

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

AYSLAN PORFIRIO DOS SANTOS

**O USO DE OBJETOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM PARA O ESTUDO DE
QUEDA LIVRE**

CAMPO MOURÃO

2024

AYSLAN PORFIRIO DOS SANTOS

**O USO DE OBJETOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM PARA O ESTUDO DE
QUEDA LIVRE**

The use of virtual learning objects to study free fall

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física - Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Profa. Dra. Adriana da Silva Fontes

Coorientador(a): Prof. Dr. Oscar Rodrigues dos Santos

CAMPO MOURÃO

2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão**



AYSLAN PORFIRIO DOS SANTOS

O USO DE OBJETOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM PARA O ESTUDO DE QUEDA LIVRE

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 13 de Dezembro de 2024

Dra. Adriana Da Silva Fontes, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Cesar Vanderlei Deimling, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Luciano Gonsalves Costa, Doutorado - Universidade Estadual de Maringá (Uem)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 16/12/2024.

Dedico este trabalho à minha família, em especial minha esposa e meus filhos. Com muita paciência e amor eles sempre apoiaram e incentivaram meus estudos. Aos meus orientadores, os quais deram suporte e inspiração para que eu acreditasse em minha capacidade. Sem eles eu não teria concluído este trabalho.

AGRADECIMENTO

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço aos meus orientadores Profa. Dra. Adriana da Silva Fontes e Prof. Dr. Oscar Rodrigues dos Santos pela sabedoria com que me guiaram nesta trajetória, bem como a Profa. Dra. Roseli Constantino Schwerz.

Aos meus colegas de sala.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, a minha esposa Andréia que sempre esteve ao meu lado me apoiando nos momentos de estudos, aos meus filhos, Laysa e Bruno que entenderam a importância da dedicação para os estudos e dos momentos de ausência que tive pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Por fim, o agradecimento mais importante: agradeço a Deus a Nossa Senhora, Santa Rita de Cássia por estarem sempre comigo, me guiando, iluminando cada passo meu e me abençoando. Obrigado por me darem a fé e a força necessária para lutar e enfrentar todos os obstáculos, sem nunca desistir.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Quando alguém atribui significados a um conhecimento a partir da interação com seus conhecimentos prévios, estabelece a aprendizagem significativa, independentemente de esses significados serem aceitos no contexto do sujeito. David Ausubel (1982).

RESUMO

A pesquisa desenvolvida no âmbito do MNPEF, teve como objetivo explorar os conceitos relacionados a queda livre, por meio do uso de objetos virtuais de aprendizagem (OVA). O foco foi entender se essas ferramentas poderiam servir como materiais potencialmente significativos para o ensino de queda livre no Ensino Médio. A pesquisa foi conduzida por meio de um processo qualitativo descritivo, envolvendo a coleta de dados de uma turma de primeiro ano do Ensino Médio de um Colégio Público Estadual no interior do Paraná, durante as aulas de Física. Os OVA utilizados foram: softwares Tracker e Algodoo, Calculadora da Física, e o simulador de objetos virtuais na Física. Os resultados indicaram que essas ferramentas facilitaram aos alunos e ao professor a visualização de objetos em queda livre, tornando conceitos difíceis mais tangíveis e compreensíveis. A personalização do aprendizado também foi destacada, pois os alunos puderam explorar no seu próprio ritmo, repetir experimentos e receber suporte adaptado às suas necessidades específicas. Os alunos foram capazes de testar hipóteses, manipular variáveis, observar padrões e desenvolver habilidades de resolução de problemas. A integração dessas tecnologias no ambiente educacional motiva e soma à maneira como os estudantes aprendem, proporcionando um aprendizado significativo.

Palavras-chave: ensino de física; aprendizagem significativa; objetos virtuais; queda livre.

ABSTRACT

The research developed within the scope of MNPEF aimed to explore concepts related to free fall, through the use of virtual learning objects (OVA). The focus was to understand whether these tools could serve as potentially significant materials for teaching free fall in high school. The research was conducted through a descriptive qualitative process, involving data collection from a first-year high school class at a State Public College in the interior of Paraná, during Physics classes. The OVA used were: Tracker and Algodoo software, Physics Calculator, and the virtual object simulator in Physics. The results indicated that these tools made it easier for students and teachers to visualize objects in free fall, making difficult concepts more tangible and understandable. Personalization of learning was also highlighted, as students were able to explore at their own pace, repeat experiments and receive support tailored to their specific needs. Students were able to test hypotheses, manipulate variables, observe patterns, and develop problem-solving skills. The integration of these technologies into the educational environment motivates and adds to the way students learn, providing meaningful learning.

Keywords: physics teaching; meaningful learning; virtual objects; free fall.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Movimento de queda livre de um objeto em um plano vertical	31
Figura 2. Gráfico da posição em função do tempo	33
Figura 2.1 Gráfico da Velocidade em função do Tempo	33
Figura 3. Gráfico da aceleração em função do tempo	34
Figura 4. Gráfico velocidade x tempo para movimento de queda livre	35
Figura 5. Gráfico da posição em função do tempo para movimento de queda livre	36
Figura 6. Função horária das posições	37
Figura 7. Seleção de artigos	51
Figura 8. Corpos em queda livre sob a influência da resistência do ar	68
Figura 9. Ficha das emoções sentidas durante a realização das atividade Algodoo em sala de aula	69
Figura 10. Estrutura seguida para o desenvolvimento da pesquisa	71
Figura 11. Proposta de Galileu Galilei sobre a queda livre dos corpos	74
Figura 12. Print do video interativo que mostra a construção das fórmulas sobre queda livre	76
Figura 13. Corpos em queda livre no vácuo, construído pelo professor com auxílio dos estudantes	77
Figura 14. Resolução sobre o conceito de queda livre de corpos do aluno A	79
Figura 15. Grupo A realizando a apresentação do software Tracker	81
Figura 16. Revisão das fórmulas utilizadas para trabalhar o conceito de queda livre dos corpos	81
Figura 17. Apresentação inicial do grupo B	83
Figura 18. Simulador de queda livre	83
Figura 19. Apresentação do software Algodoo	85
Figura 19.1 Explorando o software Algodoo	85
Figura 20. Exemplo de aplicação do software Algodoo feito pelo grupo	86
Figura 21. Grupo D apresentando sobre a calculadora da Física	87
Figura 22. Calculadora da Física na prática	87

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Distribuição dos Artigos, quanto aos autores, ano, título, objeto, conclusão	
Relacionados sobre o estudo em pesquisa	52
Quadro 2. Estrutura da Sequência Didática	63
Quadro 3. O movimento de queda livre	65
Quadro 4. Passos das atividades no simulador Algodoo	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

g - Aceleração da gravidade

h - Altura

t - Intervalo de tempo

v - Velocidade

F_d - Força de arrasto

ρ - Densidade

C_d - Coeficiente de arrasto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	17
2.1	O ensino de Física	17
2.2	Os objetos virtuais de aprendizagem para o ensino de Física	21
2.2.1	O software Algodoo	24
2.2.2	Simuladores (Free Fall Simulator)	25
2.2.3	Ferramentas google	26
2.2.4	Calculadora de Física	27
2.2.5	Tracker	27
2.3	O movimento de queda livre	28
2.3.1	As equações que regem o processo de queda livre	30
2.4	Cinemática e dinâmica no processo de Estudo de Queda Livre na rede básica	40
2.5	Potencialidades e fragilidades no processo de ensino do movimento de queda livre por meio das tecnologias e objetos virtuais	43
2.6	A Teoria da Aprendizagem Significativa	46
3	REVISÃO DE LITERATURA	50
3.1	Resultados	52
3.2	Discussão	54
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	60
4.1	A natureza do estudo	60
4.2	O local e os participantes da pesquisa	61
4.3	Os instrumentos de coleta de dados	62
4.4	Procedimentos no desenvolvimento do produto educacional	63
4.4.1	O produto educacional	64
4.5	O processo de análise dos dados educacional	70
5	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	72
5.1	Análise dos conhecimentos prévios	72
5.2	Explorando a perspectiva histórica do conceito de queda livre dos corpos	73

5.3	Experimentos sobre queda livre	75
5.4	Aplicação de questões de ordens prática	78
5.5	Uso dos objetos virtuais para estudo de queda livre	79
5.5.1	Utilização do software tracker	80
5.5.2	Utilização de um simulador de queda livre Free fall	82
5.5.3	Utilização de software Algodoo	84
5.5.4	Calculadora da Física	86
5.5.5	Relatos das atividades desenvolvidas pelos grupos de estudantes sobre o uso de objetos virtuais	88
5.5.6	Discussão da atividade desenvolvida pelo grupo A	88
5.5.7	Discussão da atividade desenvolvida pelo grupo B	89
5.5.8	Discussão da atividade desenvolvida pelo grupo C	90
5.5.9	Discussão da atividade desenvolvida pelo grupo D	91
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
	REFERÊNCIAS	96
	APÊNDICES PRODUTO EDUCACIONAL	103

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física desempenha um papel importante na formação educacional de indivíduos e na compreensão do mundo que nos cerca (Moreira, 2018). Esta disciplina, atualmente, abordada a partir do 1º ano do Ensino Médio, desafia a mente humana desde os tempos de Galileu Galilei e Isaac Newton e continua a intrigar e inspirar gerações de estudantes em todo o mundo (Rosa; Rosa, 2005).

Desta forma, Moreira (2000), destaca que buscar aprimorar este ensino para promover um entendimento mais profundo dos fenômenos naturais e estimular o pensamento crítico, pode possibilitar um avanço na educação e na formação dos estudantes.

Cabe ressaltar que a Física é a base de muitas outras disciplinas científicas e tecnológicas. Ela fornece as leis fundamentais que governam o comportamento da matéria e da energia no universo (Moreira, 2000). Portanto, segundo Moreira (2018), uma compreensão sólida dos princípios físicos é crucial para avançar em áreas como engenharia, química, biologia e até mesmo nas ciências sociais, onde os conceitos físicos podem explicar fenômenos complexos, como mudanças climáticas e energia sustentável.

No entanto, o ensino de Física acaba por ser desafiador para muitos estudantes, principalmente devido à sua natureza abstrata e à necessidade de uma profunda capacidade de raciocínio lógico e matemático (Moreira, 2021). Medeiros (2002, p. 78), afirma que <uma das razões para essa situação é que a Física lida com vários conceitos, alguns dos quais caracterizados por uma alta dose de abstração, fazendo com que a Matemática seja uma ferramenta essencial no desenvolvimento da Física=. Para superar esses desafios, é importante adotar abordagens pedagógicas que tornem o aprendizado da Física mais acessível e envolvente.

Neste sentido, o uso das Tecnologias Digitais como objetos virtuais de aprendizagem, podem oferecer uma variedade de recursos que podem enriquecer o ensino de Física (Araújo; Veit, 2004). Medeiros e Medeiros (2002), destacam que uma das ferramentas mais impactantes é o uso de simulações computacionais. Por meio delas, os alunos podem explorar virtualmente fenômenos físicos complexos,

como movimento de partículas, ondas eletromagnéticas, interações gravitacionais e, em específico, no estudo da queda livre (queda dos corpos) (Cordova; Tort, 2016).

Cardinot e Namen (2017), afirmam que essas simulações permitem que os estudantes experimentem situações que, de outra forma, seriam inacessíveis, proporcionando uma compreensão mais profunda dos princípios físicos subjacentes. Outra aplicação importante das tecnologias digitais é a criação de ambientes virtuais de aprendizado.

Araújo e Veit (2004), apontam que plataformas de ensino on-line, fóruns de discussão e vídeos interativos podem proporcionar um espaço de aprendizado flexível e colaborativo, onde os estudantes podem acessar recursos didáticos, compartilhar conhecimentos e discutir conceitos com colegas e professores em qualquer lugar do mundo.

Para Junior e Sampaio (2013), o uso de simuladores como tecnologias digitais no ensino de Física representa uma abordagem inovadora, sendo bastante discutida na última década. Essas ferramentas proporcionam aos alunos a oportunidade de experimentar virtualmente fenômenos físicos complexos, muitas vezes inacessíveis em um ambiente de sala de aula tradicional (Miranda; Vanin; Bechara, 2004).

Por meio dos simuladores, os estudantes podem explorar o comportamento de partículas subatômicas, analisar o movimento de objetos em diferentes condições ou até mesmo simular experimentos científicos icônicos. Junior e Sampaio (2013, p. 1), afirmam que <a utilização de simuladores permite o estudo de situações que, na prática, seriam difíceis ou até mesmo inviáveis de serem realizadas, permitindo, desta forma, uma melhor compreensão dos fenômenos=.

Essa experiência prática e interativa não apenas torna os conceitos físicos mais tangíveis, mas também incentiva a curiosidade, o pensamento crítico e a resolução de problemas, preparando os alunos para enfrentar desafios científicos e tecnológicos do mundo real.

Com ênfase, sob a lente da Teoria da Aprendizagem Significativa defendida por David Paul Ausubel, estes objetos virtuais de aprendizagem poderiam ser utilizados como materiais potencialmente significativos, visto que a sua utilização é uma das condições descritas por Ausubel (1982), para que os alunos construam uma aprendizagem significativa. Em específico, a outra refere-se ao aluno querer aprender.

Contudo, o professor tem grande importância nesse processo, pois, conforme o seu processo de ensino, pode motivar os estudantes a aprenderem. Nisso, os objetos virtuais de aprendizagem vem sendo um apoio importante de modo a propiciar a curiosidade, pensamento computacional, competição benéfica, entre outros (Franco, 2018).

Dentro das variedades de objetos virtuais de aprendizagem, um exemplo de sua utilização é o Algodoo¹, um *software* livre que disponibiliza várias funcionalidades, por ser projetado de forma lúdica e caricatural. Ele pode incentivar a descoberta de conceitos físicos que seriam abstratos se só fosse visto por fórmulas ou de maneira teórica. Assim, auxilia os professores a proporcionar uma compreensão mais tangível aos estudantes (Gregorcic; Bodin, 2017).

À vista desta problemática, temos a seguinte questão de pesquisa: Os objetos virtuais de aprendizagem podem atuar como um material potencialmente significativo para abordar o conceito de queda livre dos corpos no ensino de Física? Com a intenção de buscar subsídios a esta questão, descrevemos os objetivos deste estudo.

Neste sentido, este trabalho tem o objetivo geral de abordar os conceitos relacionados à queda livre, através da utilização de objetos virtuais de aprendizagem como material potencialmente significativo. Para alcançar tal intenção, propomos os seguintes objetivos específicos:

- a) Construir através de um objeto virtual de aprendizagem, uma sequência didática para o ensino dos conceitos sobre queda livre.
- b) Favorecer um processo de ensino por meio de um objeto virtual de aprendizagem para estudantes do 1º ano do Ensino Médio sobre o conteúdo de queda livre.
- c) Analisar as possibilidades da utilização dos objetos virtuais de aprendizagem como elemento potencial significativo para o ensino dos conceitos de queda livre.

Assim, para buscar cumprir tais objetivos, estruturamos esta dissertação nas seguintes seções. Após a introdução, na segunda seção, buscamos discutir sobre os processos de ensino-aprendizagem de Física com apoio das tecnologias digitais, em

¹ Disponível em: <http://www.Algodoo.com>

específico, os objetos virtuais de aprendizagem. Para tanto, abordamos como ocorre o ensino de Física na escola e por fim, fundamentamos esse processo na Teoria da Aprendizagem Significativa.

Na terceira seção, uma revisão sistemática da literatura é realizada de forma que exploramos os conceitos físicos sobre o conteúdo de queda livre. Posteriormente, com base em estudos já publicados, buscamos as potencialidades de se trabalhar os objetos virtuais de aprendizagem no ensino da Física.

Na quarta seção, os procedimentos metodológicos são descritos de maneira a fundamentar e explicar os caminhos seguidos na pesquisa. Assim, a natureza do estudo, o local de desenvolvimento, bem como os participantes e os instrumentos de coleta de dados são apresentados. Com ênfase, é neste momento que discutimos sobre o produto educacional, descrevendo assim a sequência didática para o ensino dos conceitos de queda livre dos corpos.

Por fim, na quinta seção a análise dos dados é apresentada e discutida com base no que a literatura nos possibilita inferir sobre a temática em estudos. Após, as considerações finais, trazendo as respostas a nossa questão norteadora, os resultados, as limitações e as indicações para trabalhos futuros são apresentadas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção busca-se discutir com base na literatura sobre os processos de ensino-aprendizagem de Física. Outrossim, também é abordado o contexto dos objetos virtuais de aprendizagem e a teoria da Aprendizagem Significativa.

2.1 O ensino de Física

O ensino de Física, ao longo da história, tem sido uma jornada fascinante e dinâmica, refletindo não apenas os avanços no conhecimento científico, mas também as mudanças nas metodologias educacionais e nas percepções sobre como aprender e ensinar ciência (Duit *et al.*, 2014).

Viennot (2003), destaca que na antiguidade, os princípios básicos da Física começaram a ser desenvolvidos pelos filósofos gregos, como Tales de Mileto, que introduziu a ideia de que eventos naturais podem ser explicados por leis universais. No entanto, para a autora, o ensino formal era limitado a poucos estudiosos privilegiados. Cherman (2004), aponta que durante a Idade Média, a disseminação do conhecimento foi principalmente conduzida por mosteiros e escolas religiosas, com um foco limitado na observação e experimentação.

Com o Renascimento, Schutt (2015), aponta que houve uma redescoberta do conhecimento clássico grego e romano, acompanhada por um aumento do interesse pelas ciências naturais. O trabalho pioneiro de cientistas como Galileu Galilei e Isaac Newton estabeleceu as bases para a Física moderna. No entanto, para Schutt (2015), o ensino ainda era restrito a poucos, muitas vezes ocorrendo em ambientes informais e baseando-se fortemente na memorização de fatos.

Duit *et al.*, (2014), destacam que o século XIX testemunhou uma expansão significativa no ensino de Física, especialmente com a criação de universidades e escolas técnicas. A descoberta das leis da eletricidade e do magnetismo, a teoria da relatividade de Einstein e a mecânica quântica revolucionaram a Física, influenciando diretamente o conteúdo e os métodos de ensino.

Já o século XX, para Viennot (2003), trouxe consigo uma compreensão mais profunda da natureza dual da luz e da matéria, bem como a revolução tecnológica. Isso levou ao desenvolvimento de novas abordagens pedagógicas, incluindo a

aprendizagem ativa, que coloca os estudantes no centro do processo educacional, e o uso de tecnologia para simulações e experimentos virtuais.

Contudo, hoje, Moreira (2021), destaca que o ensino de Física enfrenta desafios como a necessidade de tornar a ciência mais acessível a todos os alunos, independentemente de seu *background* ou habilidades, e integrar a educação científica com as demandas da sociedade moderna. A interdisciplinaridade, a colaboração global e a ênfase na resolução de problemas são tendências crescentes no ensino de Física.

Diversas estratégias didáticas são acionadas como questionários, textos com abordagem histórica, textos técnicos com conteúdo de Física, experimentos, vídeos e aulas dialogadas. O uso da história da ciência (Matthws, 1995; Quintal; Guerra, 2009) e experimentos (Araújo; Abib, 2003; Gil Perez; Vilches, 2006) são aspectos importantes do material. O objetivo principal é propor uma intervenção que tenha potencial para suscitar nos alunos uma atitude favorável para com o ensino de Física (Pozo; Gomez Crespo, 2001; Rangel, 2017), em particular, a queda dos corpos e as conceituações que compõem a cinemática. (apud Araújo, 2018).

O ensino de Física no Brasil é uma área fundamental da educação, buscando transmitir aos estudantes os princípios básicos da ciência que regem o universo. Segundo Arruda (2022), o currículo de Física no Brasil é delineado pelos documentos oficiais, como a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN). Como mais atual, a BNCC estabelece os conteúdos essenciais que devem ser abordados em todas as séries, desde os conceitos básicos de cinemática e mecânica até tópicos avançados como termodinâmica e Física quântica, bem como a queda livre dos corpos.

Moreira (2018), explica que o ensino de Física no Brasil passa por diferentes fases durante o ensino fundamental e médio, adaptando-se ao nível de compreensão dos estudantes e ao desenvolvimento de suas habilidades cognitivas. No ensino fundamental, apesar de ser tratado como ensino de ciências, não sendo uma matéria isolada, o foco está na introdução dos conceitos fundamentais da Física de maneira acessível e interessante para os estudantes mais jovens.

Nessa fase, os alunos aprendem sobre temas como movimento, forças, energia, luz e som. As aulas geralmente são práticas e visuais, envolvendo experimentos simples e demonstrações para ilustrar os princípios físicos de forma palpável (Brasil, 2018).

Os professores do ensino fundamental utilizam métodos lúdicos e atividades interativas para estimular a curiosidade dos alunos. Schoroeder (2007, p. 91),

destaca que <pode-se propor atividades experimentais que permitam que crianças menores de dez anos manipulem diretamente os materiais usados e não se limitem a contemplar fenômenos=.

Assim, para o autor, os conceitos são frequentemente relacionados a situações do cotidiano, ajudando os estudantes a entender como a Física está presente em suas vidas diárias. É um período crucial para construir uma base sólida de entendimento sobre as leis fundamentais da Física.

No ensino médio, Oliveira Pereira e Aguiar (2006), destacam que o ensino de Física já é tratado como uma matéria isolada, de forma que os estudantes avançam para conceitos físicos mais complexos. Além de revisar tópicos anteriores em maior profundidade, eles também aprendem sobre eletricidade, magnetismo, termodinâmica, óptica, Física moderna e outras áreas especializadas.

Nessa fase, a teoria é combinada com experimentos mais avançados, e os estudantes são encorajados a realizar investigações independentes. O ensino da Física no ensino médio se concentra não apenas na compreensão teórica, mas também em sua aplicação prática. Os professores frequentemente utilizam laboratórios para realizar experimentos mais complexos, proporcionando aos alunos a oportunidade de verem os princípios físicos em ação (Silveira; Girardi, 2017).

Além disso, no ensino médio, os estudantes começam a entender a Física como parte integrante do mundo científico e tecnológico em constante evolução. Eles aprendem sobre as contribuições da Física para a sociedade, desde a eletrônica até a exploração espacial, e como essas descobertas continuam a moldar o mundo ao seu redor. A respeito do ensino de Física, concordamos com Moreira (2021), quando destaca como deve ser realizado esse ensino:

- 1) Dar mais atenção a conceitos do que fórmulas; há conceitos que são estruturantes da Física; conceitos estão na base da compreensão humana; a conceitualização é o núcleo do desenvolvimento cognitivo.
- 2) Usar situações que façam sentido para os alunos; são as situações que dão sentido aos conceitos; as primeiras situações devem ser do entorno do aluno; as situações devem ser propostas em níveis crescentes de complexidade e abstrações, mas devem fazer sentido para quem está aprendendo.
- 3) Levar em conta o conhecimento prévio dos alunos o máximo possível; é uma variável fundamental para a aprendizagem de novos conhecimentos; pode funcionar como <ancoradouro= de novos conhecimentos ou como obstáculo epistemológico.
- 4) Dar atenção a modelos e modelagem; as teorias Físicas começam com modelos conceituais; modelos físicos contêm aproximações, não são exatos.

- 5) Não ensinar as teorias Físicas como definitivas e os princípios físicos como verdades; a Física é uma ciência em permanente construção; conceitos, princípios, modelos e teorias atuais são excelentes construções da Física, mas podem evoluir ou, eventualmente, serem abandonadas.
- 6) Estimular o desenvolvimento de competências científicas como modelagem científica, argumentação baseada em evidências, comunicação de resultados, perguntar e questionar cientificamente. É muito mais importante desenvolver competências científicas do que decorar fórmulas e aplicá-las em situações conhecidas.
- 7) Buscar um ensino híbrido com participação ativa dos alunos e do professor, centrado nos alunos e no professor; no processo ensino-aprendizagem educador e educando são igualmente importantes; não existe ensino sem aprendizagem.
- 8) Incorporar as tecnologias digitais de informação e comunicação no ensino sem abandonar atividades presenciais, mantendo a interação social, a negociação de significados.
- 9) Utilizar laboratórios virtuais; computadores e celulares fazem parte do entorno dos alunos; laboratórios virtuais podem ser usados em simulações, modelos computacionais, experimentos virtuais; a experimentação deve fazer parte do ensino da Física.
- 10) Procurar sempre promover a aprendizagem significativa dos alunos; independente das estratégias didáticas e dos materiais instrucionais, considerar aprendizagem significativa como um paradigma.
- 11) Na avaliação, buscar evidências de aprendizagem significativa; testes de múltipla escolha não avaliam, apenas medem a quantidade de respostas certas.
- 12) Despertar o interesse dos alunos pela Física. Este é o maior de todos os desafios no ensino da Física. O ensino focado na preparação para a testagem, no aplicacionismo de fórmulas, na memorização de respostas corretas, provoca desinteresse dos alunos. É uma perda de tempo (Moreira, 2021, p. 7).

