploração com muitas descobertas interessantes sobre um dado problema (MARTINS et al, 2020) ou fenômeno físico. Além disso, o uso de simuladores na educação básica pode ajudar os alunos a desenvolverem habilidades tecnológicas importantes, preparando-os para um mundo cada vez mais digital.

2.4 VPHYTON

A plataforma Visual Python ou como é amplamente conhecida, VPython é uma biblioteca do Python que simplifica a criação de animações e gráficos tridimensionais (3D), criado por David Scherer, em 2000 (BUFASI; LAKRAD, 2019). Ela apresenta características interessantes para os usuários iniciantes em programação que desejam aprender conceitos de programação por meio de objetos tridimensionais. Podemos citar aqui o fato que os próprios objetos são utilizados como variáveis, permitindo criar e manipular formas geométricas, acrescentando propriedades físicas como massa, posição, velocidade e aceleração (VIDAL; FONTURA, p.1110)

A plataforma é gratuita e de código aberto, com a tecnologia GlowScript desenvolvida por David Scherer e Bruce Sherwood, em 2011 (VIDAL; FONTURA, p.1110). Por meio do GlowScript é possível acessar o VPython através de qualquer browser sem a necessidade de instalação de um software, os usuários podem realizar alterações em tempo real à medida que ajustam seus códigos, os scripts podem responder a interações do mouse e teclado (VIDAL; FONTURA, p.1116 – 1117), o que contribui fortemente no desenvolvimento de simulações com objetivos educacionais.

Figura 9 – Ambiente GlowScript do VPython com em (a) a simulação de um giroscópio e em (b) o seu código.



Fonte: VPython.³

Deste modo, VPython apresenta ser um excelente recurso tecnológico para o desenvolvimento de simulações para o ensino de Física. Na página oficial do VPython há diversas simulações aplicadas na área da Física, tais como: Ciclo de Carnot, pêndulo duplo, modelo atômico, motor elétrico, giroscópio, entre outros.

³ Disponível em: < <https://vpython.org/> >. Acessado em: 17 jan. 2024

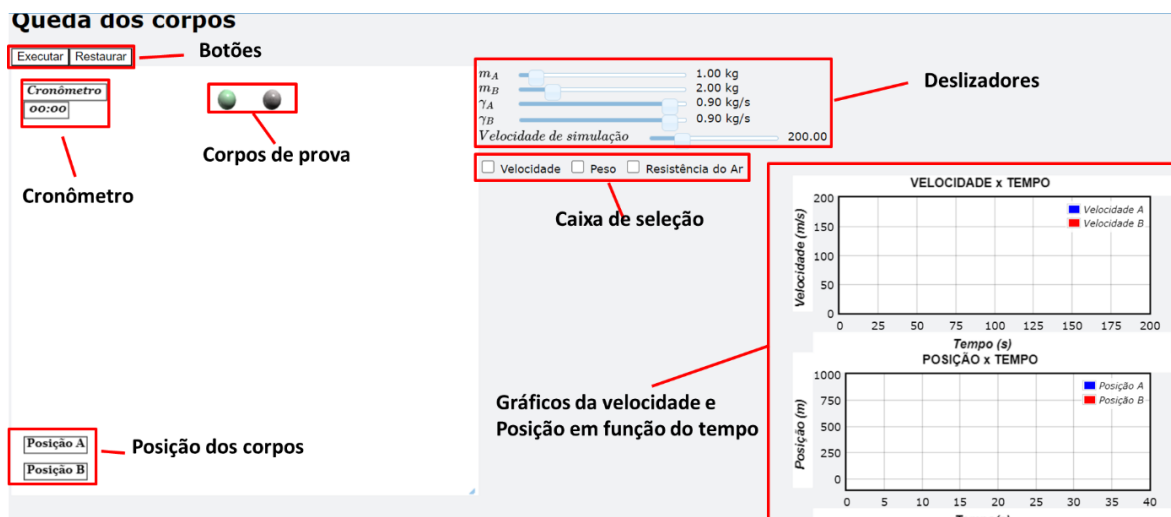
A fim de enriquecer a experiência educacional e romper com os conceitos aristotélicos ainda presentes nas salas de aula, desenvolvemos uma simulação na plataforma VPython, focada no tema da queda dos corpos. Esta iniciativa visa inovar o ensino, proporcionando uma abordagem mais envolvente e prática para os alunos.