Nesse sentido, verifica-se a importância da mudança no processo de ensino. Assim, a busca por novas metodologias pode ser um caminho. Houve uma mudança gradual nas metodologias de ensino, com uma transição de métodos tradicionais para abordagens mais interativas e contextualizadas. Professores estão cada vez mais adotando técnicas ativas de ensino, que envolvem os alunos em atividades práticas, discussões e resolução de problemas. Isso cria um ambiente de aprendizado mais envolvente e participativo (Moreira, 2018).

Silveira e Girardi (2017), ressaltam que a tecnologia também está sendo cada vez mais integrada ao ensino de Física. Simulações computacionais, realidade virtual e aplicativos interativos ajudam a visualizar conceitos complexos e proporcionam uma experiência mais dinâmica de aprendizado.

Assim, apesar dos desafios, o ensino de Física no Brasil está em um estado de evolução. As abordagens pedagógicas estão se tornando mais centradas no aluno, e o acesso à informação e recursos educacionais está aumentando com o avanço da tecnologia.

2.2 Os objetos virtuais de aprendizagem para o ensino de Física

Vivemos uma era digital, na qual a tecnologia está presente em diversos campos de nosso cotidiano. No entanto, frequentemente o processo de ensino e aprendizagem se apoia integralmente no modelo de ensino tradicional de muitas décadas passadas. Como forma de contornar esta desconexão entre a escola e o mundo em que os alunos vivem, é necessário que haja reflexões e ações sobre como desenvolver o ensino e a utilização das possibilidades de recursos disponíveis para este propósito. Assim Souza; Moita; Carvvalho, (2011, p. 20:

É de se esperar que a escola tenha que se reinventar se desejar sobreviver como instituição educacional. É essencial que o professor se aproprie da gama de saberes advindos com a presença das tecnologias digitais da informação e da comunicação para que estes possam ser sistematizados em sua prática pedagógica.

A procura de novas tecnologias susceptíveis de atrair os nossos alunos também dentro dos parâmetros do programa nacional, que defende a cultura científica, Brasil (2017, p. 136), que pode ocorrer através de:

[...] novas e diferentes formas de expressão do saber da Física, desde a escrita, com elaboração de textos ou jornais, ao uso de esquemas, fotos, recortes ou vídeos, até a linguagem corporal e artística. Também deve ser estimulado o uso adequado dos meios tecnológicos, como máquinas de celular, ou das diversas ferramentas propícias pelos microcomputadores.

E para minimizar essas dificuldades, torna-se importante o uso de ferramentas tecnológicas e digitais já que a mesma tem atingido diferentes contextos sociais, especialmente escolares. A última geração de alunos, potencialmente imersa na era digital, impõe novos desafios para as escolas, como métodos de ensino e preparação de professores.

No entanto, a realização de práticas experimentais através de simuladores e uso de computadores para o desenvolvimento das aulas de Física, tem melhorado muito o conhecimento científico de nossos alunos, já que os mesmos buscam a participação devido a estarem em um mundo virtual.

A nova realidade vivida pela sociedade digital, imersa em tecnologia e conceitos de ciência, vem trazendo para as salas de aulas os alunos da geração

digital, que segundo Coelho (2012), apresenta <distintas competências tecnológicas= e <intimidade com os meios digitais=.

Apesar do grande interesse e da familiaridade com as diversas tecnologias disponíveis, esses alunos muitas vezes relatam não gostar de disciplinas relacionadas às ciências e mais especificamente de Física.

Dentre as inúmeras estratégias de ensino que buscam promover o encontro entre o fascínio dos estudantes pela tecnologia digital e o interesse pelos diversos conceitos científicos, pode-se lançar mão das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

O uso das TDIC contribui na construção do conhecimento do aluno, uma vez que se aproxima da realidade desses estudantes e ao mesmo tempo propicia que as habilidades previamente trazidas por eles sejam aproveitadas em sala de aula, promovendo um diálogo entre os conhecimentos prévios trazidos pelos estudantes (referente à utilização da tecnologia) e os saberes científicos apresentados pela prática proposta (Sheid; Siqueira; Persich, 2018).

Segundo Monteiro (2016), a utilização de tecnologias móveis contribui para o aumento da sensibilização e envolvimento dos alunos durante as aulas e a consequência melhoria na aprendizagem dos conceitos científicos lecionados.

É preciso considerar que Santos; Santos; Fraga (2002, p.186 e 187):

Com o avanço tecnológico computacional, os usos de métodos de aprendizado tradicionais tornam-se ineficientes e inadequados. A demanda por uma solução moderna e eficaz leva-nos ao conceito de software educacional. O desenvolvimento de um sistema que crie um ambiente no qual o usuário seja capaz de modelar, visualizar e interagir com a simulação proposta baseada em experimentos da Física, poderia ser considerado como uma solução para suprir esta demanda. Tal sistema seria uma ferramenta complementar para o estudo da Física, desde que através dele seja possível a realização de experimentos <virtuais" com a finalidade de esclarecer e reforçar o conhecimento teórico da Física.

Através dos conceitos científicos que aqui estão sendo abordados, o docente poderá promover entre os discentes a interação e debates entre os mesmos visando a criatividade e desenvolvimento de tarefas, além de mostrar as TDICs em sala de aula, com isto possibilitando um aprendizado moderno e atrativo aos alunos.

Algumas ferramentas tecnológicas frequentemente utilizadas no ensino são o Kahoot, Jamboard e Tracker, software algodoo, calculadora de Física, Free Fall Simulator e ferramentas Google. O Kahoot é uma aplicação/plataforma disponível na

internet, que permite a criação de atividades pedagógicas e gamificadas para estimular exercícios de múltipla escolha, comandos, perguntas e questionários durante as aulas. Jamboard é um aplicativo que simula um quadro branco em versão digital onde o professor pode, entre várias possibilidades, escrever, desenhar, incluir notas, resultados de pesquisas, abrir apresentações e permitir a interação dos alunos. Por sua vez, o Tracker, é um software para análise de vídeo, disponibilizando dados sobre o movimento, como posição e velocidade.

O Algodoo é um software de simulação interativa e educacional que permite aos usuários criar mundos virtuais e experimentar com diferentes leis da física. Com uma interface intuitiva e fácil de usar, o Algodoo é frequentemente utilizado em escolas e instituições de ensino para auxiliar no aprendizado de conceitos físicos complexos de uma forma divertida e interativa. Os usuários podem projetar e testar cenários, experimentar com diferentes materiais e propriedades físicas, e observar como os objetos se comportam de acordo com as leis da Física. Além disso, o Algodoo também é uma ferramenta valiosa para engenheiros, designers e entusiastas de simulações que desejam visualizar e prototipar projetos de maneira rápida e eficiente.

Uma calculadora de Física é uma ferramenta utilizada para realizar cálculos complexos relacionados a conceitos e fórmulas da Física. Esta calculadora especializada pode calcular grandezas físicas como aceleração, velocidade, força, trabalho, energia, entre outras. Com a ajuda da calculadora de física, os estudantes e profissionais da área podem realizar cálculos de maneira rápida e precisa, facilitando o entendimento e a resolução de problemas físicos. Além disso, a calculadora de Física geralmente possui funções específicas e pré-programadas, que ajudam a simplificar e agilizar o processo de cálculo, tornando-se uma ferramenta essencial para quem trabalha com Física.

O free fall simulator é uma atração que simula a queda livre de um paraquedista. Ao entrar na cápsula do simulador, os participantes são suspensos no ar e lançados para baixo a uma velocidade controlada, proporcionando a sensação de estar experimentando uma queda de alto nível sem precisar saltar de uma altura real. A experiência é emocionante e desafiadora, proporcionando uma descarga de adrenalina e uma sensação de liberdade única. É uma atividade popular em parques de diversão e centros de entretenimento, atraindo os aventureiros em busca de novas sensações.

As ferramentas do Google são um conjunto de aplicativos e serviços online oferecidos gratuitamente pela empresa. Com uma ampla gama de opções, os usuários podem contar com ferramentas como o Google Drive, para armazenamento e compartilhamento de arquivos, o Google Docs para edição de documentos de texto, o Gmail para envio e gerenciamento de emails, entre muitos outros. A praticidade e a facilidade de uso dessas ferramentas tornam o dia a dia mais eficiente e facilitam a comunicação e colaboração entre equipes de trabalho. Com a constante inovação e atualização, as ferramentas do Google se tornaram indispensáveis para muitos usuários, tanto pessoal como profissionalmente.

2.2.1 O software Algodoo

Outro recurso didático muito utilizado na Física é o Algodoo, um software livre para simulação. Nele é possível utilizar as ferramentas com o objetivo de simular um número indefinido de realidades, as quais seriam impossíveis de realizar em laboratório, pois muitas variáveis do mesmo corpo podem ser alteradas para gerar uma natureza específica, onde inumeráveis teorias podem deleitar-se com esta possibilidade. A simulação realizada neste software é interativa, incluindo integradores mecânicos variacionais e métodos numéricos poderosos. De acordo Silva, Júnior *et al.*, (2016, p. 719):

O software Algodoo da *Algoryx simulation* é gratuito para 2d, que possui um ambiente interativo, onde é permitido criar cenários de experiências virtuais como animes, mas tendo em troca as equações e as propriedades Físicas implementadas para as simulações.

Para o desenvolvimento de atividades experimentais em Física, muitos docentes utilizam-se de *softwares* para auxiliá-los. Com este software educacional, você pode criar várias simulações usando ferramentas de desenho simples como correntes, cordas, aviões, caixas, polígonos, pincéis, círculos, engrenagens, fluidos, molas, dobradiças, motores, propulsores, raios de luz, plotters e lentes. Algodoo também permite explorar diferentes parâmetros como gravidade, atrito, restituição, refração, atração, etc. Além de ser uma ferramenta que cobre as diferentes Físicas, também é fácil de manusear.

Segundo Frasson e Junior (2016), para que o professor perceba usando o Algodoo, não há necessidade de programação específica, esta ferramenta torna-se fácil de usar, permitindo que o aluno tenha uma rápida adaptação. Mas leva tempo para explorar a ferramenta e gastar na compreensão da interação.

O Algodoo possui uma interface atrativa, é a ferramenta recomendada para os estudantes de todas as idades, permitindo que os alunos utilizem a ferramenta na escola ou em casa, utilizando diferentes objetos para testar hipóteses estabelecidas pelo professor. Não necessitando de conhecimentos específicos de programação, o Algodoo é uma ferramenta de fácil utilização, permitindo ao aluno a adaptação.

Segundo Filippini (2017), colocar as atividades de laboratório como problemas pode permitir que o aluno tente resolvê-los para encontrar possíveis soluções e isso o aproximará um pouco mais da prática científica, pode desenvolver hipóteses, testá-las e, finalmente, encontrar um modelo explicativo do fenômeno observado.

2.2.2 Simuladores (Free Fall Simulator)

Os simuladores oferecem uma oportunidade única para os alunos explorarem conceitos teóricos em um ambiente virtual, criando uma ponte entre a sala de aula e o mundo real. No ensino de Física, essa ferramenta se mostra particularmente valiosa, proporcionando uma compreensão mais profunda dos princípios científicos de uma maneira interativa e envolvente (Gutierrez-Araújo; Castilho-Bracho, 2020).

Serrano e Engel (2012), apontam que a Física muitas vezes lida com conceitos abstratos que podem ser difíceis de visualizar. Assim, para os autores, simuladores permitem que os alunos observem fenômenos físicos complexos, como movimento de partículas, ondas eletromagnéticas ou colisões, em tempo real. Isso cria uma compreensão mais tangível, pois os estudantes podem ver e interagir com os resultados de suas ações.

Laboratórios físicos tradicionais podem ter limitações de recursos e tempo. Simuladores permitem que os alunos realizem experimentos complexos e repetitivos sem quaisquer restrições. Isso encoraja a experimentação e a tentativa de diferentes cenários, promovendo uma abordagem prática e hands-on para a aprendizagem (Soares; Moraes; Oliveira, 2015).

Para Gutierrez-Araújo e Castillo-Bracho (2020), cada aluno tem seu próprio ritmo de aprendizado. Alguns podem precisar de mais tempo para absorver conceitos específicos. Simuladores oferecem a flexibilidade necessária, permitindo que os alunos avancem no material apenas quando se sentem confortáveis. Além disso, os estudantes podem revisitar simulações para consolidar seu entendimento, criando um ambiente de aprendizado personalizado.

Serrano e Engel (2012), afirmam que a Física não existe isoladamente; está interligada com várias outras disciplinas. Simuladores podem integrar conceitos de matemática, química, biologia e engenharia, criando um ambiente de aprendizado interdisciplinar. Isso proporciona aos alunos uma visão holística da ciência, mostrando como os princípios físicos se aplicam em várias áreas do conhecimento.

2.2.3 Ferramentas google

O avanço da tecnologia transformou a forma como educadores ensinam e alunos aprendem. No campo do ensino de Física, o Google oferece um conjunto abrangente de ferramentas que revolucionaram a experiência de aprendizado, permitindo que conceitos complexos sejam compreendidos de maneira mais prática e interativa (Silva Mota, 2019).

Mallete e Barone (2013), ressaltam que o Google Sala de Aula cria um ambiente digital que permite aos professores compartilhar recursos, atribuições e materiais de ensino com os alunos. No contexto da Física, os professores podem disponibilizar leituras, vídeos, simulações interativas e questionários online, permitindo que os alunos acessem material didático relevante a qualquer hora, em qualquer lugar. Isso promove a aprendizagem autônoma e permite que os alunos explorem conceitos físicos por meio de diversas mídias.

Silva Mota (2019), apontam que o Google Forms é uma ferramenta valiosa para criar questionários, pesquisas e avaliações online. Professores podem usar o Forms para criar questionários de múltipla escolha, perguntas dissertativas e experimentos virtuais interativos. Isso não apenas facilita a avaliação dos alunos, mas também fornece feedback imediato, ajudando os alunos a entenderem melhor os conceitos físicos.

2.2.4 Calculadora da Física

Calculadoras de Física online oferecem simplicidade e acessibilidade. Elas estão disponíveis em diferentes sites e são frequentemente gratuitas para usar. Os estudantes podem acessá-las de qualquer dispositivo com conexão à internet, tornando-as uma opção prática para resolver problemas de Física em qualquer lugar.

Os problemas de Física muitas vezes envolvem cálculos intrincados e equações complexas. As calculadoras online são projetadas para resolver esses problemas de maneira eficiente e precisa. Elas podem ajudar os estudantes a verificar seus próprios trabalhos, garantindo que estão no caminho certo ao resolver problemas difíceis (Sestokas-Filho; Bonafini; Antunes, 2003).

Santarosa e Moreira (2011), apontam que a Física envolve frequentemente a conversão de unidades, o que pode ser uma tarefa desafiadora para muitos estudantes. As calculadoras de Física online facilitam a conversão entre diferentes unidades de medida, ajudando os estudantes a evitar erros comuns e garantindo que suas respostas estejam na unidade correta. Muitas calculadoras de Física online são interativas e oferecem gráficos visuais para representar dados. Isso não apenas ajuda os estudantes a visualizar conceitos abstratos, mas também os incentiva a explorar as relações entre diferentes variáveis, promovendo uma compreensão mais profunda dos princípios físicos.

2.2.5 Tracker

Bordin (2020), aponta que o Tracker permite que os alunos importem vídeos de fenômenos do mundo real, como lançamento de projéteis, movimento de objetos e colisões, e analisem esses vídeos quadro a quadro. Isso proporciona uma visão detalhada do comportamento dos objetos em movimento, permitindo que os alunos observem e analisem fenômenos físicos com precisão.

Ao usar o Tracker, os alunos podem aplicar conceitos teóricos aprendidos em sala de aula a situações reais. Eles podem medir distâncias, velocidades, acelerações e ângulos diretamente dos vídeos, proporcionando uma experiência prática que reforça a compreensão dos princípios fundamentais da Física.

O Tracker permite que os alunos realizem experimentos virtuais, ajustando variáveis como ângulo de lançamento, velocidade inicial ou massa do objeto, e observem instantaneamente como essas mudanças afetam o movimento. Isso encoraja a experimentação e a exploração, permitindo que os alunos testem hipóteses e compreendam melhor as relações causa-efeito em diversos cenários.

A natureza prática e interativa do Tracker torna o aprendizado de Física mais envolvente. Os alunos não apenas observam os vídeos, mas também participam ativamente da análise e interpretação dos dados. Isso promove um envolvimento mais profundo e duradouro com os conceitos físicos, estimulando a curiosidade e o interesse pela disciplina (Cordeiro; Oliveira Rodrigues, 2019).

2.3 O movimento de queda livre

A queda livre é um fenômeno físico que ocorre quando um objeto é deixado cair de uma determinada altura e passa a se mover livremente em direção ao solo sob a ação da gravidade, sem a interferência de forças externas.

O estudo da queda livre foi aprimorado por diversos cientistas ao longo da história, mas foi o filósofo renascentista Giordano Bruno quem fez uma importante contribuição para a compreensão desse fenômeno. Em sua obra "*De l'infinito universo et mondi*" (Sobre o universo infinito e os mundos), publicada em 1584, Bruno discutiu a teoria heliocêntrica de Copérnico e a natureza do movimento dos corpos celestes; Da Cunha Botelho (2019; pg. 12).

Utilizou o conceito de queda livre para argumentar a favor da existência de um universo infinito, onde os corpos celestes se movem livremente no espaço sem a necessidade de um impulso inicial. Ele defendeu a ideia de que a gravidade é uma força natural que atrai os corpos em direção ao centro de um sistema, como a Terra, e que a queda livre é um exemplo claro de como a gravidade atua sobre os corpos em movimento.

Além disso, também discutiu a relação entre a queda livre e a velocidade dos corpos em queda, mostrando como a aceleração devido à gravidade afeta o movimento dos objetos em queda. Suas ideias contribuíram para o desenvolvimento da Física moderna e influenciaram o trabalho de cientistas como Galileu Galilei e Isaac Newton, que continuaram a estudar a queda livre e a gravidade com base nos princípios estabelecidos por Giordano Bruno.

Em resumo, o estudo da queda livre por Giordano Bruno foi fundamental para a compreensão da gravidade e do movimento dos corpos em queda, e suas ideias continuam a influenciar a Física até os dias de hoje.

A ideia de queda livre não é atual, pois foi sendo discutida e ampliado seu conceito durante os séculos. Na Grécia Antiga, filósofos como Aristóteles (384-322 AC.) estudaram o movimento dos corpos. Aristóteles acreditava que a velocidade de queda de um objeto era diretamente proporcional ao seu peso - uma ideia que prevaleceu por séculos, apesar de não ser correta.

Seu modelo de Física natural prevaleceu por cerca de dois mil anos. Durante a Idade Média, estudiosos islâmicos como Alhazen (965-1040 D. C), outros no mundo islâmico começaram a desafiar as ideias aristotélicas. Alhazen, em particular, foi um dos primeiros a realizar experimentos sistemáticos sobre a óptica, que também incluíam o estudo da queda livre (Cavasinni *et al.*, 1986).

O Renascimento trouxe uma revolução no pensamento científico. No início do século XVII, Galileu Galilei (1564-1642) começou a realizar experimentos para entender o movimento dos corpos. Ele subiu as torres e lançou objetos de várias alturas para estudar seu movimento. Suas observações contradiziam diretamente as ideias aristotélicas, mostrando que todos os objetos, independentemente do peso, caem a uma taxa constante. Por meio de experimentos, Galileu concluiu que se um corpo pesado e um corpo leve forem abandonados juntos de uma mesma altura, eles cairão juntos, chegando ao mesmo tempo no chão (Chagas, 2021).

O trabalho de Galileu sobre a queda livre foi fundamental para as leis do movimento que Isaac Newton (1643-1727) desenvolveu. Newton formulou suas leis do movimento, incluindo a famosa Lei da Gravitação Universal, que descrevia a atração entre dois objetos massivos e a razão pela qual os objetos caem na Terra. De acordo com Resnick *et al.* (1996), Newton chegou à conclusão de que não só a Terra atrai as maçãs e a Lua, mas atrai todos os demais corpos numa tendência mútua chamada de gravitação.

Lesche (2005), explica que no início do século XX, Albert Einstein (1879-1955) reformulou a Física com sua Teoria da Relatividade. Embora a Teoria da Relatividade não tenha impactado diretamente a queda livre em escalas humanas, ela influenciou nossa compreensão geral do espaço, tempo e gravidade.

A exploração espacial trouxe novos desafios ao entendimento da queda livre em ambientes de microgravidade. Astronautas e cientistas estudam o

comportamento de objetos em queda livre na Estação Espacial Internacional e outras missões espaciais para entender melhor os efeitos da falta de gravidade nos objetos (Caruso, 2008).

Ao longo dos séculos, a compreensão da queda livre dos corpos passou por uma jornada fascinante, do pensamento filosófico à observação empírica e à formulação rigorosa das leis do movimento. Essa história é uma testemunha da constante evolução do conhecimento humano sobre o mundo natural. Atualmente, quando se fala em queda livre, Silveira Junior e Arnoni (2013), apontam que logo se imagina um corpo solto em repouso caindo em direção ao solo e, sua característica principal presente é a aceleração da gravidade influenciada por um campo gravitacional, ligado às descobertas de Newton.

Esse movimento de queda que ocorre sem a interferência da resistência do ar é chamado de queda livre e, nele não pode existir resistência do ar, ou o seu valor deve ser tão baixo que possa ser desprezado. Assim, quando um corpo se encontra em queda livre na proximidade da superfície terrestre, a força gravitacional que nele atua é praticamente constante fazendo com que a velocidade do corpo aumente sempre numa mesma proporção, ou, dizendo de maneira mais exata, a aceleração sofrida pelo corpo é sempre constante. Isso faz com que qualquer corpo em queda livre, mesmo com massas diferentes, caindo de uma mesma altura, chegam juntos ao chão (Chagas, 2021).

Desta forma, é importante compreender o que é o movimento de queda livre, conforme ele é trabalhado no 1º ano do Ensino Médio. Sales e Maia (2011, p. 37), apontam que a definição de queda livre:

<[...] consiste no movimento dos corpos que caem próximos à superfície da Terra e, nesse movimento, a velocidade inicial do corpo é nula=.

Em um segundo caso, os autores apontam que pode ocorrer o movimento vertical que tem a velocidade inicial diferente de zero. Em ambos os casos, a aceleração da gravidade é simbolizada pela letra g . O valor de g varia com a distância entre o objeto e o solo e também varia ligeiramente com a posição no planeta, mas geralmente é aceito um valor fixo de $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

2.3.1 As equações que regem o processo de queda livre

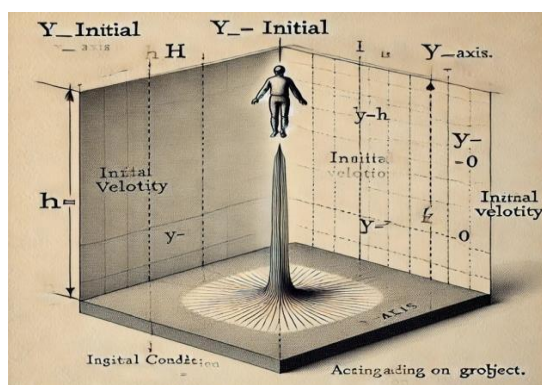
A queda livre é um fenômeno clássico amplamente estudado na Física, caracterizado pelo movimento de um objeto sob a influência exclusiva da gravidade, sem outras forças atuantes, como a resistência do ar. Esse tipo de movimento, sendo um exemplo de movimento uniformemente acelerado, é regido por um conjunto de equações que descrevem a relação entre posição, velocidade e tempo. A compreensão das equações da queda livre é fundamental não apenas para estudos teóricos, mas também para aplicações práticas e para o ensino de conceitos básicos da mecânica.

O estudo da queda livre tem suas raízes nos trabalhos de Galileu Galilei, que contestou as ideias aristotélicas, propondo que todos os corpos, independentemente de sua massa, caem com a mesma aceleração na ausência de resistência do ar. Posteriormente, Isaac Newton formalizou o conceito de força e descreveu a gravidade como uma força que age constantemente sobre os objetos próximos à superfície terrestre, resultando em uma aceleração constante g , aproximadamente igual a $9,8 \text{ m/s}^2$.

Quando um objeto é liberado de uma determinada altura H com velocidade inicial nula, a aceleração devida à gravidade atua uniformemente sobre ele, gerando o movimento de queda livre. Assim, as equações que descrevem esse movimento são derivadas a partir das leis da cinemática para um movimento retilíneo uniformemente acelerado.

Para entender o movimento de queda livre em um sistema em que desprezamos forças dissipativas, como a resistência do ar, vamos deduzir as equações fundamentais que descrevem o comportamento de um objeto em queda sob a influência da gravidade constante, g .

Figura 1. Movimento de queda livre de um objeto em um plano vertical



Fonte: Halliday, Resnick & Walker (2013).

Como ilustrado na Figura 1, definimos um sistema de referência onde:

- O eixo y é vertical, apontando para baixo, coincidindo com a direção do movimento de queda.
- A origem $y = 0$ é o ponto no solo.
- O objeto é liberado a partir de uma altura inicial H , com velocidade inicial $v_0 = 0$.

A Primeira Lei de Newton e Aceleração Constante, relata que a única força atuando no objeto é a força peso, que gera uma aceleração constante g para baixo. Como o objeto está sujeito apenas à gravidade, a aceleração a é constante e igual a g .

Matematicamente, as expressões podem ser demonstradas resumidamente, utilizando como base o livro dos autores Hallyday e Resnick, (2012), partindo do ponto em que a velocidade em um dado instante é obtida a partir do conceito de velocidade média

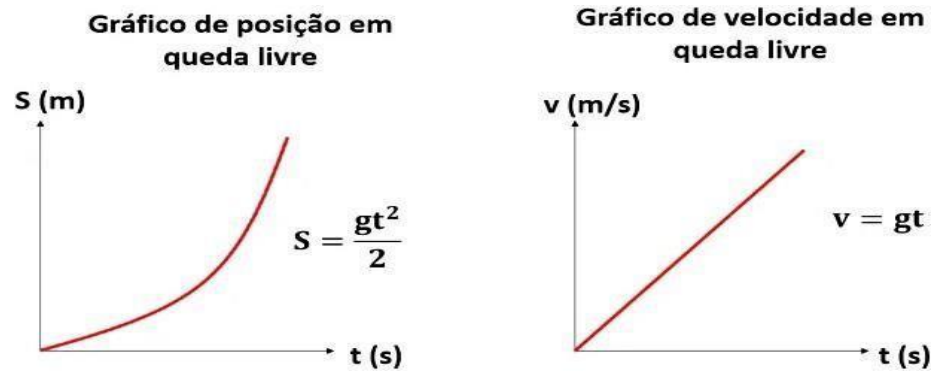
$$v_m = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (1)$$

considerando a redução do intervalo de tempo para um valor próximo de zero, sendo que, à medida que o tempo diminui, a velocidade média se aproxima de um valor limite, dada pela velocidade instantânea, onde v é a taxa com a qual a posição x está variando com o tempo, ou seja, v é a derivada da posição ocupada em relação ao tempo gasto. Sendo uma grandeza vetorial, também possui uma direção e um sentido.

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{dx}{dt} \quad (2)$$

A velocidade em qualquer instante pode ser obtida pela inclinação da curva. Podemos verificar o comportamento da posição em relação ao tempo por meio da Figura 2 e Figura 2.1 velocidade x tempo.

Figura 2 e Flgura 2.1: Gráfico da posição em função do tempo



Fonte: Autor da pesquisa (2024).

Figura 2: Gráfico da posição em função do tempo para o movimento de queda livre que representa a posição em função do tempo no instante considerado.

Se a velocidade de uma partícula varia em uma direção, diz-se que a partícula sofreu uma aceleração média, em um intervalo de tempo

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (3)$$

No movimento retilíneo uniformemente variado, com aceleração constante e diferente de zero, a aceleração instantânea da partícula é dada por

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (4)$$

Ou seja, a aceleração de uma partícula em qualquer instante é a taxa com a qual a velocidade está variando nesse instante. Combinando as equações (2) e (4), podemos escrever que

$$\frac{dv}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = a = constante \quad (5)$$

Ou seja, a aceleração de uma partícula em qualquer instante é a derivada segunda da posição em relação ao tempo.

Quando a aceleração é constante, a aceleração média e a instantânea são iguais e considerando $t_0 = 0$ s podemos escrever a eq. (5), na forma

$$v_t = v_0 + at \quad (6)$$

De forma análoga, podemos escrever a equação (1), na forma

$$v_m = \frac{x-x_0}{t-0} \text{ o que nos dá, } x = x_0 + v_{med} \cdot t \quad (7)$$

Onde x_0 é a posição da partícula no instante inicial ($t=0$ s) e v_{med} é a velocidade média entre $t=0$ e um instante posterior t .

Para a função velocidade linear da eq (6), a velocidade média em qualquer intervalo de tempo é a média aritmética da velocidade no início do intervalo (v_0) com a velocidade no final do intervalo (v), portanto a velocidade

$$v_{med} = \frac{1}{2}(v_0 + v) \quad (8)$$

Substituindo v da Eq. (6) na Eq. (8) e após e substituindo na Eq. (7), chegamos à função horária das posições

$$x = x_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (9)$$

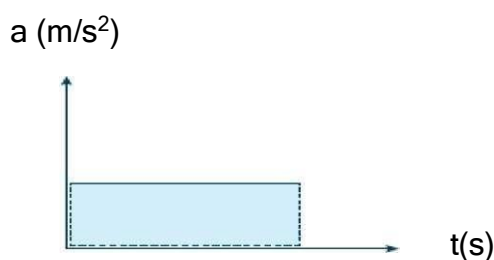
Uma particularidade do Movimento retilíneo uniformemente variado (MRUV), que ocorre no plano horizontal, podem ser utilizadas para o plano vertical, quando se estuda Queda livre, onde o corpo é lançado para cima ou abandonado a certa altura (encontra-se inicialmente em repouso), desprezando a resistência do ar, onde observa-se que o objeto sofre uma aceleração constante (aceleração de queda livre), cujo módulo no nível do mar e em latitudes médias é $g = 9,81 \text{ m/s}^2$, podendo ser considerada positiva ou negativa, dependendo do referencial adotado. Esse valor varia ligeiramente com a latitude e com a altitude (Halliday e Resnick, 2012).

Considerando a definição de aceleração constante, podemos escrever:

$$a = g = \frac{dv}{dt} \quad \text{ou} \quad dv = g \cdot dt \quad (10)$$

Podemos verificar o comportamento da aceleração em relação ao tempo por meio da Figura 3.

Figura 3: Gráfico da aceleração em função do tempo para o movimento de queda livre.



Fonte: Autor da pesquisa (2024).

No gráfico, a área hachurada é numericamente igual à variação de velocidade para o intervalo de tempo considerado. Logo,

$$\Delta v = \text{área} = b \cdot h = \Delta t \cdot a$$

$$v - v_0 = a(t - t_0) \text{ considerando } t_0 = 0s \quad v = v_0 + a \cdot t \quad (11)$$

Chegamos à função horária da velocidade, a qual também pode ser obtida por meio da integral indefinida (ou antiderivada) em ambos os lados da Eq. (10), pois a integral de uma função determina a área sob uma curva no plano cartesiano:

$$\int dv = \int g \cdot dt$$

Como a aceleração é constante, pode ser colocada do lado de fora do sinal de integração,

$$\int dv = g \int dt$$

Chegamos à função horária da velocidade já expressa anteriormente pela Eq. (11)

$$v = v_0 + g \cdot t$$

Considerando $v_0 = 0 \frac{m}{s}$, podemos escrever

$$v(t) = g \cdot t \quad (12)$$

Sendo as variáveis, apresentadas no sistema internacional (SI):

v - Velocidade (m/s)

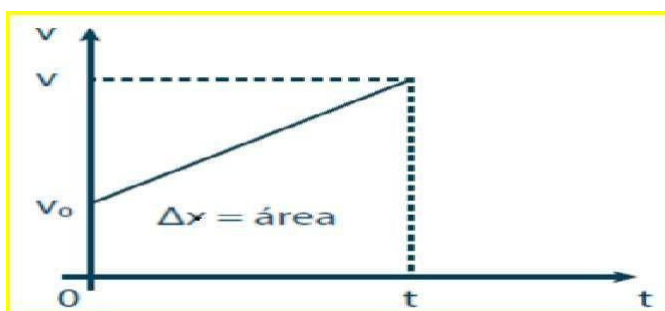
g - Aceleração da gravidade (m/s²)

t - Tempo (s)

A equação (12) é utilizada para determinar a velocidade em que um corpo se move durante o movimento de queda livre.

O gráfico da velocidade em função do tempo (Figura 4) possibilita essa visualização.

Figura 4: gráfico da velocidade x tempo para o movimento de queda livre.



Considerando a área numericamente igual ao deslocamento, podemos escrever:

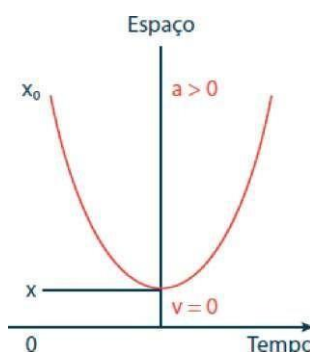
$$\Delta y = A = \frac{(v+v_0)\Delta t}{2}$$

Como $t_0 = 0$ s e da Eq (11) $v = v_0 + g \cdot t$, substituindo chega-se a função horária das posições, a qual fornece a posição de um objeto para um determinado tempo, cuja posição sofre variações proporcionais ao quadrado do tempo, conforme se observa na equação (13), que é de 2º. grau.

$$y = y_0 + v_0 \cdot t + \frac{g}{2} \cdot t^2 \quad (13)$$

A função horária das posições nos permite construir gráficos, como o da Figura 5:

Figura 5: Gráfico da posição x tempo para o movimento de queda livre



Fonte: : Batista, Schiavon e Batista, 2018.

O gráfico é uma parábola em função horária das posições de segundo grau. Se a concavidade estiver para cima, a aceleração do movimento será positiva, e quando estiver para baixo, a aceleração será negativa.

Outra forma de obtermos a função horária das posições é integrando a função velocidade. A partir de

$$v = \frac{dy}{dt}$$

Isolando dy e integrando, chegamos a

$$\int dy = \int v \cdot dt$$

Substituindo v pelo seu valor, obtido na equação 11

$$\int dy = \int (v_0 + g \cdot t) \cdot dt$$

Como v_0 e g são constantes, podemos escrever

$$\int dy = v_0 \int dt + g \int t \cdot dt$$

Integrando, obtemos a eq (13)

$$y = v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t + C'$$

Onde:

y é a posição final do objeto,

C' é a constante, sendo a posição inicial do objeto (y_0),

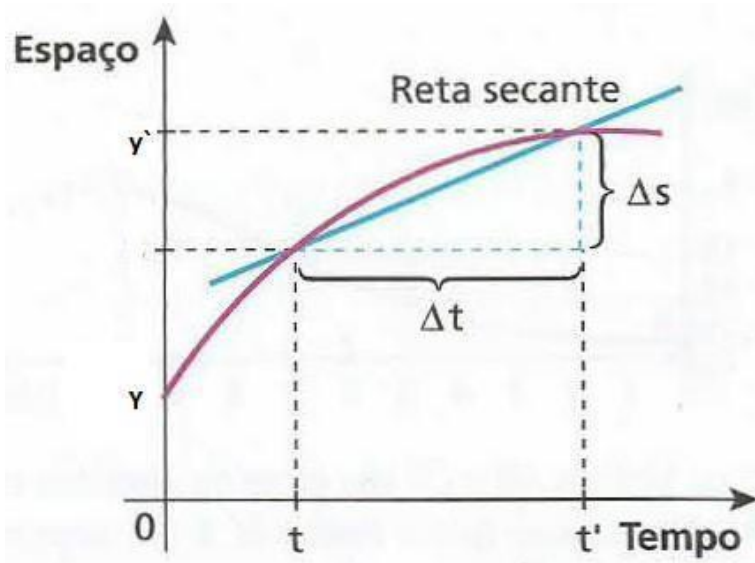
v_0 é a velocidade inicial do objeto,

t é o tempo decorrido.

g é a aceleração devido à gravidade na direção vertical (cujo sinal depende do sentido em relação ao referencial adotado).

A função horária das posições, nos fornece um gráfico com as características da Figura 6.

Figura 6: Gráfico da posição em função do tempo



Fonte: Helou; Gualter e Newton (2009).

Considerando que a velocidade escalar média é dada pela Eq. (1a), que é o <coeficiente angular> da reta secante traçada na Figura.

Para determinar a velocidade escalar instantânea v , no instante t , devemos fazer t' se aproximar de t cada vez mais. Com isso, a reta secante vai se deslocando e, no limite, quando t' tende a t , passamos a ter uma reta tangente à curva.

O coeficiente angular dessa reta fornece a velocidade escalar v no instante t . Esse coeficiente é a derivada do espaço em relação ao tempo, calculada no instante t (Helou; Gualter e Newton (2009):

$\alpha = \Delta Y / \Delta t = \Delta s / \Delta t = v$ (velocidade escalar instantânea no instante t) (12).

Por meio da Eq (12) é possível determinar tanto a altura quanto o tempo de um corpo em queda livre. Já com a combinação das equações (11) e (13), isolando o tempo, podemos obter a Equação de Torricelli (14) a qual relaciona a velocidade de queda com a altura:

$$v^2 = v_0^2 + 2 \cdot g \cdot Y \quad (14).$$

Essas equações e princípios teóricos descrevem o movimento de queda livre dos corpos sob a influência exclusiva da gravidade. Elas são fundamentais para entender o comportamento dos objetos em queda e são amplamente aplicadas em diversas áreas da Física e Engenharia (Halliday e Resnick, 2012).

Outro ponto a ser considerado é a teoria da força do arrasto. A força de arrasto é um conceito essencial na Física, com um papel vital em várias aplicações teóricas e práticas. Sua relevância se destaca porque é uma das forças principais que influenciam o deslocamento de objetos em fluidos, como ar e água.

Compreender como a força de arrasto se comporta é fundamental em diversas disciplinas da ciência e da engenharia, abrangendo desde o projeto de veículos e aeronaves até a avaliação de fenômenos naturais, como o voo das aves, mudanças climáticas e a queda de objetos. Contudo, a força de arrasto não é um conceito fácil de entender. Ela é influenciada por múltiplos fatores, como a forma do objeto, a velocidade entre o objeto e o fluido, as características do fluido e outros parâmetros.

Por isso, para estudar a força de arrasto de maneira eficaz, é necessário ter uma base sólida sobre os princípios fundamentais da Mecânica Clássica e da Mecânica dos Fluidos. No desenvolvimento teórico a seguir, discutiremos primeiramente os conceitos básicos da Mecânica Clássica, incluindo as Leis de Newton do movimento, que são fundamentais para a compreensão da atuação das forças sobre os corpos. Além disso, abordaremos a diferença entre forças conservativas e não conservativas, como o atrito, que tem um papel significativo na força de arrasto; (Oliveira, 2023).

A teoria da força do arrasto, ou simplesmente arrasto, é uma área importante da Física que descreve a resistência que um objeto experimenta enquanto se move através de um fluido, como ar ou água. Essa força do arrasto é causada pela interação entre o objeto e as partículas do fluido através do qual ele se move.

Existem duas formas principais de arrasto, de acordo Hewitt (2023, p. 84), a saber:

- a) Arrasto de Forma ou Perfil: Este tipo de arrasto está relacionado à forma geométrica do objeto. Quanto mais aerodinâmico for o objeto, menor será o arrasto de forma. Por exemplo, carros e aviões são projetados com formas que minimizam a resistência do ar para otimizar a eficiência.
- b) Arrasto de Superfície ou Rugosidade: Este tipo de arrasto está relacionado à textura da superfície do objeto. Superfícies ásperas podem aumentar o arrasto, enquanto superfícies suaves e polidas podem reduzi-lo.

Apesar de existir a força de arrasto do corpo em queda, no ar, essa força foi desprezada por dois motivos, primeiro pois não se levou em consideração no estudo a resistência do ar (pois foi considerado o estudo no vácuo) e segundo, pelo fato de neste momento, não se trabalhou ainda o conteúdo de dinâmica (pois está em cinemática), logo, os alunos ainda não aprenderam sobre forças.

A força total do arrasto (F_d) pode ser descrita pela equação geral:

$$F_d = 1/2 C_d \rho A v^2 \quad 15).$$

Onde:

F_d é a força do arrasto,

C_d é o coeficiente de arrasto, que depende da forma e da rugosidade do

objeto,

ρ é a densidade do fluido através do qual o objeto está se movendo,

A é a área de referência do objeto (normalmente a área frontal),

v é a velocidade do objeto em relação ao fluido.

O coeficiente de arrasto (C_d) é uma dimensão adimensional que varia com a forma e a rugosidade do objeto. Seu valor é determinado experimentalmente. O arrasto é uma consideração crucial em muitos campos, desde o design de veículos e

aeronaves até esportes e engenharia de processos. Entender e minimizar o arrasto são essenciais para melhorar a eficiência e o desempenho de diversos sistemas e dispositivos (Hewitt, 2023).

2.4 Cinemática e dinâmica no processo do Estudo de Queda Livre na rede básica

O estudo da cinemática e dinâmica no contexto da queda livre é um dos temas centrais na Física básica, especialmente no ensino médio, onde conceitos fundamentais como movimento, velocidade, aceleração e força são introduzidos. No processo educacional da rede básica, o entendimento desses conceitos forma a base para uma aprendizagem sólida em ciências Físicas, com grande ênfase em métodos interativos e práticos para facilitar a compreensão dos alunos (Silva e Matos, 2019).

No ensino básico, a queda livre serve como um caso prático para introduzir o conceito de aceleração uniforme e para explorar as leis de Newton, que explicam como a força gravitacional afeta o movimento dos corpos (Freitas e Souza, 2022). No estudo da cinemática, a queda livre permite que os alunos entendam como a velocidade de um objeto aumenta ao longo do tempo sob uma aceleração constante. Já na dinâmica, o foco é em como a gravidade, como força constante, atua no objeto em queda. Santos e Ferreira, (2023) destacam que a introdução de conceitos como força e aceleração é essencial para formar a base do raciocínio físico dos alunos, estabelecendo uma ponte entre o entendimento qualitativo e a aplicação quantitativa dos conceitos.

A aplicação de simulações e objetos virtuais de aprendizagem tem se mostrado um método eficaz no ensino de conceitos de cinemática e dinâmica, especialmente para o tema da queda livre. Gonçalves e Pereira (2021), discutem o uso de tecnologias digitais, como simuladores de queda livre, que permitem que os alunos visualizem o movimento de corpos em queda, mesmo que a prática experimental seja limitada no ambiente escolar.

Além disso, as simulações facilitam a manipulação de variáveis como altura inicial e aceleração gravitacional, possibilitando que os alunos testem e observem os efeitos de cada parâmetro no movimento. Isso cria um ambiente de aprendizado ativo, onde os estudantes podem explorar e descobrir princípios físicos de forma

mais engajante. Estudos, como o de Alves e Dias (2022), apontam que o uso dessas tecnologias melhora significativamente a compreensão e o interesse dos alunos, uma vez que eles podem visualizar o comportamento dos objetos e aplicar os conceitos teóricos aprendidos em aula.

Embora o ensino de queda livre seja um tema padrão nos currículos de Física, ele apresenta desafios. Muitos alunos têm dificuldade em compreender a aceleração constante e as abstrações matemáticas associadas às equações cinemáticas e dinâmicas. Para superar essas barreiras, métodos interativos, como experimentos simples de queda de objetos, são frequentemente empregados, pois ajudam a ilustrar a uniformidade da aceleração e permitem uma experiência prática.

Além dos experimentos, a implementação de atividades práticas que incentivam a resolução de problemas também é uma estratégia eficiente. Lima e Souza (2019) sugerem que o uso de roteiros de atividades e exercícios contextualizados torna o aprendizado mais significativo, conectando os conceitos de queda livre com situações cotidianas, como a queda de uma bola ou a liberação de um objeto de uma certa altura.

O estudo da queda livre também desempenha um papel importante no desenvolvimento do pensamento científico. Ele exige que os alunos observem, descrevam e quantifiquem fenômenos naturais, incentivando o desenvolvimento de habilidades de raciocínio lógico e de pensamento analítico (Camargo e Lima, 2023).

A abordagem experimental para o estudo da cinemática e da dinâmica prepara os alunos para o estudo de fenômenos mais complexos, ao mesmo tempo em que fortalece a compreensão dos conceitos fundamentais da Física. Conforme discutido por Michaelides e Poli (2008), o desenvolvimento dessas habilidades é essencial para que os estudantes se tornem solucionadores de problemas críticos e analíticos, habilidades que são fundamentais em diversas áreas do conhecimento e no mundo moderno.

A inclusão do estudo da cinemática e dinâmica na queda livre no ensino básico é essencial para a formação de uma base sólida em Física. As equações que descrevem o movimento uniformemente acelerado fornecem aos alunos ferramentas matemáticas e conceituais para entender o mundo físico. Além disso, o uso de tecnologias educacionais, como simuladores e objetos virtuais, promove uma aprendizagem mais interativa e visual, tornando o estudo mais acessível e engajante. Para que os alunos compreendam plenamente esses conceitos, é

fundamental que o ensino seja realizado de maneira integrada, combinando teoria, experimentação e tecnologia, de modo a incentivar uma aprendizagem significativa e duradoura.

O ensino das equações da queda livre oferece uma excelente oportunidade para integrar o uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), como simulações e objetos virtuais de aprendizagem, que permitem a visualização dos efeitos de variações em parâmetros como altura inicial e aceleração gravitacional. Estudos como os de Michaelides e Poli (2018) apontam que o uso de simuladores digitais torna o aprendizado mais interativo e efetivo, ajudando os alunos a visualizar o conceito abstrato de aceleração constante e a compreender as relações entre posição, velocidade e tempo.

Além disso, simuladores de queda livre facilitam a compreensão dos conceitos em sala de aula, permitindo experimentos virtuais onde os estudantes podem ajustar variáveis e observar resultados em tempo real, algo que nem sempre é possível em laboratórios físicos. Essa abordagem interativa é uma tendência no ensino de Física e contribui significativamente para a assimilação dos conceitos (Halliday, Resnick e Walker, 2013).

As equações da queda livre também têm grande relevância na Física experimental. Elas permitem que cientistas e engenheiros façam previsões precisas em contextos onde a gravidade é a única força significativa, como na análise de corpos em queda nas proximidades da superfície terrestre. De acordo com Lima e Sousa (2018) as equações são frequentemente o ponto de partida para o estudo de movimentos mais complexos, incluindo a introdução de forças dissipativas e a análise de movimentos em diferentes campos gravitacionais.

As equações que regem o processo de queda livre constituem um dos pilares do estudo de mecânica, proporcionando um modelo acessível e essencial para a compreensão do movimento acelerado sob uma única força constante (Alves e Dias, 2022). Ao integrar esses conceitos com ferramentas pedagógicas modernas, é possível aprimorar a aprendizagem, tornando o estudo da Física mais interativo e compreensível. A inclusão de objetos virtuais de aprendizagem e simuladores de Física permite que alunos experimentem a Física além das limitações teóricas, consolidando assim os conceitos fundamentais de queda livre e movimento uniformemente acelerado.

2.5 Potencialidades e fragilidades no processo de ensino do movimento de queda livre por meio das tecnologias e objetos virtuais

As tecnologias proporcionam não apenas ferramentas, mas também novas abordagens pedagógicas, tornando o processo de aprendizado mais dinâmico, envolvente e eficaz. As simulações computacionais permitem aos alunos visualizar e interagir com fenômenos físicos complexos. Através de softwares e aplicativos, os estudantes podem explorar experimentos virtuais em ambientes seguros e controlados, compreendendo conceitos como óptica, termodinâmica e mecânica de uma maneira prática e envolvente (Bryan, 2006).

Nakamoto *et al.* (2005), aponta que o uso da Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) oferecem experiências imersivas que transcendem as limitações da sala de aula. Para os autores, os alunos podem viajar até o interior de uma célula ou explorar o sistema solar em escala real. Essas tecnologias criam ambientes de aprendizado 3D, permitindo uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos.

Santos (2011), aponta que plataformas educacionais online oferecem uma variedade de recursos, desde vídeo aulas até questionários interativos. Elas proporcionam aos alunos a flexibilidade de aprender no próprio ritmo, revisitando conceitos quando necessário. Além disso, fóruns e comunidades online permitem a colaboração e discussão entre estudantes de todo o mundo.

Já Fonseca *et al.*, (2013) aponta que os laboratórios virtuais proporcionam uma experiência prática sem os custos e limitações dos laboratórios físicos. Os alunos podem realizar experimentos online, manipulando equipamentos e coletando dados, desenvolvendo habilidades práticas cruciais para a compreensão da Física experimental.

Para Ribas (2012), aplicativos específicos de Física transformam smartphones e tablets em ferramentas educacionais poderosas. Desde calculadoras especializadas até aplicativos que explicam conceitos complexos por meio de animações interativas, essas ferramentas tornam a aprendizagem da Física acessível e divertida.

Assim, o ensino de Física por meio das tecnologias não apenas facilita o acesso ao conhecimento, mas também transforma a forma como os estudantes interagem com os conceitos científicos. Ao proporcionar experiências imersivas,

práticas e personalizadas, as tecnologias estão moldando a próxima geração de cientistas, engenheiros e inovadores, preparando-os para enfrentar os desafios do mundo moderno de forma competente e criativa.

A introdução dos objetos virtuais no ensino de Física marca um avanço significativo na forma como os alunos interagem e compreendem os conceitos científicos. Essas ferramentas tecnológicas oferecem uma série de potencialidades que revolucionam o ensino e a aprendizagem da Física, proporcionando experiências educacionais ricas e envolventes (Carvalho *et al.*, 2019).

Carvalho *et al.* (2019), destaca que os objetos virtuais permitem que os alunos explorem modelos físicos em 3D, proporcionando uma compreensão mais profunda e tangível dos conceitos abstratos. Eles podem visualizar estruturas moleculares, movimentos de planetas ou até mesmo experimentos de laboratório em detalhes tridimensionais, o que é especialmente valioso para tópicos complexos.