2.5 PRODUTO EDUCACIONAL

O propósito do produto é simular o comportamento natural da queda de um corpo no contexto do cotidiano. Utilizando a plataforma online *VPython*, conseguimos simular a queda de um corpo, considerando tanto o cenário de queda livre quanto o de queda com resistência do ar. Nosso foco principal está em destacar os efeitos específicos da resistência do ar, uma vez que acreditamos que é nessa situação que surgem as maiores dificuldades de compreensão para os alunos em relação ao movimento. Através dessa abordagem, buscamos proporcionar uma experiência de aprendizado mais completa e elucidativa, abordando os desafios específicos associados ao movimento de corpos sujeitos à resistência do ar.

A situação é que simular uma situação mais próxima das condições reais pode esclarecer certas afirmações feitas por Galileu sobre a queda dos corpos. Como, por exemplo, a independência da massa em uma queda sem a presença da resistência do ar e que, mesmo em sala de aula, no ambiente não ideal, realizando experimentos de queda (no máximo 2 metros altura), entre dois objetos de massas diferentes, é possível reforçar ainda mais que o tempo de queda difere insignificamente.

Figura 10: Layout da simulação.⁴



Fonte: Autor, 2024.

⁴ Disponível em: <<https://glowscrip.org/#/user/phfs3/folder/MyPrograms/program/NovoQuedaLivre>>. Acessado em: 17 jan. 2024

Nossa simulação pode ser acessada através do link: <https://glowsript.org/#/user/phfs3/folder/MyPrograms/program/NovoQuedaLivre>. A simulação compreende dois corpos esféricos, identificados como A e B, sendo A um objeto com textura de plástico e B de metal. Na representação visual acima, disponibilizamos recursos dinâmicos, permitindo que os alunos ajustem diversas grandezas físicas. Isso proporciona a oportunidade de observar as repercussões decorrentes da alteração desses parâmetros.

Em relação aos botões, eles incorporam as funções de executar a simulação e restaurar as condições iniciais (Figura 11). Logo abaixo, encontram-se os corpos de prova, representados por esferas destinadas à queda, acompanhadas por um marcador que registra a posição dos corpos A e B ao longo desse processo.

Figura 11 – Botões de executar e restaurar



Fonte: Autores, 2024.

Imediatamente ao lado da simulação, estão os articuladores, incluindo deslizadores designados para ajustar a massa e a constante de resistência do ar de cada corpo. Além disso, uma caixa de seleção está disponível para possibilitar a visualização dos vetores e seus módulos, como velocidade, peso e resistência do ar (Figura 11).

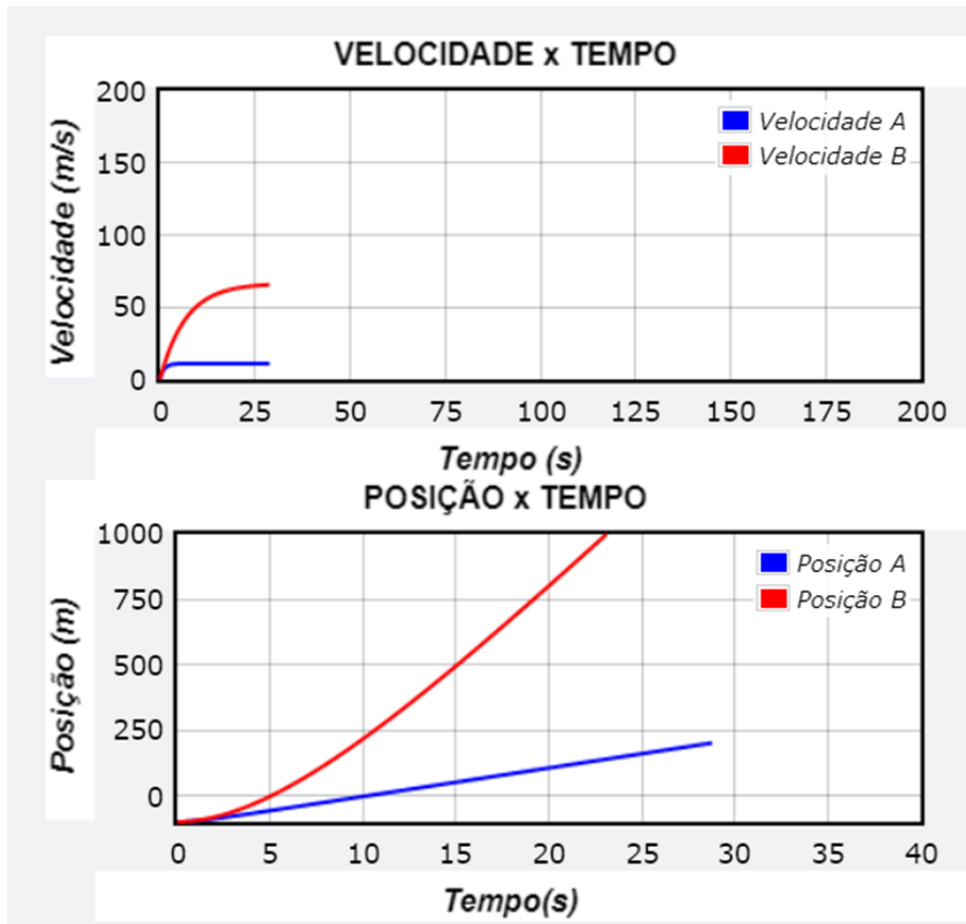
Figura 12 – Articuladores (Zoom da imagem 10)