Os objetos virtuais oferecem um ambiente interativo no qual os alunos podem conduzir experimentos sem riscos. Eles podem manipular variáveis, alterar parâmetros e observar as consequências em tempo real. Isso promove a experimentação ativa, ajudando os alunos a entender as relações causa-efeito de maneira prática e segura (Silva; Mercado, 2019).

Yamamoto e Barbeta (2001), apontam que simulações virtuais permitem que os alunos observem fenômenos físicos em diferentes condições, algo que seria impossível na maioria das configurações de laboratório. Por exemplo, eles podem alterar a gravidade, modificar a fricção ou variar outras variáveis, observando assim as mudanças nos resultados, proporcionando uma compreensão mais profunda dos princípios físicos.

Por meio de objetos virtuais, Carvalho *et al.*, (2019), explica que os alunos podem acessar experimentos e equipamentos complexos que podem não estar disponíveis em suas escolas. Isso democratiza o acesso à educação científica, permitindo que estudantes de qualquer lugar do mundo participem de experiências que de outra forma seriam inacessíveis.

Além disso, ambientes virtuais permitem a colaboração entre alunos, promovendo o aprendizado social. Eles podem trabalhar juntos em projetos, resolver problemas e compartilhar descobertas, criando uma comunidade de aprendizado interativa e colaborativa. A interatividade dos objetos virtuais, juntamente com a capacidade de explorar fenômenos complexos, estimula a curiosidade dos alunos.

Eles são incentivados a fazer perguntas, explorar hipóteses e experimentar maneiras que alimentam sua criatividade e paixão pela Física (Santos, 2003).

Contudo, a introdução de objetos virtuais no ensino de Física trouxe consigo uma série de vantagens, mas também desafios significativos que merecem uma análise crítica. Embora essas tecnologias ofereçam inúmeras potencialidades, é crucial considerarmos cuidadosamente as limitações e preocupações associadas à sua utilização.

Moreira (2018), aponta que ainda existe uma divisão digital significativa em muitas partes do mundo. Alunos em áreas rurais ou economicamente desfavorecidas podem não ter acesso adequado à tecnologia necessária para aproveitar os objetos virtuais. Isso cria disparidades educacionais, onde alguns alunos têm acesso a recursos avançados enquanto outros ficam para trás, aprofundando as desigualdades sociais.

Santos e Ostermann (2005), apontam que embora as simulações virtuais possam proporcionar uma experiência visual e interativa, elas podem levar a uma compreensão superficial dos conceitos. Alunos podem focar na manipulação dos objetos virtuais sem realmente internalizar os princípios físicos subjacentes. Isso levanta questões sobre a profundidade do aprendizado quando comparado a experiências práticas no mundo real.

Em alguns casos, os objetos virtuais podem faltar na contextualização dos fenômenos físicos no mundo real. A ausência de conexão com situações cotidianas pode dificultar a aplicação prática do conhecimento adquirido. Os alunos podem não perceber a relevância do que estão aprendendo para o mundo à sua volta, o que pode afetar seu engajamento e motivação.

Barros e Roldão (2017, p. 6), reforçam que o <uso excessivo de tecnologia pode levar a uma sobrecarga de informações=. Para os autores, os alunos podem se sentir inundados com uma variedade de recursos digitais, resultando em dificuldades em focar e assimilar conceitos complexos. A escolha inadequada ou excessiva de objetos virtuais pode sobrecarregar os alunos, prejudicando, em vez de beneficiar, o processo de aprendizado. Sobre isso, Finkelstein *et al.* (2006, p. 113) apontam que:

O aprendizado de Física muitas vezes envolve a colaboração em atividades práticas, experiências em grupo e discussões interativas. A dependência excessiva de objetos virtuais pode levar à falta de interação social e à perda

da experiência coletiva de aprender. A troca de ideias e a colaboração entre os alunos podem ser comprometidas quando a tecnologia é usada de maneira isolada.

Desta forma, apesar das simulações, certas experiências práticas da Física não podem ser completamente replicadas virtualmente. A sensação tátil, as nuances sutis nas reações dos materiais e outras variáveis físicas podem ser impossíveis de simular com precisão em um ambiente virtual, limitando a experiência prática dos alunos.

2.6 A Teoria da Aprendizagem Significativa

As dificuldades enfrentadas por alunos no aprendizado de conteúdos de Física no Ensino Médio são bastante conhecidas, na maioria das vezes focadas por conta de hábitos de memorização e dificuldade no entendimento do enunciado por problemas (Pena; Ribeiro Filho, 2008).

Vidal e Cunha (2019), apontam que isso acaba por influenciar o alto índice de reprovação escolar da área de ciência exata, como na Física. Ainda, para os autores, isso ocorre devido à falta de um ensino que possibilite a construção do conhecimento ao invés da memorização.

Nesse sentido, David Ausubel (1982 apud Moreira; Masini, 1982), em sua Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS), diferencia dois tipos de aprendizagem: a) aprendizagem mecânica e b) aprendizagem significativa. Para o autor, a aprendizagem significativa é um processo onde uma nova informação interage com conhecimentos já preexistentes na estrutura cognitiva do aluno, chamados subsunçores. Já a aprendizagem mecânica é um processo onde a nova informação tem pouca ou nenhuma interação com conceitos existentes na estrutura cognitiva do estudante, sendo armazenada de maneira arbitrária sem ligar-se aos subsunçores. Assim, não há interação entre as novas informações e as informações armazenadas (Ausubel, 2002).

Segundo Ausubel (1982 apud Moreira; Masini, 1982), para que ocorra a aprendizagem significativa no processo de ensino de Física, a compreensão do conteúdo deve fazer sentido para o aprendiz. Para isto, a informação deve interagir e estar ancorada em conceitos relevantes que já existem na estrutura do aprendiz. O autor entende que a aprendizagem significativa ocorre quando há a relação entre o

conhecimento prévio já existente na estrutura cognitiva do aprendiz e o novo conhecimento que está a ser ensinado.

A Teoria da Aprendizagem de Ausubel (1982 apud Moreira; Masini, 1982), portanto, visa explicar como pode ocorrer a aprendizagem dos alunos através da psicologia da aprendizagem significativa. Ausubel (1968, p. 31), afirma que:

Se eu tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria isto: o fato isolado mais importante que informação na aprendizagem é aquilo que o aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie isso nos seus ensinamentos.

Nesta linha de pensamento, para que ocorra a aprendizagem significativa, Ausubel (2002), destaca duas condições essenciais: primeiro, o aluno deve estar disposto a aprender; em segundo lugar, o material didático desenvolvido deve, antes de tudo, ser significativo para o aluno. Só assim se provará verdadeira compreensão dos conceitos e proposições, o que implica a posse de significados claros e comunicáveis.

Para tanto, Moreira (2011, p. 26), especifica como <o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não-literal) à estrutura cognitiva do aprendiz=, ressaltando, assim, os dois pontos chaves da teoria: a não arbitrariedade e a substantividade. Explicando melhor essa definição, por arbitrário, refere-se que a ligação entre os conhecimentos prévios e novos não ocorrerá de forma livre, mas sim com um conhecimento relevante, que é chamado por Ausubel (2002), de subsunção.

Com ênfase, o não-literal refere-se que este novo conhecimento será incorporado à <substância da palavra= no sentido do seu significado, ou seja, ao que o conteúdo significará ao aluno. Não necessariamente, a palavra em si, pois segundo Mendes (2019), esta pode ter vários significados.

Desta forma, quando há a aprendizagem significativa, segundo Moreira (2012), a pessoa nunca esquece. Em específico, a aprendizagem mecânica também tem sua importância para casos como quando os primeiros conceitos subsunções estão sendo formados e no cotidiano para decorar números como o de um telefone ou um documento (Moreira, 2011). Nesta linha de pensamento, Ausubel (2002), não descarta a importância da aprendizagem mecânica, pois segundo o autor, há um contínuo entre as duas, porém, em uma perspectiva de ensino, a aprendizagem significativa é a mais indicada.

Neste caso, para a formação dos conceitos subsunçores, Ausubel (2002), explica que há eles são considerados como organizadores prévios. Moreira (2012, p. 30) considera que eles <são materiais introdutórios apresentados antes do material de aprendizagem em si=, servindo assim, de ponte cognitiva.

Mendes (2019), explica que só haverá aprendizagem significativa se o material for potencialmente significativo. Neste caso, podem ser livros, vídeos, atividades ao ar livre e, em específico, os simuladores. Ainda, há a necessidade de o aluno querer aprender, o que implica a necessidade do professor promover um ensino estimulante que chame a atenção do estudante.

Além disso, o professor deve ter cuidado com a simulação da aprendizagem significativa, como explica Moreira (2012). Para o autor, para que isso não ocorra, as atividades trabalhadas em sala de aula e as utilizadas em avaliações devem ser estruturadas sobre o mesmo conteúdo, mas de forma diferente.

Desta forma, Ausubel (2002), distingue a aprendizagem significativa em três formas. A primeira é denominada de representacional e refere-se à forma mais básica de aprendizagem, quando ocorre a significação primária de símbolos. A segunda é denominada conceitual, a qual é a extensão da primeira, mas de forma que o estudante consegue perceber algumas similaridades, não necessitando mais de um material concreto para aprender. Isso implica em um nível mais abstrato e abrangente. Por fim, a terceira é chamada de proposicional, que é o inverso da primeira, já que precisa de conhecimentos prévios para compreender conceitos abstratos.

Ausubel (2002), ainda destaca em sua teoria a ideia de assimilação quando o novo conhecimento se relaciona com um conhecimento anterior e é assimilado pelo subsunçor. Isso pode ocorrer de três formas segundo o autor. A subordinada ocorre quando o novo conhecimento é menos potencial que o subsunçor, logo ele se subordina ao subsunçor. A super ordenada ocorre no sentido contrário, agora o novo conhecimento é mais potencialmente significativo. Por fim, a combinatória ocorre quando nenhuma das outras duas ocorre.

Ausubel (2002), explica ainda que há o processo de subordinação, esse processo é denominado de diferenciação progressiva. Já quando ocorre o processo de super ordenada ou combinatória, isto é denominado de reconciliação integrativa.

Além disso, Moreira (2017), explica que o desenvolvimento da aprendizagem significativa na perspectiva de Ausubel (2002), ocorre de duas

maneiras, substantivamente e programaticamente. A primeira, segundo Moreira (2017, p. 169), <pela apresentação, ao aprendiz, de conceitos e princípios unificadores e inclusivos, com maior poder explanatório e propriedades integradoras=, a outra, segundo o autor, <pelo emprego de métodos adequados de apresentação do conteúdo e utilização de princípios programáticos apropriados na organização sequencial de material de ensino=, sendo dada ao professor a tarefa de identificar como aplicar esses conceitos.

Com ênfase, Moreira (2017, p. 159-175), explica que quatro pontos são apontados para viabilizar a aprendizagem significativa:

- a) Organizar a matéria de forma hierarquicamente, observando conceitos que podem ser explicados mais facilmente.
- b) Identificar o conhecimento que os alunos devem ter para a aprendizagem desse novo conhecimento.
- c) Identificar o conhecimento que os alunos já têm, ou seja, o conhecimento subsunçor.
- d) Ensinar procurando materiais que facilitem o entendimento de uma forma significativa.

Assim, isso deve ser considerado na construção da sequência didática, de modo que ela possibilite que a educação seja transformadora e o conhecimento significativo aos estudantes. Por fim, Ausubel, Novak e Hanesian (1978, p. 4), consideram que se pudessem resumir a teoria, destacariam o seguinte: <o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aluno já sabe; descubra isso e ensine-o de acordo=. Logo, isso deve ser o foco na construção da sequência didática.

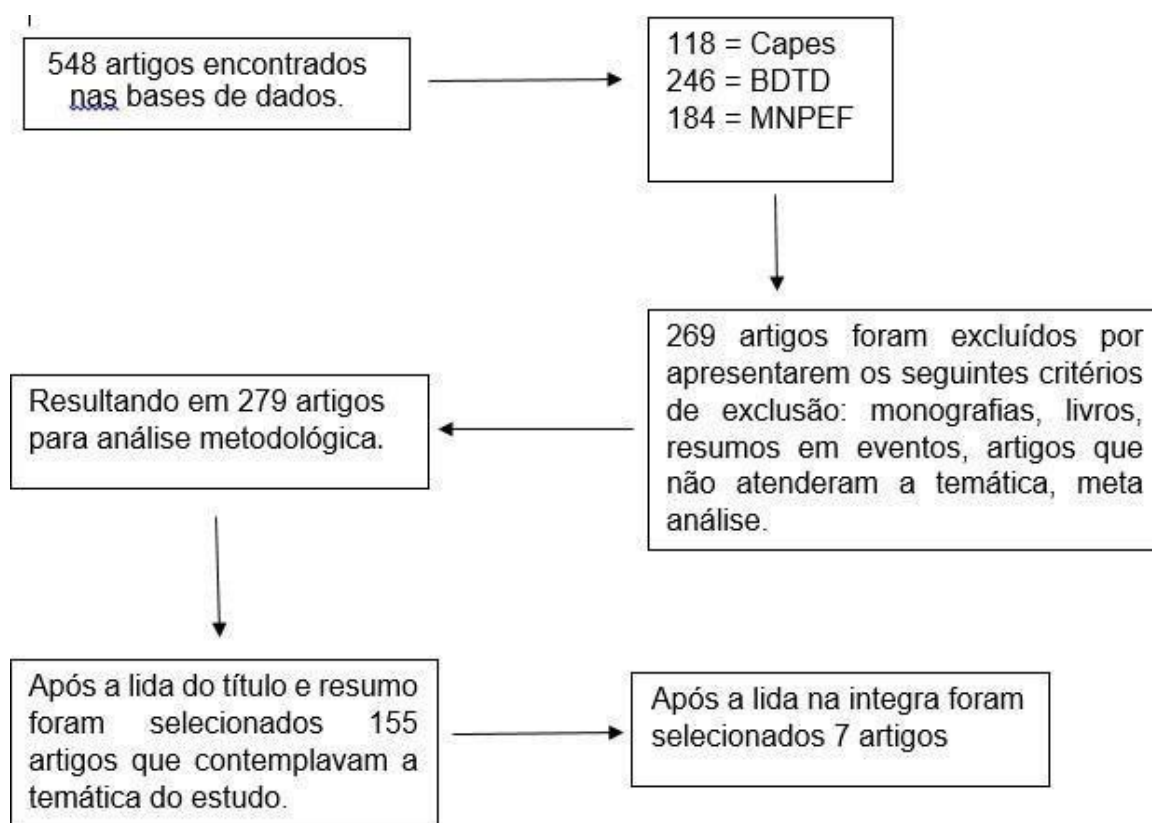
3 REVISÃO DE LITERATURA

A seleção dos artigos e coleta de dados para a realização da pesquisa foi realizada por meio das bases de dados: Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), BDTD (Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações, MNPEF (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física). Serão utilizados trabalhos publicados no idioma português e inglês, artigos publicados na íntegra nas bases de dados supracitados nos últimos 10 anos de 2014 a 2024.

Os descritores controlados utilizados do DeCs/Mesh foram: Aprendizagem Significativa <Meaningful Learning=, Objetos Virtuais <Virtual Objects=, Queda Livre <Free Fall=. A pesquisa foi feita com os descritores de forma isolada ou combinada, a escolha dos artigos foi feita após a leitura do título, resumo e, pôr fim, leitura na íntegra do conteúdo do artigo. Para combinação dos termos foram utilizados os operadores booleanos AND e OR.

Os critérios de inclusão estabelecidos para a pré-seleção das pesquisas foram: artigos que respondem à questão norteadora, sem restrição de data e redigidos em inglês ou português. Os critérios de exclusão incluíram: estudos de meta-análise, estudos com informações incompletas ou desatualizadas, estudos com uma perspectiva epistemológica distinta, artigos pagos ou bloqueados, teses e estudos que não atendem à questão norteadora.

Após a seleção inicial pelos descritores, foram analisados os títulos dos artigos, excluindo-se aqueles que não abordavam o tema específico. Esse processo foi repetido após a leitura dos resumos e, posteriormente, do conteúdo completo dos artigos. Em cada etapa, foi registrada a quantidade de estudos selecionados para a criação de um fluxograma que representa o processo de seleção, bem como os motivos de exclusão dos demais estudos, de acordo o Fluxograma na Figura 7 abaixo:

Figura 7. Seleção de artigos

Fonte: Autor da pesquisa (2024).

Para a coleta de dados, foi utilizado um roteiro elaborado pelos autores do estudo, visando extrair informações como identificação do periódico, objetivos, aspectos metodológicos, principais resultados e conclusões. Em seguida, procedeu-se a uma análise aprofundada dos artigos, utilizando uma abordagem qualitativa, com o objetivo de identificar e agrupar as ideias em núcleos ou categorias de significado.

Assim, foi realizada a etapa da estratégia de busca, onde se analisaram os artigos com base na abordagem metodológica integrativa. Posteriormente, foram selecionados artigos que abordassem a temática de forma integrativa, realizando a busca com base nos títulos e resumos dos estudos.

As estratégias de busca envolveram a aplicação dos descritores mencionados nas bases de dados, com o uso de filtros para restringir a pesquisa aos critérios de inclusão. Foi realizada uma busca manual das referências citadas nos artigos selecionados para identificar estudos adicionais relevantes. Os resultados foram sintetizados em forma de texto narrativo, destacando as principais evidências encontradas na literatura.

Para obtenção dos dados foi elaborado um quadro sinóptico para coleta das informações, onde foi colhido as seguintes variáveis: título dos artigos, nome dos autores, tipos de pesquisa e bases de dados e resultados. Para análise dos estudos foi realizada uma leitura minuciosa e categorização destes, com o propósito de melhor descrever e sintetizar os resultados obtidos da temática proposta.

3.1 Resultados

De acordo com as estratégias de busca foram encontradas um total de 548 artigos nas bases de dados selecionadas para a busca, sendo 184 artigos na base de dados MNPEF, 118 na base de dados Capes e 246 na base de dados BDTD.

Os resumos foram lidos e identificados nas bases citadas acima, de forma a reconhecer os métodos propostos e discutidos pelos autores abordando o tema do presente trabalho. Com os artigos em mãos, foi iniciado o processo de análise e síntese dos mesmos com uma leitura exploratória dos artigos que interessavam à pesquisa de forma geral; uma leitura seletiva e interpretativa, com intuito de conferir um significado mais amplo aos resultados escolhidos para uma melhor elaboração textual.

Como exposto anteriormente, foram selecionados 7 artigos que serviram de base para o debate proposto neste tópico, em que foram elencados as ideias e abordagens que se assemelhavam ao tema escolhido na pesquisa em questão, de acordo está descrito no Quadro 1.

Quadro 1. Distribuição dos Artigo, quanto aos autores, ano, título, objetivo, conclusão relacionados sobre o estudo em pesquisa

AUTORES/ANO	TITULO	OBJETIVO	METODOLOGIA	CONCLUSAO
Silva e Mercado (2019)	Experimentação em Física apoiada por objetos de aprendizagem.	Este estudo teve por objetivo sistematizar experiências de experimentação em Física apoiadas em objetos de aprendizagem.	Ensaio qualitativo, natureza bibliográfica.	A experimentação apoiada por objetos de aprendizagem abre múltiplas possibilidades para o trabalho pedagógico em Física; para a criação de mais e melhores práticas pedagógicas e, consequentemente, para novas formas de ensinar e aprender na contemporaneidade.

Dantas <i>et al.</i> , (2023)	Sequência didática sobre queda livre com o uso do smartphone: uma proposta de utilização das tecnologias móveis nas aulas remotas.	Apresentar uma sequência didática com base na aprendizagem significativa para o ensino do tema queda livre.	Revisão bibliográfica.	Viabilizou uma melhor adequação dos smartphones como ferramenta a ser utilizada em salas de aula, principalmente nas escolas que não possuem laboratórios equipados para a realização do experimento de queda livre.
Fontes <i>et al.</i> , (2019)	A utilização das TICs como ferramenta potencializadora no ensino de queda livre.	Este trabalho foi elaborado com a finalidade de compartilhar com os professores de Física e com os licenciandos, uma forma de trabalhar o conteúdo de Queda livre,	Qualitativo do tipo descritivo	Os resultados colhidos indicaram que os alunos não conheciam essas ferramentas e sentiram-se motivados a utilizá-las, em especial o aplicativo para simulação de queda livre, em função da acessibilidade e de estarem mais acostumados a manusear o <i>Smartphone</i> ,
Júnior (2020)	A utilização de tecnologias e atividades experimentais no ensino de queda livre: um estudo de caso.	Analisar de que forma, na percepção dos alunos, as tecnologias digitais e as atividades experimentais podem contribuir para o ensino de Física, a partir da aplicação de atividades referente ao conteúdo de queda livre.	Pesquisa qualitativa.	As concepções dos estudantes sobre o conceito de queda livre foram modificadas no decorrer da aplicação das atividades, principalmente no que se refere à influência da gravidade e da resistência do ar no tempo de queda de um corpo
Mardegan <i>et al.</i> , (2024)	Movimento de queda livre: elaboração e aplicação de uma sequência didática com o uso do Kahoot.	O objetivo desta pesquisa foi avaliar a percepção dos alunos sobre o uso do Kahoot, uma plataforma de aprendizagem baseada em jogos, por meio de uma Sequência Didática (SD) sobre Movimento de Queda Livre utilizando o Kahoot, tanto quanto ao jogo e	Pesquisa quantitativa.	Foi possível concluir que a SD elaborada no Kahoot exerceu seu propósito, auxiliando no ensino e aprendizagem de Física, despertando interesse e motivação dos estudantes para aprender Física

		quanto ao acesso a SD.		
Carvalho <i>et al.</i> , (2019)	Objetos Digitais de Aprendizagem no Ensino de FísicaBásica: Um estudo de caso com simuladores virtuais em uma escola de ensino público estadual	Este trabalho discute as dificuldades que os estudantes enfrentam no estudo da Física e investiga a influência do uso de Objetos Digitais de Aprendizagem (ODAs), especificamente os simuladores virtuais	Pesquisa de campo, abordagem qualitativa	Conclui-se a melhoria e promoção do ensino é um resultado a ser sempre buscado. Desse modo, é importante mais pesquisas sobre o uso de ODAs no ensino de Física quanto a sua eficácia e alcance educacional, sem reduzi-los a apenas um recurso lúdico.
Nascimento (2015)	O ensino de Física por meio do uso de ferramentas tecnológicas3: Um estudo de caso com o PROEJA	Verificar indícios e aprendizagem significativa dos conteúdos de Terra como um corpo cósmico e estações do ano, por alunos de uma turma do PROEJA, utilizando uma metodologia de ensino com ferramentas tecnológicas,	Estudo de caso, por meio de intervenção pedagógica.	Conclui-se que as ferramentas estimulam a interação entre os estudantes e professor, estimulando a autonomia, incentivando e desenvolvendo a capacidade de argumentação e associação entre conceitos. Ainda, por serem dinâmicos e interativos, aproximam o aluno de situações reais, auxiliando na motivação e interesse pela aprendizagem

Fonte: Autor da pesquisa (2024).

3.2 Discussão

Segundo Carvalho *et al.*, (2019), o uso de objetos virtuais de aprendizagem (OVAs) no ensino de Física tem sido cada vez mais explorado como uma ferramenta pedagógica eficaz, especialmente em temas como a queda livre, onde a visualização dos fenômenos físicos é essencial para a compreensão dos conceitos envolvidos.

Silva e Mercado (2019), afirma que os objetos virtuais de aprendizagem são plataformas interativas, como simuladores, vídeos, animações e experimentos virtuais, que permitem aos alunos visualizar e interagir com conceitos abstratos. No contexto da queda livre, esses recursos ajudam os estudantes a entender o

movimento uniformemente acelerado, a relação entre aceleração, velocidade e tempo, e a influência da gravidade no movimento dos corpos.

De acordo com Mardegan *et al.*, (2024), os OVAs proporcionam um ambiente no qual os alunos podem explorar o movimento de queda livre de forma prática, mesmo que seja virtualmente, facilitando a experimentação e a análise de variáveis que não seriam facilmente ajustáveis em um laboratório tradicional, como a alteração da aceleração gravitacional ou a altura inicial de um objeto. Esse tipo de exploração estimula o aprendizado ativo e permite que os alunos formem hipóteses e observem os resultados, desenvolvendo um entendimento mais profundo dos conceitos físicos.

A utilização de OVAs no ensino de queda livre é vista como uma forma de tornar visível o movimento de um corpo sujeito apenas à força gravitacional, permitindo que os alunos compreendam o conceito de aceleração constante e como a velocidade de um objeto aumenta ao longo do tempo. Segundo Silva *et al.*, (2019), a visualização do movimento é um aspecto fundamental para a compreensão dos fenômenos físicos, especialmente para estudantes da rede básica que, muitas vezes, enfrentam dificuldades para compreender a dinâmica do movimento acelerado. Os autores sugerem que, ao usar OVAs, os alunos conseguem observar a queda livre e manipular variáveis, como altura inicial e tempo de queda, o que facilita a formação de um conceito claro e intuitivo de aceleração.

Uma das principais vantagens pedagógicas dos OVAs é sua capacidade de tornar o aprendizado mais acessível e motivador. Estudos como o de Fontes *et al.*, (2019) indicam que simuladores de queda livre e outros objetos interativos capturam a atenção dos alunos e tornam o conteúdo mais envolvente, reduzindo a abstração e aumentando a clareza conceitual. Esses autores argumentam que a possibilidade de manipulação de variáveis e de visualização em tempo real dos efeitos de cada mudança ajuda os alunos a construírem uma compreensão sólida dos conceitos de cinemática.

Além disso, Dantas *et al.*, (2023) destacam que os OVAs favorecem a aprendizagem colaborativa, pois podem ser utilizados em atividades em grupo, onde os estudantes discutem, compartilham ideias e resolvem problemas juntos. Essa abordagem colaborativa, associada à exploração prática, contribui para o desenvolvimento de habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas.

O uso de OVAs tem se mostrado especialmente eficaz quando comparado aos métodos tradicionais de ensino, que geralmente envolvem uma abordagem mais teórica e abstrata. Segundo Júnior (2020), a utilização de OVAs para o ensino de queda livre permite que os alunos realizem experimentos de forma segura e econômica, sem a necessidade de um laboratório físico, que nem sempre está disponível nas escolas. Essa acessibilidade é particularmente importante na rede básica, onde os recursos para experimentos práticos podem ser limitados.

Em contrapartida, alguns autores, como Mardegan *et al.*, (2024), apontam que, embora os OVAs sejam ferramentas poderosas, eles devem ser complementados com discussões teóricas e atividades de cálculo para garantir que os alunos desenvolvam também uma compreensão quantitativa dos fenômenos. Esses autores defendem uma abordagem híbrida, onde OVAs e métodos tradicionais se complementam, potencializando a eficácia do ensino de Física.

Apesar das vantagens, a implementação de OVAs para o ensino de queda livre enfrenta desafios. Carvalho *et al.*, (2019) ressaltam que o acesso à tecnologia pode ser uma barreira em algumas escolas, especialmente em regiões menos favorecidas. Além disso, a capacitação de professores para o uso eficaz desses recursos é essencial para que os OVAs sejam utilizados de forma proveitosa. Os autores sugerem que treinamentos e workshops são necessários para que os educadores possam integrar de forma eficaz essas tecnologias em suas práticas pedagógicas.

Outro desafio mencionado por Nascimento (2015) é a necessidade de alinhamento dos OVAs com o currículo escolar e os objetivos de aprendizagem. Ele argumenta que, para serem eficazes, os OVAs devem ser bem planejados e utilizados com um propósito pedagógico claro, garantindo que eles de fato complementam e aprofundam o conhecimento dos alunos sobre o tema de queda livre, e não apenas atuem como uma ferramenta isolada.

A literatura mostra que o uso de OVAs no ensino de queda livre resulta em uma melhor compreensão dos conceitos e em um aumento do interesse dos alunos pela Física. Em um estudo de Silva *et al.*, (2019), verificou-se que alunos que utilizaram simuladores de queda livre apresentaram um desempenho significativamente melhor em avaliações de compreensão conceitual e habilidades de resolução de problemas, em comparação com aqueles que aprenderam apenas

por métodos tradicionais. Isso sugere que a experimentação virtual é uma estratégia valiosa para o aprendizado de conceitos complexos na Física.

Adicionalmente, Carvalho *et al.*, (2019) observaram que os OVAs incentivam os alunos a explorarem o conteúdo de forma autônoma, o que reforça a aprendizagem autodirigida. A possibilidade de repetir experimentos e observar diferentes resultados promove um processo de aprendizado ativo, no qual os estudantes podem descobrir os princípios da Física por conta própria.

Os OVAs têm sido descritos como ferramentas que incentivam a aprendizagem ativa, promovendo uma maior interação dos estudantes com o conteúdo. Nascimento (2015) defende que o uso de simulações no ensino de queda livre não apenas facilita a compreensão conceitual, mas também aumenta a motivação e o engajamento dos alunos. Eles argumentam que, ao interagir diretamente com os simuladores, os alunos desenvolvem um sentimento de controle e autonomia, o que estimula a curiosidade e a disposição para explorar diferentes possibilidades. Essa autonomia, conforme discutido por Silva *et al.*, (2019), é fundamental para a aprendizagem de Física, pois promove a construção ativa do conhecimento e a resolução de problemas.

Ainda, Nascimento (2015) enfatiza que os OVAs, ao permitirem a repetição dos experimentos, dão aos alunos a oportunidade de rever o conteúdo e corrigir eventuais equívocos de interpretação, o que contribui para a consolidação do conhecimento. A possibilidade de observar o movimento várias vezes e alterar as condições de estudo contribui para uma melhor assimilação dos conceitos, permitindo que os alunos se familiarizem com os detalhes do fenômeno de queda livre e desenvolvam habilidades de análise crítica.

Um benefício adicional do uso de OVAs no estudo de queda livre é o desenvolvimento de habilidades de raciocínio crítico e analítico, habilidades essenciais para o aprendizado de Física. De acordo com Mardegan *et al.*, (2024), os OVAs estimulam os alunos a formular hipóteses e a testá-las, promovendo um aprendizado baseado na experimentação e na análise dos resultados. Ao permitir que os alunos manipulem variáveis, os OVAs incentivam a exploração de relações causais, como a influência da altura e do tempo de queda na velocidade final de um objeto. Dessa forma, os alunos são levados a refletir e a relacionar os resultados obtidos com as leis da Física, o que fortalece a compreensão dos conceitos.

Dantas *et al.*, (2023) também abordam o impacto positivo dos OVAs no desenvolvimento de habilidades de raciocínio lógico e dedutivo, afirmando que a experimentação virtual é uma etapa importante para que os alunos desenvolvam uma compreensão científica e não apenas uma memorização de fórmulas. Para os autores, ao trabalharem com OVAs, os estudantes são incentivados a questionar, observar padrões e tirar conclusões baseadas em evidências, o que contribui para uma aprendizagem mais aprofundada e significativa.

Apesar dos benefícios pedagógicos, a utilização de OVAs no ensino de queda livre também apresenta desafios. Conforme destacado por Fontes *et al.*, (2019), o uso eficaz de OVAs depende da infraestrutura tecnológica disponível, que pode variar significativamente entre as escolas, especialmente nas regiões mais desfavorecidas. O acesso limitado a computadores e à internet pode dificultar a implementação de OVAs, limitando a quantidade de alunos que podem utilizar esses recursos em sala de aula.

Outro desafio mencionado por Júnior (2020) é a capacitação dos professores. Eles argumentam que muitos professores ainda não têm familiaridade com os OVAs ou com o uso de tecnologias educacionais em geral. Para que os OVAs sejam eficazes, é necessário que os professores estejam preparados para integrá-los de maneira produtiva em suas práticas pedagógicas, garantindo que os alunos façam um uso significativo dos recursos e compreendam as relações Físicas ilustradas pelos simuladores.

Por fim, Mardegan *et al.*, (2024) apontam que, apesar da interatividade dos OVAs, eles não substituem completamente a experiência prática em laboratórios físicos. Eles afirmam que, quando possível, a combinação entre experimentos virtuais e reais oferece uma experiência mais completa e rica, onde os alunos podem comparar os resultados teóricos com os práticos, compreendendo melhor as limitações e aproximações dos modelos teóricos.

A literatura demonstra que o uso de OVAs no estudo de queda livre resulta em melhorias na compreensão dos alunos sobre o movimento uniformemente acelerado e os efeitos da gravidade. Segundo Carvalho *et al.*, (2019), alunos que tiveram acesso a OVAs apresentam uma compreensão conceitual mais profunda, especialmente no que se refere à aceleração constante e à relação entre tempo, velocidade e deslocamento. Essa melhoria na compreensão conceitual se reflete em

um melhor desempenho dos alunos em avaliações de Física e no desenvolvimento de uma visão crítica sobre os fenômenos naturais.

Para Nascimento (2015), o uso de objetos virtuais de aprendizagem para o estudo de queda livre oferece uma série de benefícios educacionais, como o aumento do engajamento, a facilitação da compreensão de conceitos complexos e o desenvolvimento de habilidades de resolução de problemas. No entanto, a eficácia dos OVAs depende de uma implementação cuidadosa, que leve em consideração o alinhamento com o currículo e a capacitação dos professores para o uso adequado dessas ferramentas.

Por fim Carvalho *et al.*, (2015), afirma que os OVAs não substituam totalmente as práticas experimentais tradicionais, eles representam uma poderosa ferramenta complementar, especialmente em contextos onde o acesso a laboratórios é limitado. Dessa forma, o uso integrado de OVAs e métodos tradicionais tem o potencial de tornar o ensino de Física mais acessível, interessante e eficaz para os alunos da rede básica.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção, procuramos delinear os processos que trilhamos ao longo da condução desta pesquisa, fornecendo uma fundamentação para as escolhas que fizemos. Inicialmente, estabelecemos a essência deste estudo. Em seguida, situamos o leitor quanto ao contexto e cronologia da pesquisa, destacando o cenário em que ocorreu e descrevendo seu desenvolvimento subsequente.

Além disso, apresentamos os participantes da pesquisa e os diversos instrumentos utilizados para coleta e registro de dados durante esse período. Por fim, elucidamos o processo de análise dos dados coletados, detalhando as abordagens que adotamos.

4.1 A natureza do estudo

De acordo com Gil (2008, p. 27), a pesquisa pode ser classificada de três formas, a saber: exploratória, descritiva e explicativa. Este estudo caracteriza-se como a pesquisa descritiva, que:

<[...] tem por objetivo primordial a descrição das características de determinadas populações ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis".

Isso ocorre, pois buscamos descrever de forma analítica como ocorre um processo de utilização dos objetos virtuais de aprendizagem para o ensino do conceito de queda livre. Esta pesquisa caracteriza-se como qualitativa, pois se desenvolve numa situação natural, é rico em dados descritivos, tem um plano aberto e flexível e focaliza a realidade de forma complexa e contextualizada (Lüdke; André, 1986, p. 18).

Assim, esta pesquisa se aplica na perspectiva de uma observação participante. Minayo (2013, p. 70), define essa abordagem como:

<[...] um processo pelo qual um pesquisador se coloca como observador de uma situação social com a finalidade de realizar uma investigação científica=.

Marques (2016, p. 278), aponta exemplos de onde a pesquisa do tipo observação participante pode ser utilizada em ambientes educacionais, tais como <em investigações sobre processos de ensino-aprendizagem na escola básica, onde o pesquisador pode ser o próprio professor; na gestão escolar, cujo pesquisado convive com gestores da escola e outros membros da comunidade escolar. Desta forma, entendemos estar de acordo com Marques (2016), uma vez que esta pesquisa se desenvolve em um processo de ensino-aprendizagem para o conceito de queda livre dos corpos.

Para especificar melhor como ocorre a utilização da pesquisa observação participante, Marques (2016, p. 278 - 282), propõem sete passos que devem ser considerados no desenvolvimento, a saber:

- 1) Este tipo de pesquisa se adequa a um processo longo; isso caracteriza-se pelo processo de ensino-aprendizagem que é desenvolvido em sala de aula, visto que não é algo simples e direto, mas algo complexo.
- 2) Buscar o auxílio de um intermediário; este intermediário consiste na orientadora que favorecerá os encaminhamentos.
- 3) O pesquisador deve mostrar-se diferente dos pesquisados; apesar de haver a interação do professor pesquisador com os estudantes, haverá uma diferença nesse sentido.
- 4) O observador deve ter noção que também é observado; desta forma, o professor deve tomar medidas adequadas de forma a favorecer o processo de ensino-aprendizado.
- 5) Saber quando perguntar, quando ouvir e quando não falar; para a pesquisa é importante que os estudantes sejam o foco da pesquisa.
- 6) Utilização de um diário de campo; este é uma forma de registro de dados que será utilizado em todos os momentos da pesquisa.
- 7) Planejamento da pesquisa; esta pesquisa contou com da professora orientadora e de discussões do projeto na universidade.

Desta forma, entendemos que os passos de Marques (2016), foram seguidos nesta pesquisa.

4.2 O local e os participantes da pesquisa

A pesquisa foi aplicada a uma turma do primeiro ano do Ensino Médio do Colégio Estadual do Campo Aurélio Buarque de Holanda E.F.M., localizado no município de Pitanga, no Estado do Paraná. Ele fica localizado na Rua Dr. José Gravonski, CEP 85.200-000 - Pitanga - PR.

O Colégio Estadual do Campo Aurélio Buarque de Holanda E.F.M é uma instituição de ensino que se destaca pela excelência no ensino médio. Localizado

em uma comunidade dedicada à escola do campo, o colégio desempenha um papel fundamental na formação dos jovens dessa região.

Sua equipe de educadores comprometidos e qualificados se empenha em proporcionar uma educação de alta qualidade, oferecendo um currículo abrangente que prepara os alunos não apenas para os desafios acadêmicos, mas também para a vida após a escola.

Além disso, o colégio valoriza a integração com a comunidade local, promovendo eventos e atividades que fortalecem os laços entre escola e sociedade. O Colégio Estadual do Campo Aurélio Buarque de Holanda E.F. é um verdadeiro centro de aprendizado e crescimento, onde os estudantes têm a oportunidade de se desenvolver plenamente e alcançar seus objetivos educacionais.

Os participantes da pesquisa são estudantes do 1º ano do Ensino Médio, matriculados no colégio. A fim de preservar a identidade dos alunos, os mesmos serão aqui denominados por A1, A2, A3, e assim por diante. Outrossim, será obtida a autorização dos participantes para a coleta de dados. Esta é apresentada na próxima seção.

4.3 Os instrumentos de coleta de dados

Nesta seção, buscamos discutir sobre os instrumentos de coleta de dados e os registros destacando sobre cada um deles. No trabalho foi utilizado um questionário para coleta de dados dos estudantes. Segundo Gil (2008, p. 121):

<pode-se definir questionário como a técnica de investigação composta por um conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses [...]>.

Amaro, Póvoa e Macedo (2005, p. 7), destacam que há três tipos de questionários, o tipo aberto, que contempla perguntas abertas <que proporciona respostas de maior profundidade>, o fechado que possibilita uma maior facilidade e o misto que une estes dois tipos. Neste estudo foi utilizado o questionário misto com perguntas abertas e fechadas.

O questionário foi aplicado no final do processo de ensino e aprendizagem, no dia 13 de setembro de 2023, no último contato que tivemos com os estudantes.

Seu objetivo foi o de compreender quais foram as compreensões que os estudantes obtiveram da utilização do objeto virtual de aprendizagem.

A sequência didática possibilitou que os estudantes refletissem sobre como poderiam trabalhar o conteúdo de queda livre de corpos. O diário de Campo favoreceu as anotações realizadas no decorrer das aulas e da pesquisa. Roese et al. (2006, p. 2), <como ferramenta de coleta e, ao mesmo tempo, de análise, o que contribui para o processo de investigação, nos estudos qualitativos=. Tais anotações, em específico, sobre acontecimentos pontuais com os estudantes durante a aula foram essenciais.

4.4 Procedimentos no desenvolvimento do produto educacional

A sequência didática consiste em 10 (dez) horas/aulas realizadas em 4 (quatro) momentos, conforme a apresentação do Quadro 2.

Quadro 2. Estrutura da Sequência Didática

Etapas	CH	Ações
1º momento	2 h/a	Levantamento prévio dos conhecimentos dos alunos sobre o tema de forma exploratória por meio do diálogo e questionamento. Apresentação do tema queda livre com algumas discussões históricas sobre o assunto.
2º Momento	2 h/a	Atividade prática com queda livre com massas distintas (experimentos utilizando vários tipos de materiais, como papel, apagador, etc.) e demonstração de vídeo https://www.youtube.com/watch?v=-OH7Fg6KKBQ . sobre tema queda livre. Foram passados vários vídeos de forma a abordar o assunto e diferentes contextos.
3º Momento	2 h/a	Aplicação de questões de ordem prática e teórica relacionadas ao tema queda livre, por meio de trabalhos individuais e, posteriormente, em grupos. Os estudantes abordaram sobre o tema e discutiram em suas equipes.
4º Momento	4 h/a	Uso dos Objetos Virtuais (Software Algodoo, Simuladores Free Fall Simulator, Ferramentas Google, Calculadora da Física, Tracker), para estudo de queda livre em ambiente com e sem a resistência do ar. Apresentação dos grupos sobre o tema do uso das tecnologias para a aprendizagem do conceito de queda livre. Aplicação de um questionário sobre as emoções sentidas durante a realização das atividades. Aplicação de um questionário final para coleta de dados.

Fonte: Autor da Pesquisa (2024).

Desta forma, a estrutura apresentada norteou o processo de desenvolvimento da pesquisa.

4.4.1 O produto educacional

O produto educacional consiste em uma sequência didática que pode ser aplicada a estudantes do Ensino Médio para o trabalho com o conteúdo de queda livre dos corpos. A seguir, é abordado a sequência didática.

Os objetivos da aula consistem em:

- a) Compreender o conceito de queda livre e as leis que a regem.
- b) Utilizar os objetos virtuais como ferramenta de simulação para visualizar e analisar a queda livre.
- c) Observar e interpretar gráficos de movimento na queda livre.
- d) Resolver problemas relacionados à queda livre, aplicando as equações pertinentes.
- e) Estimular o pensamento crítico e a resolução de problemas.

A sequência didática é organizada para alunos do ensino médio em aulas de Física. Os recursos necessários são:

- a. Computadores com objetos virtuais instalados.
- b. Projetor ou tela para apresentação.
- c. Papel, lápis e calculadoras para resolução de exercícios.

Para o desenvolvimento da sequência metodológica, seguiu-se a metodologia com introdução, desenvolvimento e finalização. A introdução consiste na apresentação do conceito de queda livre, explicando as condições que a caracterizam. Discussão sobre a aceleração devido à gravidade (g) e sua importância na queda livre. Apresentação dos objetivos da aula e da ferramenta de Objetos Virtuais.

Inicialmente, os estudantes foram questionados como: <Qual seu conhecimento sobre quedas dos corpos?=>; <Objetos de diferentes massas caindo ao mesmo tempo são lançados da mesma altura?=>; <Por que uma pena <flutua=> no ar?=>. As respostas foram anotadas no diário de campo para serem posteriormente analisadas.

Tais questões se constituirão em uma estratégia de identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto, visando, após análise, propor atividades que o aluno deseja aprender, para que possam fazer uma conexão entre o que o aluno já sabe e o que ensinar, visando uma aprendizagem significativa. Logo após, estudo do texto <O movimento de queda livre=. De acordo com o Quadro 3.

Quadro 3. O movimento de queda livre.

A experiência realizada por Galileu Galilei

Desde os tempos mais remotos o homem estuda os movimentos que ocorrem na natureza, e dentre todos sempre houve grande interesse pelo movimento de queda dos corpos quando são abandonados próximos à superfície da Terra. Se abandonarmos uma pedra de uma determinada altura, percebemos que seu movimento é acelerado, caso lancemos essa mesma pedra de baixo para cima percebemos que o movimento é retardado. Durante muito tempo esses movimentos foram objetos de estudo dos estudiosos.

Por volta de 300 anos antes de Cristo, existiu um filósofo grego chamado Aristóteles que acreditava que se abandonássemos dois corpos de massas diferentes, de uma mesma altura, o corpo mais pesado tocaria o solo primeiro, ou seja, o tempo de queda desses corpos seriam diferentes. Essa crença perdurou por muitos anos sem que ninguém procurasse verificar se realmente o que o filósofo dizia era mesmo verdade.

Por volta do século XVII, o físico Galileu Galilei, ao introduzir o método experimental, chegou à conclusão de que quando dois corpos de massas diferentes, desprezando a resistência do ar, são abandonados da mesma altura, ambos alcançam o solo no mesmo instante.

Conta a história que Galileu foi até o topo da Torre de Pisa, na Itália, e de lá realizou experimentos para comprovar sua afirmativa sobre o movimento de queda dos corpos. Ele abandonou várias esferas de massas diferentes e percebeu que elas atingiam o solo no mesmo instante. Mesmo após as evidências de suas experiências, muitos dos seguidores de Aristóteles não se convenceram, e Galileu foi alvo de perseguições em razão de suas ideias

revolucionárias.

É importante deixar claro que a afirmativa de Galileu só é válida para queda de corpos que estão no vácuo, ou seja, livre da resistência do ar ou no ar e com resistência desprezível. Dessa forma, o movimento é denominado queda livre.

Dentro da sala de aula é possível mostrar esse experimento de forma bastante simples:

- Pegue uma folha de caderno e um apagador.

- Levante-os a certa altura. Em seguida, solte-os simultaneamente.

Peça para os alunos observarem qual dos objetos alcançou o chão primeiro.

- Agora, pegue a mesma folha e amasse-a até formar uma bola.

- Com o mesmo apagador e a bola de papel, abandone-os novamente, simultaneamente. Peça que observem que agora o ar não mais exercerá tanta influência sobre a massa do papel. A forma dessa folha mudou, mas sua massa permanece a mesma.

Agora fica mais fácil explicar o experimento de Galileu referente ao movimento dos corpos em queda livre. Mesmo com a presença de ar no meio onde será realizado o experimento é possível provar que o corpo mais pesado sempre alcançará o chão primeiro. Isso porque a atração gravitacional exercida pela Terra nos corpos que estão em sua proximidade é sempre a mesma, ou seja, aproximadamente $9,8\text{m/s}^2$.

Fonte: Autor da Pesquisa (2023).

Após a aplicação das questões foi realizada uma atividade experimental demonstrativa pelo professor, o qual, utilizando duas bolas, uma de bilhar e outra de boche, mas com diferentes volumes e massas e deixando-as cair ao mesmo tempo de determinada altura. Assim, antes dos lançamentos, os estudantes foram

questionados: qual bola cairá primeiro, a bola com maior volume e massa ou a bola de menor volume e massa?

Após um processo de reflexão, foram desenvolvidos outros questionamentos tais como: Porque caem juntas as bolas?, Como pode ser explicado este experimento? Há a possibilidade de o experimento ser explicado por algum Software?

Após a atividade experimental demonstrativa desenvolvida em sala de aula os alunos foram levados ao laboratório de informática, e apresentados ao Software Algodoo, para realizarem a testagem de hipóteses e situações envolvendo a queda livre dos corpos, cuja atividade é inspirada no livro <o ensino da Física usando o simulador Algodoo: possibilidade e reflexões (Germano, 2016, p. 38).

Neste processo foi possível a demonstração do funcionamento básico do software Algodoo, incluindo a criação de objetos, aplicação de forças e visualização de movimentos. A realização de uma simulação simples de queda livre no Algodoo, explorando diferentes variáveis (altura inicial, massa do objeto, etc.) e a discussão e análise dos resultados da simulação, enfatizando a constância da aceleração devida à gravidade.

Nas atividades utilizando o simulador Algodoo os alunos observaram a queda de três distintos círculos em ambiente com e sem resistência do ar, por meio do passos descritos no Quadro 4:

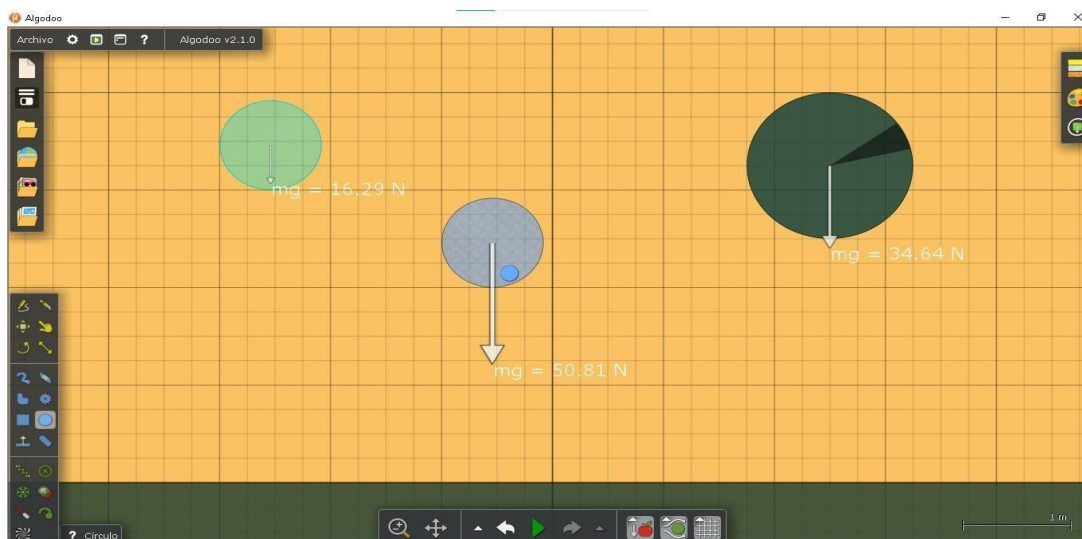
Quadro 4. Passos das atividades no simulador Algodoo.