Fonte: Autor, 2024.

Os articuladores desempenham um papel crucial na simulação, permitindo que os alunos efetuem alterações nos parâmetros físicos sem a necessidade de mexer no código-fonte. Por meio deles, os estudantes podem, por exemplo, ajustar a massa dos corpos e a constante de resistência do ar, observando como essas mudanças influenciam o tempo e a velocidade da queda. Além disso, a capacidade de modificar a velocidade da simulação proporciona uma visualização mais acelerada, permitindo aos alunos observarem de forma mais rápida como os corpos atingem a velocidade limite. Essa abordagem interativa e flexível facilita a exploração prática dos conceitos físicos, enriquecendo a compreensão dos alunos sobre a dinâmica da queda dos corpos.

Figura 13 – Gráfico da velocidade e da posição em função do tempo gerado no simulador



Fonte: Autor, 2024.

Por fim, os gráficos são apresentados para representar o comportamento da posição e velocidade dos corpos durante a queda. Esses gráficos oferecem uma visualização clara e detalhada das variáveis dinâmicas ao longo do processo, proporcionando uma análise mais aprofundada do comportamento dos corpos durante a queda.

Através dos recursos incorporados em nossa simulação, acreditamos que é viável abranger todos os conceitos relevantes relacionados à queda dos corpos. Além disso, buscamos colocar o aluno como protagonista da prática, incentivando-o a observar, interagir e discutir sobre um conhecimento extremamente cotidiano que muitas vezes é pouco compreendido. Essa abordagem interativa visa não apenas transmitir informações, mas também envolver os alunos ativamente na exploração e compreensão dos fenômenos físicos envolvidos na queda de corpos.

2.6 PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A pesquisa se caracteriza como sendo uma pesquisa-ação e qualitativa, tendo em vista que estamos trabalhando com o tema queda dos corpos, que é um conhecimento já existente, para resolver problemas práticos e fornecer soluções concretas para questões específicas (MENEZES *et al.*, 2019). No caso mencionado, o objetivo é desenvolver uma proposta de sequência didática integrada a um produto educacional, visando aprimorar o entendimento dos alunos acerca dos conceitos relacionados à queda dos corpos.

A proposta do trabalho é a compreensão dos conceitos dos fenômenos físicos relacionados à queda livre dos corpos considerando os efeitos da resistência do ar. A princípio, almejamos que os alunos percebam que a queda dos corpos na prática cotidiana (deixar um corpo cair, um lápis, uma borracha, etc) apresenta efeitos pouco significativos durante o seu tempo de queda.

Neste trabalho, o nosso público-alvo são alunos tanto do 9º ano dos anos finais, quanto alunos do Ensino Médio, uma vez que os estudo desse fenômeno seja de supra importância de acordo com a BNCC (BRASIL, 2018).