Partes	Passos
Parte I. Análise da queda com resistência do ar.	I.1 Desenhar três círculos de materiais diferentes e com cores diferentes. A relação dos raios deve ser $R_a = R_B \neq R_C$ e suas respectivas massas $m_A < m_C < m_B$. Os posicione-os de forma que todos os centros estejam à mesma altura. I.2 Do lado direito da tela, marcar a opção <ver forças= e <ver velocidades=. Na base da tela, habilitar a força gravitacional assim como a resistência do ar. I.3 Clicar para iniciar a animação e visualizar a queda dos corpos. Instantes antes de atingirem o solo, pausar o vídeo para observar os dados apresentados na Figura, como posição dos corpos e velocidade.
Parte II. Análise da queda se a resistência do ar.	II.1 Refaça os passos anteriores, no entanto, diferente de I.2, desabilite a resistência do ar. II.2 Após a simulação iniciar, a pausa exatamente no mesmo instante utilizado em I.3. Observe os dados apresentados na Figura, como posição dos corpos e velocidade.

Fonte: Autor da Pesquisa (2024).

A Figura 8 abaixo representa um exemplo de cena que deverá ser produzida pelos alunos considerando os passos descritos no quadro acima.

Figura 8. Corpos em queda livre sob a influência da resistência do ar.



Fonte: Autor da Pesquisa (2024).

Neste momento, o professor encaminhou os alunos para que, fazendo uma análise e comparação do que produziram com o experimento do software Algodoo com o que foi realizado em sala de aula com as bolas de boche e bilhar. Isso possibilita a relação entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento que estará a ser ensinado. Outrossim, favorece uma melhor interpretação do conhecimento científico apresentado por Galileu Galilei que defende que claramente que corpos de grande massa atingem o solo exatamente ao mesmo instante com outros de massas menores.

Neste sentido, foi possível a explicação das equações matemáticas relacionadas à queda livre (Equação 2 e 3) e resolução de exercícios. Outrossim, favoreceu a discussão dos gráficos de velocidade vs. tempo e posição vs. tempo na queda livre.

De acordo com Martins *et al.*, (2013), apud Monteiro (2016), as simulações fenômenos físicos e químicos on-line aumentam a atratividade das aulas, estimulam o aprendizado dos alunos, pois podem complementar atividades experimentais, pois permitem a visualização de aspectos do modelo teórico, permitindo a criação de uma ponte entre os dados obtidos experimentalmente e os teóricos que facilitam sua compreensão e sua interpretação.

No último momento foi disponibilizado aos alunos uma ficha para que eles marcassem três das mais frequentes emoções que sentiram durante a realização das atividades em sala e através do Software Algodoo. Isso serviu como um questionário para coleta de dados, conforme apontado em nossa metodologia.

Isto porque, como diz Agen e Ezquerria (2021, p. 126):

Verificar como as emoções estão presentes no processo de aprendizagem em sala de aula enfatiza a importância de conhecer, controlar e autorregular as emoções por parte dos alunos. Além disso, determine a necessidade de formar professores emocionalmente competentes, que tenham conhecimento das emoções envolvidos no contexto educacional, que saibam diagnosticar e autorregular suas emoções para regulá-los dependendo do contexto. Essas capacidades, consequentemente, podem determinar emoções para o processo de ensino-aprendizagem da ciência, e contrastar as emoções negativas, que possivelmente são gerados ao longo da escolarização.

As opções de emoções foram: curiosidade, entusiasmo, satisfação, tranquilidade, confusão, incerteza, tristeza e tédio, como mostra a Figura 9.

Figura 9. Ficha das emoções sentidas durante a realização das atividades no Algodoo e em sala de aula.



Curiosidade



Entusiasmo



Satisfação



Tranquilidade



Confusão



Frustração



Incerteza



Tristeza



Tédio

Fonte: Adaptado de Agen e Ezquerria (2021).

A ficha das emoções sentidas serviu como ferramenta de autoavaliação para o aluno e para a construção de um gráfico no qual, por meio das emoções sentidas

avalia-se também a aplicação do produto. Usou-se os emojis para a construção da ficha das emoções devido ao fato destas se constituírem em pequenas imagens, símbolos ou ícones usados em campos de texto em comunicações eletrônicas (como em SMS, e-mails e redes sociais) para expressar uma atitude emocional do escritor, transmitir informações sucintas, comunicar uma mensagem brincalhona sem usar palavras.

A avaliação da atividade deve favorecer a participação ativa dos alunos nas discussões e atividades práticas. Também deve ser favorecido o entendimento demonstrado pelos alunos na resolução dos exercícios relacionados à queda livre, bem como a qualidade das apresentações dos grupos sobre suas simulações e observações.

Cabe ressaltar que o professor deve estar familiarizado com os objetos virtuais e suas funcionalidades antes da aula. É importante garantir que os alunos tenham acesso aos computadores com o software instalado ou permitir que façam isso antes da aula. O tempo da aula pode ser ajustado de acordo com a disponibilidade e a profundidade desejada no assunto.

4.5 O processo de análise dos dados educacional

Ao compreende-se que este estudo é de natureza qualitativa e, por coletarmos dados no sentido de respostas abertas e fechadas dos alunos, temos a necessidade de interpretar e inferir sobre esses dados (Lüdke e André, 1986).

Segundo Bogdan e Biklen (1994, p. 47-50):

1. Na investigação qualitativa a fonte direta de dados é o ambiente natural, constituindo o investigador o instrumento principal;
2. A investigação qualitativa é descritiva;
3. Os investigadores qualitativos interessam-se mais pelo processo do que simplesmente pelos resultados ou produtos;
4. Os investigadores qualitativos tendem a analisar os seus dados de forma indutiva;
5. O significado é de importância vital na abordagem qualitativa.

Com ênfase, seguimos esses pressupostos apontados pelos autores quando se realiza a pesquisa em um ambiente natural, ou seja, a sala de aula e pautamos a pesquisa em uma perspectiva descritiva (Gil, 2008). Além disso, o grande interesse desse estudo está em analisar o processo de compreensão do conteúdo de queda livre dos corpos.

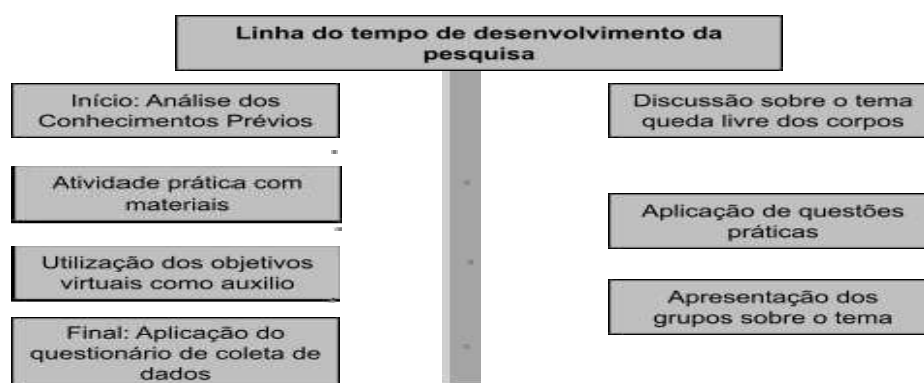
Porém, não se tende a utilizar o método indutivo igual comentam Bogdan e Biklen (1994), pois entende-se que a aula analisada não pode ser generalizada para todas as outras turmas, visto as diversas variáveis que podem implicar nesse processo. Concorde-se com os autores quando destacam que o significado é vital, ou seja, situações mínimas específicas que ocorreram podem ganhar uma grande atenção, devido ao significado que traz para a discussão.

Os dados obtidos constituíram o corpus para análise dos dados em que utilizamos os pressupostos da Análise de Conteúdo na perspectiva de Bardin (2011), para categorizar os achados, já que ela se constitui como <um conjunto de instrumentos metodológicos cada vez mais sutis em constante aperfeiçoamento, que se aplicam a <discursos= (conteúdos e continentes) extremamente diversificados= (Bardin, 2011, p. 15).

Para a realização da análise e categorização dos trabalhos seguimos as três etapas de Bardin (2011), a pré-análise em que buscamos e separamos o material para realizarmos a leitura flutuante e o cumprimento das regras como homogeneidade, representatividade, exaustividade, etc.

Após realiza-se a exploração do material em que as leituras na íntegra foram novamente retomadas e por fim, desenvolvemos e apresentamos na próxima seção a terceira etapa de tratamento dos resultados, inferência e a interpretação. Na Figura 10 apresentamos a estrutura de desenvolvimento da pesquisa.

Figura 10. Estrutura seguida para o desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Autor da Pesquisa (2024).

Desta forma, é possível compreender como foi realizada a pesquisa do seu início ao fim.

5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Nesta seção, buscamos discutir sobre a análise das informações obtidas durante o processo de ensino-aprendizagem dos conceitos de queda livre dos corpos. Para tanto, utilizamos de uma perspectiva descritiva qualitativa para ir apresentando os fatos ocorridos, as percepções e dados obtidos, juntamente com a discussão com base na literatura.

5.1 Análise dos conhecimentos prévios

Para iniciar a aula, foi feito um momento de diálogo com estudantes de forma a evidenciar se estes conheciam sobre os conceitos. Ao questionar os estudantes se já haviam ouvido falar sobre queda livre dos corpos, a maioria dos alunos demonstrou não ter nem uma compreensão básica do conceito de queda livre, entendendo que se trata de um movimento de um objeto em direção à Terra devido à força gravitacional, onde apenas a gravidade atua sobre o objeto.

Com intuito de continuar investigando se os estudantes sabiam sobre temas relacionados ao conceito, buscamos perguntar se os alunos entendiam as relações entre a Lei da Gravitação Universal de Newton e a Segunda Lei de Newton, relacionando-as à queda livre. No entanto, muitos alunos não conseguiram fazer essa conexão de forma clara.

De uma forma mais básica e aplicada, foi dado o seguinte exemplo:

Num típico dia ensolarado, ao caminhar por uma praça movimentada, você pode testemunhar um exemplo simples de queda livre dos corpos. Imagine uma criança brincando com uma bola de borracha, jogando-a para o alto no ar. Quando a bola deixa a mão da criança, chega ao seu máximo de impulso, logo após ela entra em um estado de queda livre, onde a única força que atua sobre ela é a gravidade. Enquanto a bola sobe, diminui sua velocidade até atingir o ponto mais alto, onde momentaneamente para antes de começar a cair de volta para o chão. Durante esse breve momento de suspensão no ar, a bola está experimentando a gravidade em seu estado mais puro, sem nenhuma resistência do ar para retardar seu movimento. Esse simples exemplo ilustra o princípio fundamental da queda livre dos corpos, uma das leis básicas da Física que governa o movimento dos objetos na Terra. Autoria própria (2024)

Com este entendimento, alguns alunos foram capazes de fornecer exemplos práticos de queda livre, como um objeto sendo solto de uma altura e caindo em direção ao solo. No entanto, muitos não conseguiram fornecer exemplos além dos óbvios. A compreensão das variáveis envolvidas na queda livre, como velocidade inicial, altura e tempo, foi limitada na maioria dos alunos. A relação entre essas variáveis não foi claramente compreendida por muitos estudantes.

Os resultados indicam que os alunos têm um entendimento precário inicial do conceito de queda livre, havendo lacunas significativas em sua compreensão das leis Físicas subjacentes e das variáveis envolvidas no movimento. É crucial abordar essas lacunas durante o ensino formal, fornecendo explicações claras e exemplos práticos para melhorar a compreensão dos alunos sobre o tema (Silveira Junior; Arnoni, 2013).

O levantamento prévio dos conhecimentos dos alunos sobre o conceito de queda livre forneceu *insights* interessantes sobre o nível de compreensão inicial dos estudantes. Com base nos resultados, foi possível planejar atividades de ensino mais específicas e adaptadas às necessidades dos alunos, visando melhorar sua compreensão da queda livre e promovendo um aprendizado mais sólido e significativo no campo da Física.

5.2 Explorando a perspectiva histórica do conceito de queda livre dos corpos

Com intuito de abordar o tema trazendo uma perspectiva histórica, foi apresentado de forma dialógica com os estudantes e com auxílio dos slides. Essa exploração foi feita com base em material já publicado na literatura. Foi apontado que na pequena cidade de Pisa, na Itália do século XVII, um jovem estudioso chamado Galileu Galilei estava intrigado com a natureza do movimento dos corpos.

Galileu observou cuidadosamente como os objetos caíam quando eram soltos da Torre de Pisa. Essa simples observação levaria a uma revolução na compreensão da queda livre dos corpos. Sobre o tema queda dos corpos com base em Galileu Galilei, relata que a famosa torre inclinada de Pisa fez parte de uma outra experiência para contestar a tese de Aristóteles de que, quanto mais pesado fosse um corpo, mais velozmente cairia. Galileu deixou cair da mesma altura duas esferas iguais em volume, mas de peso diferente. Ambas tocaram o solo no mesmo instante.

Em seu livro, <Saggiatore= (<Experimentador=) combateu a Física aristotélica e argumentou que a matemática deveria ser fundamento das ciências exatas.

Enquanto Galileu observava essas quedas, ele percebeu que os objetos caíam a uma taxa constante, independentemente de seu peso. Esta observação contradizia a crença aceita na época de que objetos mais pesados deveriam cair mais rapidamente do que os mais leves (Converloni *et al.*, 2009).

No entanto, Galileu mostrou através de experimentos que a aceleração da gravidade é constante para todos os objetos próximos à superfície da Terra. A Figura 11, ilustra a proposta de Galileu Galilei sobre a queda livre dos corpos em relação às ideias existentes da época.

Figura 11. a) Ilustração de Galileu lançando corpos diferentes na mesma condição. b) ideia vigente na época de galileu sobre queda livre. c) constatação de Galileu sobre a queda dos corpos.

Figura 11 a.



Figura 11b



Figura 11c

Fonte: Educação UOL (2023).

Através da Figura 11a é possível ver o momento em que Galileu solta ambos os corpos de massas diferentes ao mesmo instante, em análise da Figura 11b podemos analisar que os mesmos corpos caem em momentos diferentes como era

proposto por Aristóteles, já com a Figura 11c os corpos caem a mesmo tempo com aceleração constante conforme proposto por Galileu Galilei.

As ideias pioneiras de Galileu foram posteriormente refinadas por Sir Isaac Newton no século XVII. Newton formulou as leis do movimento e a lei da gravitação universal, proporcionando uma explicação matemática para o fenômeno da queda livre. Ele demonstrou que a aceleração devido à gravidade na Terra é aproximadamente 9,8 metros por segundo ao quadrado (Canelle; Oliveira, 1991).

Nesse sentido, foi frisado aos estudantes que ao longo dos séculos, essa compreensão da queda livre dos corpos tem sido fundamental para a ciência e a engenharia. As leis de Newton foram essenciais para a exploração espacial e para o desenvolvimento de tecnologias como foguetes e satélites. Além disso, Lunazi e De Paula (2008), apontam que a teoria da relatividade de Albert Einstein, no século XX, refinou ainda mais nossa compreensão do movimento dos corpos em campos gravitacionais intensos.

Assim, através da perspectiva histórica, podemos apreciar como a observação cuidadosa, o questionamento científico e o trabalho árduo de cientistas ao longo dos séculos nos proporcionaram uma compreensão profunda da queda livre, um conceito fundamental que continua a moldar nossa compreensão do mundo ao nosso redor.

5.3 Experimentos sobre queda livre

Introduzir conceitos científicos de maneira prática e interativa é essencial para engajar os alunos. Ao ensinar sobre a queda livre em sala de aula, é possível realizar uma série de experimentos simples e educativos para ilustrar esse fenômeno fundamental. Dentre os experimentos realizados para demonstrar, o primeiro refere-se ao uso de um apagador e uma folha de papel aberta.

Foi questionado aos estudantes sobre qual cairia primeiro. Após, foram segurados o apagador e a folha de papel na mesma altura acima da mesa da sala de aula. Foi solto ambos simultaneamente. Os alunos viram que ambos os objetos atingem o chão em diferentes tempos, ilustrando que, com a resistência do ar, os objetos caem com diferentes velocidades, independentemente de seu tamanho ou massa.

Após, o papel foi amassado e questionado os alunos novamente sobre qual cairia primeiro, alguns falaram que o papel poderia cair mais rápido devido ao seu formato agora. Contudo, ao soltar o apagador e a bolinha de papel, os estudantes

evidenciaram a Teoria de Galileu Galilei analisada visualmente, corpos com tamanhos semelhantes e massas semelhantes caem na terra com aceleração constante.

Posteriormente, foi apresentado um vídeo ilustrativo de forma a realizar a construção das equações (1, 2 e 3) que envolvem o tema. A Figura 12, mostra um print do vídeo.

Figura 12. *Print do vídeo interativo que mostra a construção das fórmulas sobre queda livre.*



Fonte: O físico. Queda Livre Youtube (2023).

Esses experimentos práticos não apenas ilustram o conceito de queda livre dos corpos de maneira tangível, mas também estimulam o pensamento crítico e a curiosidade dos alunos, tornando o aprendizado da Física mais envolvente e memorável.

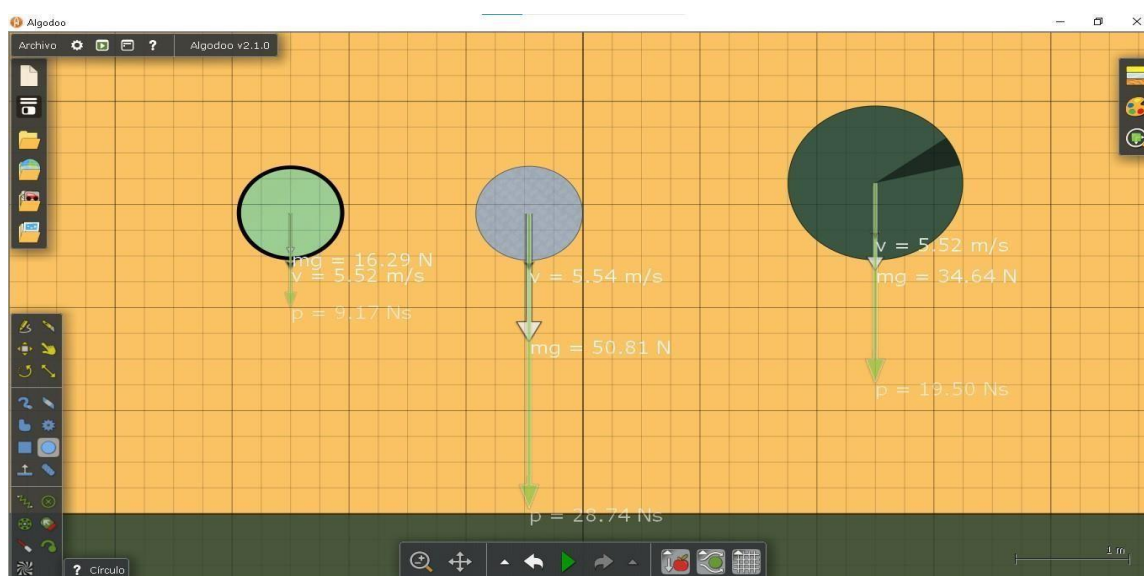
No mundo acelerado da tecnologia e da informação em que vivemos, a sala de aula muitas vezes se torna um lugar de desafios e oportunidades. No ensino de conceitos científicos complexos, como a queda livre, o uso de materiais práticos se destaca como uma estratégia educacional essencial e eficaz. Estes não são apenas dispositivos para atrair a atenção dos estudantes, mas ferramentas cruciais para desbloquear o entendimento profundo e duradouro (Laburu, 2005).

Pereira e Amaral Moreira (2017), apontam que ao trazer a Física para a vida real, utilizando objetos cotidianos, professores transformam a abstração do livro

didático em algo palpável e tangível. Os experimentos práticos criam um ambiente de aprendizado envolvente e dinâmico, onde os alunos não apenas veem a teoria em ação, mas também a sentem.

A queda de uma pena leve em comparação com a queda de um objeto mais denso torna-se não apenas uma lição sobre gravidade, mas uma experiência sensorial, estimulando a curiosidade e alimentando o desejo de explorar mais. Posteriormente, o professor utilizou do *software* Algodoo para exemplificar uma aplicação dos conceitos de queda livre, conforme mostra a Figura 13.

Figura 13. Corpos em queda livre no vácuo, construído pelo professor com auxílio dos estudantes.



Fonte: Autor da pesquisa (2024).

Outrossim, esses experimentos práticos promovem a compreensão em profundidade, desafiando noções pré-concebidas e construindo uma compreensão mais sofisticada dos princípios científicos. Quando os alunos veem com seus próprios olhos que diferentes objetos caem com a mesma rapidez, independentemente do seu peso, eles não apenas absorvem informações, mas também internalizam conceitos cruciais. Isso não apenas molda futuros cientistas, mas também cidadãos informados, capazes de questionar e analisar informações de forma crítica (Gregorcic; Bodin, 2017).

Além disso, Silva *et al.*, (2014), aponta que a utilização de materiais práticos na sala de aula cria uma atmosfera de colaboração e aprendizado ativo. Os

estudantes não são mais meros receptores de conhecimento; eles se tornam participantes ativos em seu próprio processo educacional. Trabalhar em grupo para realizar experimentos promove habilidades essenciais, como comunicação, colaboração e resolução de problemas, que são vitais para o sucesso não apenas nas ciências, mas em qualquer campo da vida.

5.4 Aplicação de questões de ordens prática

Neste momento, os conceitos sobre a queda livre dos corpos já haviam sido apresentados, sendo deixado algumas fórmulas que foram construídas com apoio dos estudantes para o entendimento dos cálculos matemáticos, sendo deixadas no quadro para que eles pudessem resolver algumas questões. Uma das questões abordadas foi a seguinte:

Um estudante está em um laboratório de Física e decide realizar um experimento para estudar a queda livre dos corpos. Ele solta dois objetos, A e B (objetos idênticos), de alturas diferentes do chão ao mesmo tempo. O objeto A é solto de uma altura de 2 metros, enquanto o objeto B é solto de uma altura de 4 metros.

- Qual objeto atingirá o chão primeiro?
- Qual será o tempo que cada objeto leva para atingir o chão?
- Justifique suas respostas com base nos princípios da queda livre dos corpos

Para realizar o cálculo foi considerado a aceleração devido a gravidade da Terra como $9,8 \text{ m/s}^2$, o que significa que a aceleração não depende da resistência do ar, o que depende é a velocidade, a aceleração de queda é sempre g , tendo ou não resistência do ar, o que altera é a velocidade.

Assim, os estudantes puderam utilizar a fórmula da altura em queda livre $h = \frac{1}{2} g t^2$, onde h é a altura, g é a aceleração devido à gravidade e t é o tempo.

Na Figura 14, evidencia-se uma resolução de um aluno, de acordo a Figura 14, abaixo:

Figura 14. Resolução sobre o conceito de queda livre de corpos do aluno A.

Handwritten calculations for two objects in free fall:

Objeto A $\rightarrow h = 2m$

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$2 = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot t^2$$

$$4 = 9,8 \cdot t^2$$

$$t^2 = \frac{4}{9,8}$$

$$t^2 = 0,408$$

$$t = \sqrt{0,408}$$

$$t = 0,638 \text{ seg.}$$

Objeto B $\rightarrow h = 4m$

$$h = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$4 = \frac{1}{2} \cdot 9,8 \cdot t^2$$

$$8 = 9,8 \cdot t^2$$

$$t^2 = \frac{8}{9,8}$$

$$t^2 = 0,81$$

$$t = \sqrt{0,81} = 0,9 \text{ seg.}$$

Fonte: Resolução do aluno A - Autor da pesquisa (2024).

Com base nos cálculos efetuados na Figura 14, o aluno A pode verificar que o objeto A atinge o chão primeiro, levando aproximadamente 0,63 s. Já o objeto B atinge o chão depois, levando aproximadamente 0,9 s. A partir disso, o estudante justificou dizendo:

Ambos os objetos estão sujeitos à mesma aceleração devido à gravidade, mas o objeto A é solto de uma altura menor, resultando em um tempo de queda menor. A altura inicial influencia diretamente o tempo que um objeto leva para atingir o chão na queda livre, como confirmado pelas equações derivadas das leis do movimento uniformemente acelerado (Estudante A, 2023).

Desta forma, os estudantes puderam aplicar os conceitos de queda livre dos corpos. Contudo, ainda era necessário proceder com a utilização com auxílio das tecnologias. Estas são apresentadas na próxima seção.

5.5 Uso dos objetos virtuais para estudo de queda livre

No cenário educacional moderno, a integração de tecnologia tornou-se uma parte crucial do processo de aprendizado. Os alunos foram divididos em grupos de forma a poderem utilizar objetos virtuais de aprendizagem para compreender os

conceitos complexos relacionados à queda livre dos corpos. Eles ficaram livres para escolher quais objetos virtuais iriam escolher e apresentar aos outros colegas.

O projeto foi realizado como parte do currículo de Física para alunos do ensino médio. O objetivo principal era proporcionar aos alunos uma experiência prática e envolvente sobre a Física da queda livre, ao mesmo tempo em que os familiariza com o uso de tecnologia educacional de ponta.

Os alunos foram introduzidos a uma variedade de objetos virtuais de aprendizagem, incluindo simulações interativas, animações em 3D e jogos educacionais, todos focados no tema da queda livre dos corpos. Essas ferramentas foram acessadas através de tablets e computadores nas salas de aula, proporcionando uma experiência de aprendizado imersiva.

5.5.1 Utilização do software Tracker

O estudo da queda livre dos corpos é fundamental na Física, pois proporciona insights valiosos sobre os princípios do movimento e da gravidade. A utilização de software especializado, como o Tracker, oferece uma abordagem prática e eficaz para analisar e compreender esse fenômeno.

Esta discussão destaca a aplicação do Tracker na investigação da queda livre dos corpos, incluindo os procedimentos experimentais, a análise de dados e as conclusões obtidas. Na Figura 15, evidenciamos o Grupo A realizando a apresentação da utilização do software para a aprendizagem do conteúdo de queda livre dos corpos.

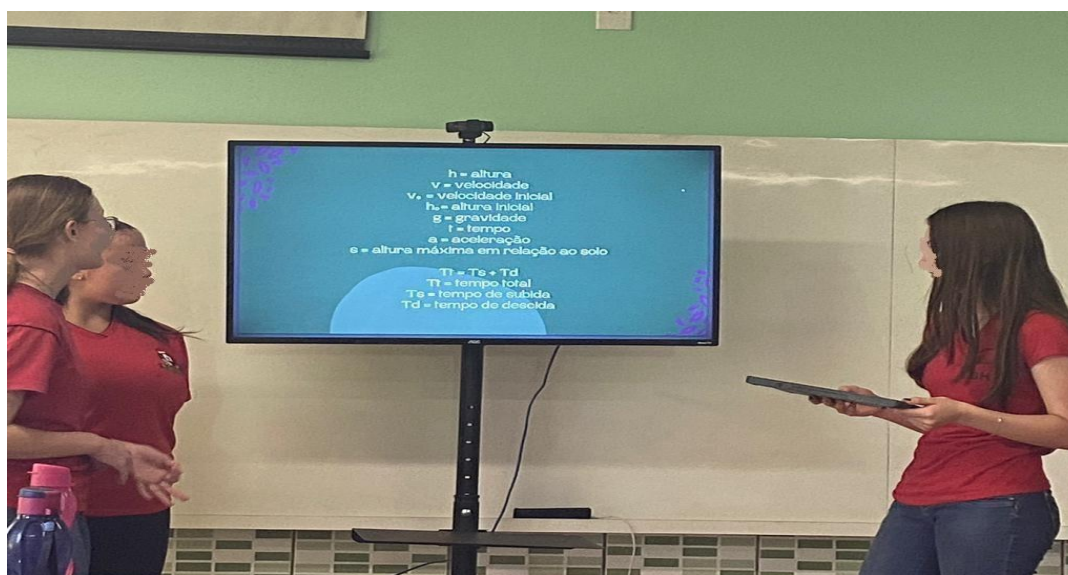
Figura 15. Grupo A realizando a apresentação do software Tracker.



Fonte: Autor da pesquisa (2024).

Para realizar o experimento, um objeto foi deixado cair de uma altura conhecida sob condições controladas. Durante a queda, foram capturadas imagens em alta velocidade usando uma câmera digital. O software Tracker foi então utilizado para analisar essas imagens, permitindo a marcação precisa da posição do objeto em intervalos de tempo regulares. Neste grupo, os estudantes também trouxeram uma revisão das fórmulas que são utilizadas, conforme mostra a Figura 16.

Figura 16. Revisão das fórmulas utilizadas para trabalhar o conceito de queda livre dos corpos.



Fonte: Autor da pesquisa (2024).

Com as coordenadas espaciais obtidas pelo Tracker, foi possível criar gráficos da posição em função do tempo. A análise desses gráficos revelou que o objeto seguia uma trajetória parabólica, confirmando a previsão teórica da queda livre. Além disso, a velocidade e a aceleração do objeto puderam ser determinadas a partir dos dados coletados, fornecendo uma compreensão mais profunda do movimento. Para finalizar e reforçar a aprendizagem com o uso dos objetos virtuais, o professor discutiu o tema com os alunos.

Os resultados obtidos demonstraram uma correspondência próxima entre os valores teóricos e experimentais da aceleração devido à gravidade. Qualquer discrepância pode ser atribuída a pequenas variações experimentais ou erros de medição. A precisão do Tracker na análise dos dados foi fundamental para obter resultados confiáveis e significativos.

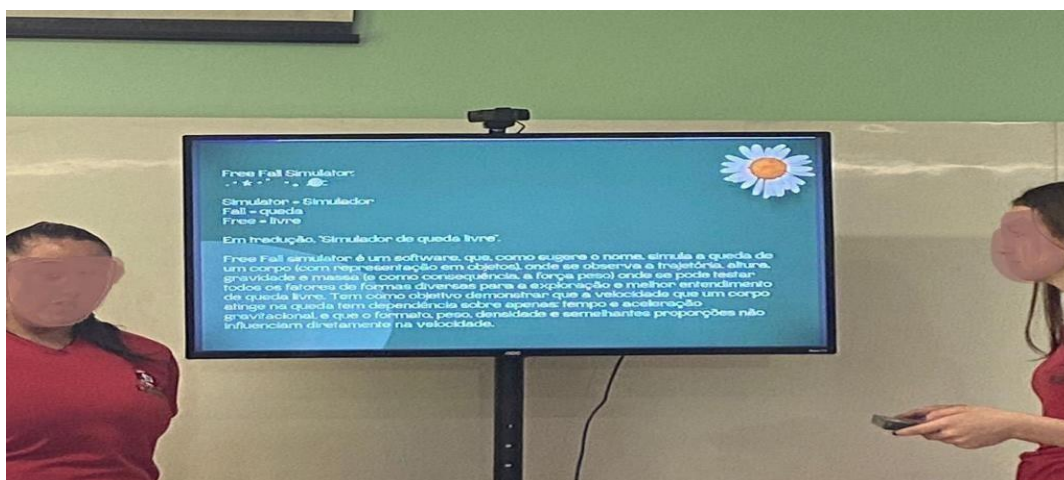
A utilização do software Tracker na investigação da queda livre dos corpos se mostrou extremamente eficaz. Além de oferecer uma maneira precisa de analisar o movimento, o software facilitou a visualização dos conceitos físicos abordados no experimento. A experiência também destacou a importância da tecnologia na educação, permitindo que os alunos explorem conceitos complexos de forma prática e interativa (Bonventi Jr.; Aranha, 2015).

Com base nos resultados positivos deste estudo, recomenda-se a incorporação contínua do software Tracker no currículo de Física. Além disso, Amsel e Tomlinson (2010), sugerem que a exploração de experimentos adicionais usando o Tracker para estudar outros fenômenos físicos, proporcionando aos alunos uma compreensão mais abrangente dos princípios científicos.

5.5.2 Utilização de um simulador de queda livre Free Fall

O uso de simuladores digitais representa uma abordagem inovadora para explorar esses conceitos de forma interativa e educacional. Esta seção analisa a utilização de um simulador de queda livre na Física, destacando sua eficácia no ensino e aprendizado. Os estudantes do grupo B começaram a abordar o tema discutindo sobre como a tecnologia pode ajudar no estudo da Física, conforme mostra a Figura 17.

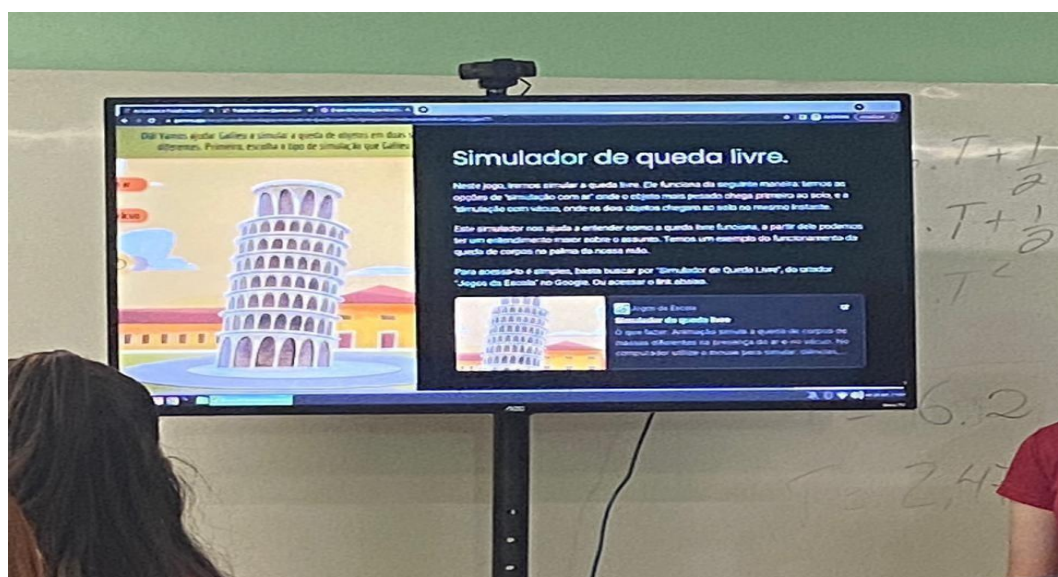
Figura 17. Apresentação inicial do grupo B.



Fonte: Autor da pesquisa (2024).

Os estudantes utilizaram também o Canva para realizar apresentação do tema, de forma que com o site é possível deixar a apresentação mais interativa. O Canva é uma ferramenta online para edição de imagens e designs em geral. Através do Canva, internautas de todas as partes do mundo podem criar: Imagens para redes sociais; Apresentações de alta qualidade; E-books; Infográficos; Logotipos; Cartões de visita; Pôsteres; Checklists; Panfletos; Convites; Banners, de acordo a Figura 18 abaixo:

Figura 18. Simulador de queda livre.



Fonte: Autor da pesquisa (2024).

Foi utilizado um simulador de queda livre, que permite aos alunos ajustar variáveis como altura inicial, massa do objeto e resistência do ar. Os estudantes realizaram uma série de experimentos virtuais, registrando dados como tempo de queda, velocidade atingida e distância percorrida. Os resultados foram então comparados com as previsões teóricas.

A utilização do simulador de queda livre demonstrou ser altamente eficaz no ensino e aprendizado da Física. Os alunos envolvidos no experimento mostraram um aumento significativo na compreensão dos princípios da queda livre, bem como uma maior capacidade de aplicar esses conceitos em contextos do mundo real. Além disso, o simulador proporcionou uma plataforma segura e controlada para realizar experimentos, eliminando riscos associados a atividades práticas tradicionais.

Para acessar o laboratório virtual de Física, é possível entrar pelo link <<https://www.laboratoriovirtual.Fisica.ufc.br/queda-livre> Após, é possível utilizar as funções dentro do simulador.

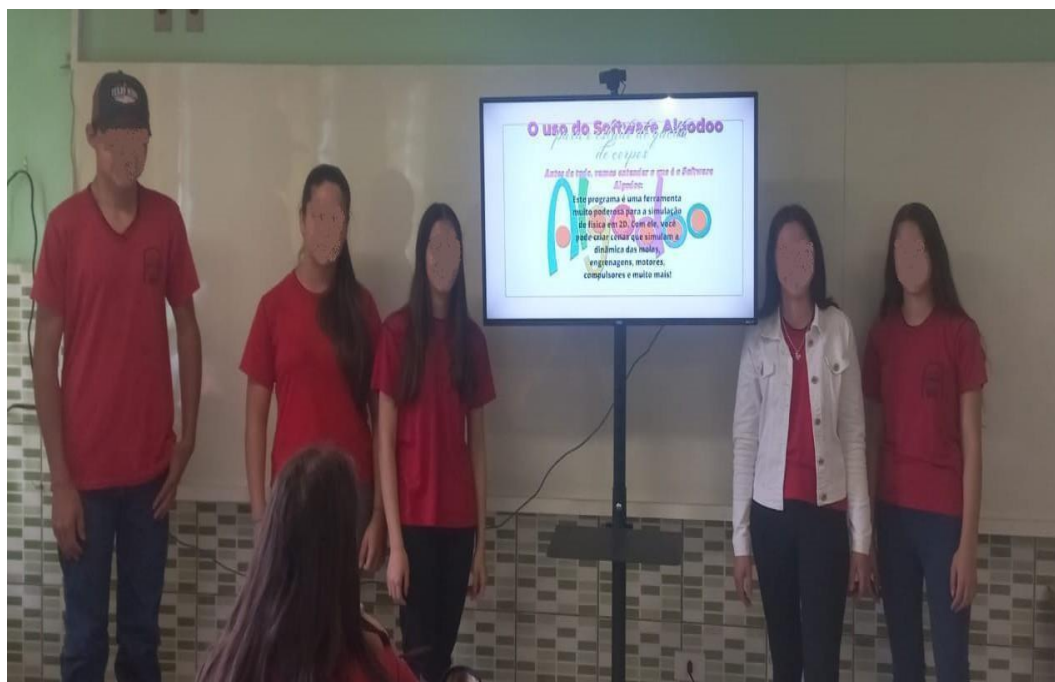
5.5.3 Utilização do software Algodoo

Algodoo é um software de simulação interativa que oferece uma plataforma versátil para explorar conceitos físicos complexos. Esta seção examina a aplicação do Algodoo no ensino e aprendizado da Física, destacando suas características, benefícios educacionais e exemplos de atividades práticas apresentadas pelo grupo C.

Na Figura 19, é possível evidenciar o grupo C apresentando e na Figura 19.1 é possível vermos os alunos explorando o Algodoo e desenvolvendo o ambiente de queda dos corpos.

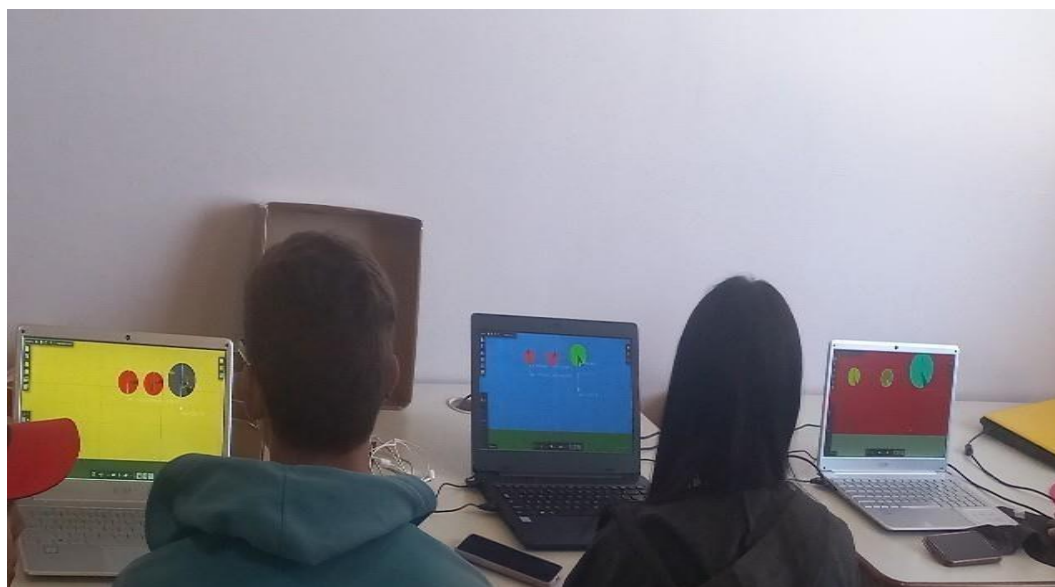
Figura 19. a) Apresentação do software Algodoo. b) Explorando o software Algodoo.

a)



Fonte: Autor da pesquisa (2024).

b)



Fonte: Autor da pesquisa (2024).

O Algodoo é um ambiente de simulação baseado em Física que permite aos usuários criar e experimentar com cenários simulados. Ele oferece uma representação visual realista de conceitos físicos, incluindo mecânica, óptica, termodinâmica e eletricidade. Além disso, possui uma interface intuitiva que permite aos alunos projetar experimentos, testar hipóteses e visualizar o comportamento de objetos em diferentes condições (Çoban, 2021).

Desta forma os estudantes puderam fazer exemplos sobre como utilizar o *software* em sala de aula, como mostra a Figura 20.

Figura 20. Exemplo de aplicação do *software* Algodoo feito pelo grupo.



Fonte: Autor da pesquisa (2024).

Çoban (2021) aponta que o Algodoo permite que os alunos visualizem fenômenos físicos de maneira interativa, o que facilita a compreensão de conceitos abstratos. Os estudantes podem realizar experimentos virtuais em um ambiente seguro e controlado, explorando diversas variáveis e observando as consequências em tempo real. O software incentiva a criatividade, permitindo que os alunos projetem e testem soluções para problemas físicos, promovendo o pensamento crítico e a resolução de problemas.

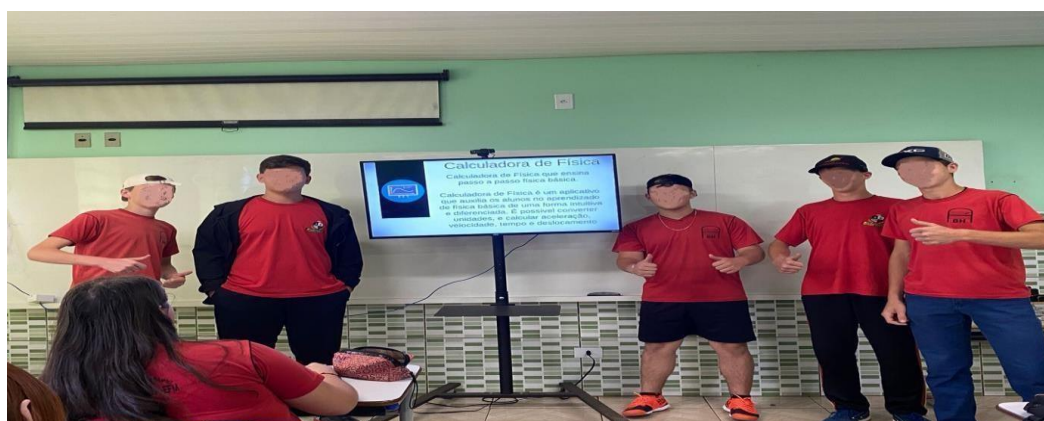
Cabe ressaltar que com o software, os alunos podem criar simulações para explorar as leis do movimento de Newton, investigando o comportamento de objetos em diferentes forças e massas. O Algodoo pode ser usado para ilustrar conceitos ópticos, como reflexão e refração da luz, proporcionando uma representação visual clara desses fenômenos. O software pode simular processos termodinâmicos, como a expansão e compressão de gases, permitindo aos alunos estudar as leis dos gases ideais e outros princípios termodinâmicos.

5.5.4 Calculadora da Física

O uso da calculadora na sala de aula de Física tem se tornado uma prática comum, proporcionando aos alunos uma ferramenta interessante para realizar

cálculos complexos, explorar conceitos matemáticos e analisar dados experimentais. Esta seção destaca os benefícios educacionais do uso da calculadora na Física, descrevendo sua aplicação prática em atividades didáticas. Na Figura 21, evidencia-se o grupo D apresentando sobre sua utilização.

Figura 21. Grupo D apresentando sobre a calculadora da Física.



Fonte: Autor da pesquisa (2024).

Calculadoras da Física proporcionam representações visuais de funções matemáticas e dados experimentais, ajudando os alunos a compreender melhor os padrões e as relações entre diferentes variáveis. A calculadora da Física permite aos alunos resolver problemas do mundo real, como lançamento de projéteis, movimento de partículas e circuitos elétricos, aplicando conceitos matemáticos diretamente às situações Físicas. Na Figura 22 evidencia-se como é a calculadora na prática que foi desenvolvida em sala de aula.

Figura 22. Calculadora da Física na prática.

Velocidade Final do Corpo em Queda Livre da Altura ao Atingir o Solo Calculadora			
Search	Calculadoras de pesquisa	Procurar	
Casa	Física		
Física	Teoria da Máquina		
Teoria da Máquina	Cinemática de Movimento		
Cinemática de Movimento	Cinemática		
ⓘ Aceleração devido à gravidade [g]	9.8	+10% -10%	
	Metro/Quadrado Seg		
ⓘ Altura da Rachadura [h]	12000	+10% -10%	
	Milímetro		
ⓘ Velocidade Final do Corpo em Queda Livre da Altura ao Atingir o Solo [V]	15.33623		Cópia De
Calcular		Degraus	

Fonte: Autor da pesquisa (2024).

O uso da calculadora na sala de aula de Física oferece uma abordagem prática e eficaz para ensinar e aprender conceitos complexos. Ao proporcionar aos alunos uma ferramenta para realizar cálculos precisos e analisar dados de forma visual, as calculadoras não apenas facilitam o processo de aprendizado, mas também preparam os alunos para enfrentar desafios científicos e matemáticos no mundo real (Psybylski et al., 2018).

5.6 Relatos das Atividades desenvolvidas pelos grupos de estudantes sobre o uso de objetos virtuais

Nesta seção são discutidas as atividades desenvolvidas pelos grupos A, B, C e D. Para tanto, utilizamos trabalhos já publicados na literatura para auxiliar nesta discussão.

5.6.1 Discussão da atividade desenvolvida pelo grupo A

O grupo A buscou discutir sobre a utilização das tecnologias por meio do Tracker. Em específico, os estudantes apresentaram um texto que deveria ser entregue falando da importância do uso das tecnologias para aprender Física.

Relato do grupo A:

*<O uso de tecnologias/software no estudo de queda livre/queda de corpos
Professor: Ayslan Porfírio dos Santos*

Aluno:

Matéria: Física.

Nosso grupo, observou-se que ao realizar o trabalhos e tivemos melhor compreensão do tema.

Em geral, em nossa experiência, acredito que não apenas por ser a <geração tecnologia=, mas também que qualquer de outras gerações que soubesse utilizar um software, poderia entender melhor do que em situação teórica, já que a prática é a reprodução mais simples do que se afirma.

Pessoas tem formas diferentes de captar informações, de aprender: pela audição, visão, escrevendo... Então, tudo contribui.

Ao invés de se perder em um possível raciocínio tentando recriar a ação na mente, você observa e testa, o que pode prender melhor à mente, e é mais prático por apps/software, que são reproduções do que aconteceria, do que providenciando e gravando tudo para análise.

Outra opção, também são as gravações das reações em queda livre.

Em resumo, creio que acrescentou ao conhecimento=

Em uma era onde a tecnologia molda quase todos os aspectos de nossas vidas, é imperativo que ela seja incorporada no campo da educação. O ensino de Física, por sua natureza abstrata e complexa, tem se beneficiado enormemente da

introdução de ferramentas tecnológicas inovadoras. Uma dessas ferramentas notáveis é o software Tracker, uma verdadeira revolução no ensino de Física (Araújo; Veit, 2004).

Cordeiro e Oliveira Rodrigues (2019), apontam que o Tracker transcende os métodos de ensino tradicionais, oferecendo uma experiência prática e interativa para os alunos. Ao permitir a análise precisa de movimentos complexos, como queda livre, ele transforma conceitos abstratos em visualizações tangíveis. Esta capacidade de transformar equações em representações visuais dinâmicas é fundamental para alunos que aprendem de maneiras diversas. O Tracker não apenas simplifica conceitos difíceis, mas também os torna emocionantes e acessíveis para todos os Estudantes.

Uma das maiores vantagens do software Tracker é sua capacidade de promover o pensamento crítico. Os alunos não apenas observam fenômenos físicos, mas também são encorajados a fazer perguntas, formular hipóteses e testar teorias. Isso não apenas aprimora suas habilidades de resolução de problemas, mas também os prepara para enfrentar os desafios científicos do mundo real (Bordin, 2020).

5.6.2 Discussão da atividade desenvolvida pelo grupo B

O grupo B abordou o simulador de queda livre. Apresentando o resultado da atividade desenvolvida pelo grupo.

Relato do grupo B:

<Queda livre

A queda livre é um movimento com aceleração constante, a gravidade. Sem interferências de forças externas, como a resistência do ar. A queda livre é um tipo de movimento uniforme variado.

Como a tecnologia pode nos ajudar no estudo da Física?

A tecnologia se faz presente cada vez mais em nosso cotidiano, principalmente nas escolas. Na sala de aula a tecnologia pode se apresentar como uma importante ferramenta para o professor como meio auxiliar na construção do conhecimento. Atualmente, o computador se apresenta como importante aliado, ao passo que é possível operar programas específicos para cada área do conhecimento ou até mesmo softwares para cada assunto de interesse.

Logo, essas tecnologias foram inseridas nos processos de ensino e de aprendizagem das crianças, jovens e adultos, afinal, o século que estamos, é o século da inovação.

A partir do uso desses softwares e tecnologias, podemos ter um maior conhecimento sobre o assunto. Temos exemplo, formas desconhecidas de se aprender um novo conteúdo, e como envolve tecnologia, que é algo do qual entendemos muito bem, se torna muito mais fácil o aprendizado=.

Um dos maiores trunfos dos simuladores é a sua capacidade de transformar conceitos abstratos em experiências tangíveis e visuais. Eles transcendem os limites do quadro negro, permitindo que os alunos explorem fenômenos físicos complexos de uma maneira que seria impossível na configuração tradicional da sala de aula. Isso não apenas torna o aprendizado mais acessível, mas também mais emocionante e envolvente para os alunos (Heckler; Saraiva; Oliveira Filho, 2007).