Os recursos necessários para aplicação dessa prática é um ambiente escolar que forneça computadores ou tablets com acesso à internet, bem como quadro branco, pincel e projetor. A aplicação do produto deve ocorrer, em média, em 5 aulas de 50 minutos cada.

AULA 1: Introdução aos conceitos de queda livre (50 minutos)

Inicialmente, devemos aplicar maiêutica socrática, conduzindo o aluno a produzir seu próprio conhecimento através de perguntas sobre a queda dos corpos. Como, por exemplo, "Imagine um objeto sendo solto de uma determinada altura". O que acontece com ele? Tem movimento? O que é movimento?"

Logo após, discutir sobre os conceitos fundamentais de queda livre, incluindo aceleração devido à gravidade, velocidade inicial, tempo de queda etc.

Por fim, devemos demonstrar a simulação interativa de queda livre para os alunos, com intuito que os alunos observem e anotem os principais aspectos do movimento.

AULA 2: Explorando a simulação (50 minutos)

Nessa etapa os alunos devem se deslocar para um ambiente onde disponham de computadores com acesso à internet para interagirem com a simulação do movimento.

Sendo assim, a turma deve ser dividida em pequenos grupos e deve ser fornecido um roteiro (Apêndice A) de prática para eles, com instruções para alterações nos parâmetros de movimento, como altura inicial, massa do objeto, resistência do ar, entre outros.

Após cada alteração os alunos devem discutir e anotar as conclusões que chegaram após cada alteração realizada na simulação. Por fim, devem divulgar com a turma o que os grupos perceberam.

AULA 3 e 4: Aplicando a equação do movimento (100 minutos)

Nesta etapa devemos retornar para o método tradicional de ensino, onde através do quadro branco e apresentações devemos explicar os conceitos teóricos da queda dos corpos sem e com a resistência do ar.

Durante essa aula deve ser apresentado as equações do movimento que regem a queda livre dos corpos e atividades envolvendo situações-problemas relacionado a queda dos corpos, aplicando os conhecimentos adquiridos através das simulações e aulas teóricas, onde, ao fim de cada atividade será discutida as soluções dos problemas em sala de aula, destacando os passos e as estratégias utilizadas.

AULA 5: Análise de Gráficos (50 minutos)

Nessa última etapa será desenvolvida a habilidade de leitura e interpretação gráfica. Esse será o momento em que demonstraremos gráficos de *Posição* \times *tempo* e *velocidade* \times *tempo*, tanto para o caso sem resistência do ar como para o caso com resistência do ar.

Os alunos devem tentar, em conjunto, interpretar e identificar as características como: velocidade inicial, aceleração, tempo de queda etc.

Por fim, os alunos devem realizar atividades envolvendo interpretações de gráficos no movimento de queda dos corpos.

Caso deseje, e veja que é necessário, deve-se realizar uma atividade com perguntas básicas sobre a queda dos corpos com intuito de observar o crescimento do aluno através da prática.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho exposto tem como papel fundamental contribuir na formação sobre os conceitos básicos da queda dos corpos. Fenômeno no qual seus efeitos são constantemente presenciados no dia a dia de qualquer indivíduo no mundo.

A proposta vem com o intuito de romper com o ensino tradicional e inovar o ensino dos conceitos desse tema. Uma vez que foi verificada a existência de um problema na compreensão dos conceitos desse movimento na educação básica, que uma vez não assimilada nesse período, desencadeia um problema cultural que se propaga de forma errônea pela sociedade.

Além disso, em um mundo de constante conexão e tecnologia, inserir atividades no qual exija a interação com qualquer linguagem de programação incentiva o aluno a compreender um pouco sobre a tecnologia, as lógicas de programação e como de fato tudo é feito, ensinando além do mínimo.

Acreditamos que a combinação do produto educacional com a sequência didática proposta pode oferecer um suporte significativo tanto para os docentes quanto para os discentes da educação básica, no que diz respeito ao ensino da queda dos corpos. Essa abordagem também se configura como uma poderosa ferramenta para desafiar e corrigir concepções do senso comum sobre esse tema.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. E.; BRACHO, L. A. Simuladores com o software GeoGebra como objetos de aprendizagem para o ensino da física. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED**, n. 47, p. 201-216, 2020.

BUFASI, E.; LAKRAD, K. Improving teaching techniques using Visual Python: A case study in physics laboratories. **International Journal of Scientific and Technology Research**, v. 8, n. 12, p. 161-163, 2019.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

COHEN, B. I. **O nascimento de uma nova física**. São Paulo: Edart, 1967.

CRUZ, C. S. et al. O uso do python na construção de simuladores computacionais: proposições e potencialidades para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 39, n. 1, p. 204-237, 2022.

FRANÇA, S. C. G.; GOMES, L. C.; DA FRANÇA JÚNIOR, M. C. Uma proposta para o Ensino de Física por meio de problematizações. **Revista Insignare Scientia-RIS**, v. 4, n. 3, p. 542-562, 2021.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. Tradução: Trieste Freire Ricci. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

INMETRO. **Sistema Internacional de Unidades**. 8. ed. Rio de Janeiro: Pearson, 2003. 116 p.

JESUS, A. O. **Aprendendo a Física do oscilador Harmônico utilizando o ambiente 3D Vpython**. Orientador: Dr. Fabrizio M. Alves. 2020. Dissertação (Mestrado em ensino de Física) - Universidade Federal de Mato Grosso, [S. l.], 2020.

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

MARQUES, A. A. C. **A utilização de um simulador como ferramenta Pedagógica para facilitar o ensino da Difração no Ensino Médio**. Orientador: Dr. Jerias ALves Batista. 2021. Dissertação (Mestrado em ensino de Física) - Universidade Federal do Maranhão, [S. l.], 2021.

MARTINS, S. O. et al. O Uso de simuladores virtuais na Educação Básica: Uma estratégia para facilitar a aprendizagem nas aulas de Química. **Revista Ciências & Ideias ISSN: 2176-1477**, v. 11, n. 1, p. 216-233, 2020.

MENEZES, A. H. N. *et al.* **Metodologia científica teoria e aplicação na educação a distância**. 1. ed. Petrolina: Universidade Federal Do Vale do São Francisco, 2019. 84 p. ISBN 9788560382910. Disponível em: <https://portais.univasf.edu.br/noticias/univasf-publica-livro-digital-sobre-metodologia-cientifica-voltada-para-educacao-a-distancia/livro-de-metodologia-cientifica.pdf/view>. Acesso em: 16 jan. 2024.

NASCIMENTO, C. A. R. **Quatro textos de Galileu**. Trans/Form/Ação Revista de filosofia da Universidade Estadual Paulista/ Unesp. São Paulo, p. 3:143-7, 1980

O globo. Na pandemia, celular toma espaço de computador e TV nos lares brasileiros. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/economia/noticia/2022/09/na-pandemia-celular-toma-espaco-de-computador-e-tv-nos-lares-brasileiros.ghtml>>. Acesso em: 18/12/2023

PORTO, C. M. **A Revolução Copernicana**: aspectos históricos e epistemológicos. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 42, p. 20, 2020.

PORTO, C.M. **A física de Aristóteles**: uma construção ingênua?. Rev. Brasileira de ensino de Física. Departamento de Física, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédia, RJ, Brasil. v. 31, nº. 4, p. 8, 2009.

PORTO, C.M.; PORTO, M.B.D.S.M. **A evolução do pensamento cosmológico e o nascimento da ciência moderna**. Rev. Bras. Ensino Fís., São Paulo, v. 30, n. 4, p. 9, 2008.

RIBEIRO, L. A. J.; CUNHA, M. F.; LARANJEIRAS, C. C. Simulação de experimentos históricos no ensino de física: uma abordagem computacional das dimensões histórica e

empírica da ciência na sala de aula. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, p. 4602, 2012

ROCHA, F. S. M. *et al.* O uso de tecnologias digitais no processo de ensino durante a pandemia da Covid-19. **Revista Interações**, v. 16, n. 55, p. 58-82, 2020.

SILVA, P. H. F. **A queda dos corpos e sua aprendizagem por alunos do ensino médio de uma escola pública estadual de Alagoas.** 2022 Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Federal de Alagoas – Campus Maceió, Al, 2022

VIDAL, F. L. Q.; FONTOURA, C. A. R. S. Glowscrip como ferramenta elucidativa de conceitos de física: explorando o vpython. In: **Congresso Nacional de Pesquisa e Ensino em Ciências-Anais V CONAPESC. ISSN 2525-3999.** p. 3999.

APÊNDICES

APÊNDICE A – ROTEIRO DE PRÁTICA

ROTEIRO DE PRÁTICA

O movimento de Queda dos Corpos

Link da Simulação:

<https://glowsript.org/#/user/phfs3/folder/MyPrograms/program/NovoQuedaLivre>

OBJETIVO: Analisar o comportamento de queda de um objeto na ausência e presença da resistência do ar.

MATERIAIS UTILIZADOS:

- Computador ou tablet ou smartphone
- Internet
- Caderno
- Lápis ou caneta

INSTRUÇÕES:

The screenshot shows the 'Queda dos corpos' simulation interface. It includes several key elements:

- Botões:** 'Executar' and 'Restaurar' buttons at the top left.
- Cronômetro:** A digital timer showing '00:00'.
- Corpos de prova:** Two spheres representing the objects being tested.
- Deslizadores:** A control panel with sliders for m_A (1.00 kg), m_B (2.00 kg), γ_A (0.90 kg/s), γ_B (0.90 kg/s), and 'Velocidade de simulação' (200.00).
- Caixa de seleção:** Checkboxes for 'Velocidade', 'Peso', and 'Resistência do Ar'.
- Gráficos da velocidade e Posição em função do tempo:** Two graphs: 'VELOCIDADE x TEMPO' (Velocity vs. Time) and 'POSIÇÃO x TEMPO' (Position vs. Time). Both graphs show data for 'Posição A' (blue) and 'Posição B' (red).
- Posição dos corpos:** Input fields for 'Posição A' and 'Posição B' at the bottom left.

- **Botões de executar e restaurar:** São os botões responsáveis por dar início/pausa (executar) a simulação e retornar as condições iniciais (Restaurar).
- **Cronômetro:** Marca o tempo de queda dos corpos de provas
- **Corpos de prova:** São as esferas que se encontram em queda
- **Posição dos corpos:** É a posição dos corpos de prova. Vale salientar que os mesmos começam na posição 100.

- **Deslizadores:** Nessa ferramenta é possível alterar a massa e a constante de resistência do ar dos corpos, bem como a velocidade de simulação para que a queda ocorra mais devagar ou rapidamente.
- **Caixa de seleção:** Por meio desse recurso é possível apresentar os vetores velocidade, peso e resistência do ar junto com a suas respectivas intensidades.
- **Gráficos:** Em gráfico é onde devemos visualizar o comportamento das esferas em queda no decorrer do tempo, tanto da velocidade quanto a posição.

PROCEDIMENTOS:

1. Dividão-se em equipes com o número de integrantes determinada pelo professor.
2. Ao entrar no ambiente de simulação é possível notar que a constante de resistência do ar é a mesma para os dois objetos (deslizadores), porém a massa não. Deste modo, inicie a simulação e veja o que acontece.
3. Em seguida, restaure algumas vezes a simulação e altere as massas dos objetos e observe o que acontece com o movimento de queda, tanto na simulação quanto no gráfico. Repita esse procedimento quantas vezes desejar.
4. Anote no caderno o que você percebeu no movimento a realizar os comandos dos itens 1 e 2.
5. Selecione uma das caixas de seleção e execute a simulação. Em seguida, restaure a simulação e faça o mesmo para as demais. Anote o que você percebeu.
6. Agora, mantendo as massas constantes, altere a constante de resistência do ar e veja o que acontece. Repita esse procedimento quantas vezes desejar.
7. Anote o que você percebeu ao realizar os comandos do item 5. Em algum momento o gráfico da velocidade é desenhado somente na horizontal? Se sim, justifique porque isso acontece.
8. Mantendo as massas constante, execute a simulação e aguarde 10 segundos e depois aumente a constante de resistência do ar e veja o que acontece. Análise o gráfico.
9. Por meio do gráfico, o que você percebeu? Existe algum objeto ou algo que realize esse tipo de comportamento? Se sim, diga qual é e como realizar esse tipo de movimento.
10. Restaure a simulação e anule a constante resistência do ar de um dos corpos. Observe o que acontece, tanto na simulação quanto no gráfico e anote.