Carvalho et al. (2019), aponta que os simuladores proporcionam um ambiente seguro e controlado para a experimentação. Os alunos podem manipular variáveis, observar resultados instantâneos e compreender causalidades de uma forma que antes só poderiam ser realizadas em laboratórios caros e muitas vezes inacessíveis. Isso não apenas economiza recursos, mas também permite que os estudantes explorem livremente, cometam erros e aprendam com suas próprias descobertas, encorajando o pensamento independente e criativo.

5.6.3 Discussão da atividade desenvolvida pelo grupo C

A atividade desenvolvida pelo grupo C, eles realizaram a construção de um texto explicando a importância da atividade desenvolvida com Software Algodoo.

Relato do grupo C:

<Software algodoo

O uso da tecnologia para o estudo da queda livre

Para o nosso trabalho, utilizamos o software Algodoo, que é um simulador 2D que possui diversas áreas para o estudo de Física.

Mas o tema escolhido por nós foi a queda livre ou queda de corpos. O software opções para selecionar diferentes tipos de objetos, com massa e formas diferentes. Para o nosso estudo escolhido, podemos alinhar os objetos de diferentes massas em uma reta e dar a largada para saber qual objeto chegará primeiro na superfície, também temos a opção de escolher a gravidade, como a da terra que é 10m/s^2 , no qual nessa gravidade o objeto de maior massa cairá primeiro. Já na gravidade da lua que é aproximadamente $1,8\text{ m/s}^2$, os dois objetos de massas diferentes chegarão ao mesmo tempo, por interferência do ar da gravidade.

O software não possui explicações de como isso ocorre detalhadamente. Então é um software usado apenas para experimentos e não possui explicações teóricas. Ele é um software excelente para professores que

procuram um exemplo de queda livre em sala de aula, mas não para substituir a explicação de um professor, mas sim para complementá-la.=

O Algodoo, software inovador e cativante, representa um portal digital para o mundo da Física, transformando conceitos teóricos complexos em experiências práticas e interativas. Seu poder reside nas diversas potencialidades que oferece aos alunos, professores e entusiastas da Física, proporcionando uma jornada educacional envolvente e rica em aprendizado (Çoban, 2021).

Amsel e Tomlinson (2010), apontam que o Algodoo permite a criação de simulações físicas incrivelmente realistas. A partir da gravidade e das leis do movimento até fenômenos ópticos complexos, as simulações proporcionam um ambiente virtual onde os alunos podem experimentar e observar o comportamento real dos objetos, proporcionando uma compreensão prática e visual dos conceitos físicos fundamentais.

5.6.4 Discussão da atividade desenvolvida pelo grupo D

O grupo D demonstrou a importância do auxílio da calculadora de Física nas atividades de queda dos corpos para que os cálculos fossem realizados com exatidão.

Relato do grupo D:

<Calculadora de Física – um aplicativo que auxilia os alunos no aprendizado de Física básica de forma intuitiva e diferenciada. É possível converter unidades, e calcular aceleração, velocidade, e tempo e deslocamento. Você pode baixar na Play Store.

Pioneiros – Aristóteles e Galileu Galilei, esses foram os pioneiros da queda livre.

Depoimento do grupo

8Nós gostamos muito do aplicativo, ele é um aplicativo que vai nos ajudar tanto em queda livre quanto nas demais funções dele, isso vai facilitar nossos estudos9.

Agora um pouco mais sobre a história da queda livre.

Galileu: quando dois corpos são abandonados de uma força de resistência do ar, queda livre.

Aristóteles: afirmava que dois corpos com massas diferentes e soltos numa mesma altura, o corpo mais pesado chegaria mais rápido ao solo=.

A calculadora na Física, especialmente as calculadoras científicas avançadas, apresenta uma série de potencialidades que enriquecem significativamente o processo de aprendizado e resolução de problemas na disciplina. As calculadoras da Física podem lidar com cálculos complexos envolvendo números grandes, pequenos e operações complicadas, economizando

tempo e minimizando erros. Elas são particularmente úteis para realizar cálculos envolvendo constantes físicas, equações diferenciais, integrais e funções trigonométricas (Araújo; Veit, 2004).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa teve o objetivo geral de abordar os conceitos relacionados à queda livre dos corpos através da utilização de objetos virtuais de aprendizagem como material potencialmente significativo. Em específico, buscamos responder a seguinte questão: Os objetos virtuais de aprendizagem podem atuar como um material potencialmente significativo para abordar o conceito de queda livre dos corpos no ensino de Física? Após um processo de pesquisa qualitativa descritivo, foi coletado dados de uma turma do Ensino Médio, a fim de buscar subsídios a esta pergunta.

Nossos resultados nos permitem apontar que o uso dos objetos virtuais de aprendizagem, como o software Tracker, Algodoo, calculadora da Física e simuladores, oferece inúmeras vantagens para o processo educacional, promovendo indícios de aprendizagem significativa. Estas ferramentas proporcionam aos estudantes uma experiência prática e interativa, permitindo que eles explorem conceitos complexos de maneira visual e dinâmica.

Esses objetos virtuais oferecem um ambiente de aprendizado imersivo, onde os alunos podem experimentar, testar hipóteses e observar resultados em tempo real. Isso cria um engajamento ativo, aumentando a motivação dos alunos para explorar e compreender os princípios científicos e matemáticos envolvidos. Ao manipular variáveis, observar padrões e analisar dados, os estudantes desenvolvem habilidades de resolução de problemas e pensamento crítico, fundamentais para a aprendizagem significativa.

Além disso, essas ferramentas permitem a visualização de fenômenos abstratos e complexos, tornando conceitos difíceis mais tangíveis e compreensíveis. Os estudantes podem observar o comportamento de objetos em diferentes condições, facilitando a internalização do conhecimento e a construção de modelos mentais sólidos. A capacidade de ver as relações entre variáveis e entender como mudanças em um parâmetro afetam o resultado final auxilia na formação de uma compreensão profunda e duradoura dos conceitos.

Outro ponto relevante é a personalização do aprendizado proporcionada por esses objetos virtuais. Os estudantes podem explorar no seu próprio ritmo, repetir experimentos e testes quantas vezes desejarem, o que é fundamental para a consolidação do conhecimento. Além disso, essas ferramentas podem ser

adaptadas para atender às necessidades específicas dos alunos, oferecendo desafios adicionais para os mais avançados ou suporte adicional para os que precisam de ajuda extra.

Ao integrar essas ferramentas inovadoras no ambiente educacional, os educadores podem potencializar o desenvolvimento dos alunos, preparando-os para enfrentar os desafios do mundo real com um conhecimento sólido e uma compreensão substancial dos princípios fundamentais.

O uso dos objetos virtuais de aprendizagem desempenhou um papel crucial na melhoria do ensino do conceito de queda livre dos corpos. Através de ferramentas como o Tracker, Algodoo, calculadora da Física e simuladores, os estudantes exploraram e compreenderam esse fenômeno de maneira mais profunda e significativa do que nunca.

Ao simular a queda livre de corpos em um ambiente virtual, os alunos tiveram a oportunidade de observar o movimento de objetos em diferentes condições e sob a influência de variáveis específicas, como a gravidade ou a resistência do ar. Essas simulações proporcionaram uma representação visual e interativa do processo, permitindo que os estudantes experimentassem virtualmente diferentes cenários, ajustassem variáveis e observassem as consequências de suas mudanças em tempo real.

Essa abordagem interativa não apenas torna o aprendizado mais envolvente, mas também ajuda os alunos a desenvolverem uma compreensão mais profunda do conceito de queda livre. Eles puderam analisar gráficos, estudar dados e identificar padrões, promovendo uma compreensão significativa das relações entre tempo, velocidade e altura durante a queda livre. Além disso, a capacidade de repetir experimentos quantas vezes desejarem, sem limitações de tempo ou recursos físicos, permitiu que os alunos consolidassem seu conhecimento de forma autônoma.

O uso dessas ferramentas também ofereceu aos educadores a oportunidade de criar atividades educacionais mais dinâmicas e personalizadas. Eles puderam projetar cenários específicos de queda livre, desafiar os alunos com problemas complexos e incentivar a exploração independente. Isso não apenas ajudou os alunos a entenderem a teoria, mas também a aplicá-la em contextos do mundo real, estimulando o pensamento crítico e promovendo habilidades práticas essenciais.

Por fim, os objetos virtuais de aprendizagem desempenharam um papel fundamental no ensino do conceito de queda livre dos corpos. Ao proporcionar uma experiência de aprendizagem interativa, visual e personalizada, essas ferramentas capacitam os alunos a adquirirem uma compreensão sólida e significativa desse fenômeno físico complexo. Ao integrar essas tecnologias inovadoras no ambiente educacional, estamos transformando a maneira como os estudantes aprendem, preparando-os para enfrentar os desafios do mundo com conhecimento e confiança.

REFERÊNCIAS

AGEN, FEDERICO; EZQUERRA, ÁNGEL. Análisis de las emociones en el trabajo de indagación: «La Caja Negra». **Investigación en la Escuela**, n. 103, p. 125-138, 2021.

AMSEL, NADINE; TOMLINSON, BILL. Green Tracker: a tool for estimating the energy consumption of software. In: **CHI'10 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems**. 2010. p. 3337-3342.

ARAUJO, IVES SOLANO; VEIT, ELIANE ANGELA. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 3, 2004.

ARAÚJO, LEANDRO RIBEIRO. **Proposta didática diferenciada para o estudo de queda livre**. 2018. Tese de Doutorado. Dissertação (Mestrado)-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Fluminense.

ARRUDA, RODRIGO SINIGAGLIA. **BNCC e ensino de Física: a incógnita do ensino interdisciplinar**. 94f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado e licenciatura - Física) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Rio Claro, 2022.

AUSUBEL, DAVID PAUL. **A aprendizagem significativa**. São Paulo, 1982.

AUSUBEL, DAVID PAUL. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. New York: Kluwer Academic Publishers, 2002. 243 p. Tradução Lígia Teopisto.

AUSUBEL, DAVID PAUL. **Educational psychology: a cognitive view**. Holt, Rinehart and Winston: New York, 1968.

BARROS, BRUNO MELLO CORREA de; ROLDÃO, MATHEUS LIMA. A sociedade em rede e as doenças emergentes: uma proposta baseada na utilização excessiva das tecnologias digitais. **Rev Soc Human**, v. 30, n. 1, 2017.

BATISTA, M. C.; SCHIAVON, G. JR.; BATISTA, D. C. **Física Geral**. Ed.: Unicesumar, 2018. 247 p.

BONVENTI JR, WALDEMAR; ARANHA, NORBERTO. Estudo das oscilações amortecidas de um pêndulo físico com o auxílio do <Tracker=. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, p. 2504-1-2504-9, 2015.

BORDIN, GIULIO DOMENICO; BEZERRA JR, ARANDI GINANE. **Potencialidades de uso do software de videoanálise tracker em sala de aula no ensino de Física**. ACTIO: Docência em Ciências, v. 1, n. 1, 2020

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Nacionais Curriculares**, de 2 de novembro de 2017. Brasília-DF, 2017.

BRYAN, JOEL. Technology for physics instruction. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, v. 6, n. 2, p. 230-245, 2006.

CANALLE, JOÃO BATISTA GARCIA; OLIVEIRA, INEZ APARECIDA GONÇALVES. Demonstre em aula: a queda simultânea dos corpos-a ratoeira da queda livre. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 8, n. 2, p. 168-170, 1991.

CARDINOT, MARCOS; NAMEN, ANDERSON. Astronomia no Ensino de Física: Uma Abordagem com o Uso de Simulações de Chuvas de Meteoros em um Planetário Virtual. **Ciência & Desenvolvimento-Revista Eletrônica da FAINOR**, v. 10, n. 1, 2017.

CARUSO, FRANCISCO. A queda dos corpos e o aristotelismo: um estudo de caso do vestibular. **Física na Escola**, v. 9, n. 2, p. 7-9, 2008.

CARVALHO, A., TELES, A., VIANA, D., SILVA, F. J., COUTINHO, L., & TEIXEIRA, S. (2019). Objetos Digitais de Aprendizagem no Ensino de Física Básica: Um estudo de caso com simuladores virtuais em uma escola de ensino público estadual. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, 17(3), 263-272.

CAVASINNI, V., LACOPINI, E., POLACCO, E., & STEFANINI, G. (1986). O experimento de Galileu em corpos em queda livre usando técnicas ópticas modernas. **Physics Letters A**, 116 (4), 157-161.

CHAGAS, SIDNEY ASSIS. **Uma proposta para ensinar a aceleração da gravidade**: usando a interface hackeduca conecta. 2011. Dissertação (mestrado) – UFAM / IFAM / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Amazonas, 2011.

CHERMAN, ALEXANDRE. **Sobre os ombros de gigantes: uma história da Física**. Editora Schwarcz-Companhia das Letras, 2004.

ÇOBAN, ATAKAN. Algodoo for online education: impulse and momentum activities. **Physics Education**, v. 56, n. 2, p. 025017, 2021.

COELHO, PATRICIA MARGARIDA FARIAS. Os nativos digitais e as novas competências tecnológicas. **Texto Livre: Linguagem e Tecnologia**, Universidade Federal de Minas Gerais, vol. 5, núm. 2, julho-diciembre, 2012, pp. 88-95

CORDEIRO, ANTÔNIO LUCIANO; OLIVEIRA RODRIGUES, FRANCISCO LEANDRO. O software Tracker: uma ferramenta educacional para potencializar o ensino de Física. **Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, v. 20, n. 2, 2019.

CORDOVA, H.; TORT, A. C. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, p. e2308, 2016.

CORVELONI, E. P., GOMES, E. S., SAMPAIO, A. R., MENDES, A. F., COSTA, V. L. L., & VISCOVINI, R. C. (2009). Utilização de máquina fotográfica digital (multi-burst) para aulas experimentais de cinemática-queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 31, 3504-1.

DA CUNHA BOTELHO, OCTAVIO. GIORDANO BRUNO, el Profeta <Errante= del Universo Infinito.

OLIVEIRA, NADSON DANIEL de. Estudo sobre a força de arrasto em experimento de laboratório de ensino de Física. 2023.

DUIT, REINDERS. Teaching physics. In: **Handbook of Research on Science Education, Volume II**. Routledge, 2014. p. 448-470.

FILIPPINI, ARTHUR SCHELB. **Atividades investigativas no ensino de hidrostática**. 2017. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - MG, 2017.

FINKELSTEIN, N., ADAMS, W., KELLER, C., PERKINS, K., & WIEMAN, C. (2006). High-tech tools for teaching physics: The physics education technology project. **Merlot journal of online learning and teaching**, 2(3), 110-121.

FONSECA, M., MAIDANA, N. L., SEVERINO, E., BARROS, S., SENHORA, G., & VANIN, V. R. (2014). O laboratório virtual: Uma atividade baseada em experimentos para o ensino de mecânica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, 35, 4503.

FONTES, A. S.; CORCI, M. B.; SCHWERZ, R. C.; NEVES, M. C. D. A utilização das TDIC como ferramenta potencializadora no ensino de queda livre. *Ensino, Saúde e Ambiente, Paraná*, v. 12, n. 3, 2022.

FRANCO, XAIENY LUIZA DE SOUZA OLIVEIRA. **O uso de simuladores para uma aprendizagem significativa no ensino de Física**. 50f. Monografia (Graduação em Licenciatura em Física) - Universidade Federal do Tocantins, Araguaína, 2023.

FRASSON, ANTONIO CARLOS; JUNIOR, GUATAÇARA DOS SANTOS; PINHEIRO, NILÇÉIA APARECIDA MACIELI; LIMA, SIUMARA APARECIDA de. **Reflexões em Ensino de Ciências e Tecnologia (abrindo horizontes)**. Curitiba, UTFPR, 2016.

GERMANO, ELOÁ DEI TÓS. **O software algodoo como material potencialmente significativo para o ensino de Física: simulações e mudanças conceituais possíveis**. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) -Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016. Disponível em: http://ppgect.pg.utfpr.edu.br/site/?page_id=1839 . Acesso em: 19/09/2024.

GREGORCIC, BOR; BODIN, MADELEN. Algodoo: A tool for encouraging creativity in physics teaching and learning. **The Physics Teacher**, v. 55, n. 1, p. 25-28, 2017.

GUTIÉRREZ-ARAUJO, RAFAEL ENRIQUE; CASTILLO-BRACHO, LUIS ANDRÉS. 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.

HALLIDAY, DAVID; RESNICK, ROBERT; WALKER, JEARL. **Fundamentals of physics**. John Wiley & Sons, 2013.

HALLIDAY, DAVID; RESNICK, ROBERT. **HALLIDAY & RESNICK. Fundamentos de Física**, volume I 8ª. ed.: mecânica I. WALKER, Jearl. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. - Rio de Janeiro : LTC, 2012.

HECKLER, VALMIR; SARAIVA, MARIA DE FÁTIMA OLIVEIRA; OLIVEIRA FILHO, KEPLER DE SOUZA. Uso de simuladores, imagens e animações como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de óptica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p.267-273, 2007.

HELOU, R. D.; GUALTER J. B.; NEWTON, V. B. **Tópicos de Física 1**. Mecânica. Ed. Saraiva, 2009. p. 464.

HEWITT, PAUL G. **Física conceitual**. Bookman Editora, 2023.

JUNIOR, RENATO PONTONE; SAMPAIO, MATEUS MUSSE. Uso de simulações no ensino de Física. In: **IX Semana de Ciência & Tecnologia-CEFET-MG**. 2013.

LABURÚ, CARLOS EDUARDO. Seleção de experimentos de Física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores. **Investigações em Ensino de ciências**, v. 10, n. 2, p. 161-178, 2005. **Laguna**, v. 2, n. 3, p.1-27, abr. 2012.

LESCHE, BERNHARD. **Teoria da relatividade**. Editora Livraria da Física, 2005.

LUNAZZI, JOSÉ JOAQUÍN; DE PAULA, LEANDRO APARECIDO NOGUEIRA. Corpos no interior de um recipiente fechado e transparente em queda livre. **arXiv preprint arXiv:0809.1471**, 2008.

MALLETTE, MARLA; BARONE, DIANE. On using Google forms. **The Reading Teacher**, v. 66, n. 8, p. 625-630, 2013.

MEDEIROS, ALEXANDRE; MEDEIROS, CLEIDE FARIAS de. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, p. 77-86, 2002.

MENDES, LUIZ OTAVIO RODRIGUES. **A Gamificação como estratégia de ensino**: a percepção de professores de matemática. 2019. 188f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2019.

MIRANDA, ROBERTA MARTINS; VANIN, VITO ROBERTO; BECHARA, MARIA JOSÉ. Uso de simulações em disciplinas básicas de Mecânica em um curso de Licenciatura em Física. **EPEF, IX**, 2004.

MONTEIRO, MARCO AURÉLIO ALVARENGA. O uso de tecnologias móveis no ensino de Física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos. **PBPEC - Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n.1, 2016.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. Desafios no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200451, 2021.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista brasileira de ensino de Física. São Paulo. Vol. 22, n. 1 (mar. 2000), p. 94-99**, 2000.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. O que é afinal, aprendizagem significativa? **Curriculum** ,

MOREIRA, MARCO ANTONIO. **Teorias de Aprendizagem**. 2. ed. São Paulo: Editora

MOREIRA, MARCO ANTONIO. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, p. 73-80, 2018.

MOREIRA, MARCO ANTONIO; MASINI, ELCIE F. SALZANO. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

NARDI, ROBERTO. Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de Física. **Investigações em ensino de Ciências**, v. 10, n. 1, p. 63-101, 2005.

OLIVEIRA PEREIRA, DENIS RAFAEL; AGUIAR, ODERLI. Ensino de Física no nível médio: tópicos de Física moderna e experimentação. **Revista Ponto de Vista**, v. 3, n. 1, p. 65-81, 2006.

PENA, FÁBIO LUÍS ALVES; RIBEIRO FILHO, AURINO. Relação entre a pesquisa em ensino de Física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 424-438, 2008.

PEREIRA, MARCUS VINICIUS; DO AMARAL MOREIRA, MARIA CRISTINA. Atividades prático experimentais no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 34, n. 1, p. 265-277, 2017.

PSZYBYLSKI, R. F., OLIVEIRA, J. P., MOTTA, M. S., & KALINKE, M. A. (2018). Mapeamento dos aplicativos educacionais para o ensino de Física. **VI Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologia. Ponta Grossa: UTFPR– Universidade Tecnológica Federal do Paraná.**

RIBAS, ARILSON SARTORELLI. **Telefone celular como um recurso didático: possibilidades para mediar práticas do ensino de Física**. 112f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

ROSA, CLEICI WERNER; ROSA, A. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 1, 2005.

SALES, GILVANDENYS LeITE; MAIA, MARCILON CHAVES. **Física Básica I**. Ministério da Educação. Fortaleza: UAB/IFCE, 2011.

SANTAROSA, MARIA CECILIA PEREIRA; MOREIRA, MARCO ANTONIO. O Cálculo nas aulas de Física da UFRGS: um estudo exploratório. **Investigações em ensino de ciências. Porto Alegre. Vol. 16, n. 2 (ago. 2011), p. 317-351, 2011.**

SANTOS, ANTONIO VANDERLEY DOS; SANTOS, SELAN RODRIGUES DOS e FRAGA, LUCIANO MACHADO. Sistema de realidade virtual para simulação e visualização de cargas pontuais discretas e seu campo elétrico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 185-195. São Paulo: 2002.

DOS SANTOS, F. R. V., DE SOUSA BARROS, S., DE ALMEIDA LOPES, A. M., & ARAÚJO, R.S. (2003). InterAge: Um ambiente virtual construtivista para formação continuada de professores de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 3, p.372-390, 2003.

SANTOS, FLAVIA REZENDE VALLE; OSTERMANN, FERNANDA. A prática do professor e a pesquisa em ensino de Física: novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 3, p. 316-337, 2005.

SANTOS, M. A.; CALDAS, R. L. Aprendizagem Baseada em Problemas e Canvas de Projeto: ensino híbrido no estudo da eletricidade. In: **Congresso de Ensino Pesquisa e Extensão-CONPE**. 2021.

SANTOS, MARCO AURÉLIO DA SILVA. "O movimento de queda livre"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/Física/o-movimento-queda-livre.htm>. Acesso em 08 de março de 2023.

SANTOS, RENATO. O Second Life como plataforma para micromundos físicos para o ensino de Física. **RENOTE**, v. 9, n. 1, 2011.

SCHEID, NEUSA MARIA JOHN; SIQUEIRA, ATAIZ COLVERO DE; PERSICH, GRACIELI DALL OSTRO. Contribuições da ferramenta KAHOOT! Na compreensão dos conceitos da área de ciências da natureza. **Revista Tecné, Episteme y Didaxis**. Año 2018.

SCHROEDER, CARLOS. A importância da Física nas quatro primeiras séries do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 89-94, 2007.

SCHÜTT, KLEBER ROBERTO. **O diálogo entre a Física e a arte no renascimento**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/81/81131/tde-14012016-153852/>. Acesso em: 30 set. 2023.

SERRANO, AGOSTINHO; ENGEL, VIVIAN. Uso de simuladores no ensino de Física: um estudo da produção gestual de estudantes universitários. **RENOTE**, v. 10, n. 1, 2012.

SESTOKAS-FILHO, BRUNO; BONAFINI, FERNANDA C.; ANTUNES, GISELE S. A Incorporação das Calculadoras Gráficas nas Disciplinas Básicas dos Cursos de Física e Engenharia. In: **XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE)**. Rio de Janeiro. **Anais Eletrônicos**. Rio de Janeiro: Hotel Glória. 2000

SILVA MOTA, JANINE. Utilização do Google Forms na pesquisa acadêmica. **Humanidades & Inovação**, v. 6, n. 12, p. 371-373, 2019.

SILVA, IVANDERSON PEREIRA; MERCADO, LUIS PAULO LEOPOLDO. Experimentação em Física apoiada por objetos de aprendizagem. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 4, n. 2, p. 71-86, 2019.

SILVA, SAMIR LACERDA DA; JUNIOR, JUDISMAR TADEU GUAITOLINI; SILVA, RODRIGO LACERDA DA; JUNIOR, EMILSON RIBEIRO VIANA; LEAL, FÁBIO FAGUNDES. Uma alternativa para ensinar e aprender um processo e difusão simples usando Algodoo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol.33, nº2, 2016.

SILVEIRA JUNIOR, PEDRO BELCHIOR DA; ARNONI, MARIA ELIZA BREFERE. Física dos anos iniciais: estudo sobre a queda livre dos corpos através da metodologia da mediação dialética. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, 2013.

SILVEIRA, SÉRGIO; GIRARDI, MAURICIO. Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 39, p. e4502, 2017.

SOARES, ANTONIO AUGUSTO; MORAES, LETÍCIA ESTEVÃO; OLIVEIRA, FRANCIÉLE GONÇALVES. Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 915-933, 2015.

SOUZA, ROBSON PEQUENO DE; MOITA, FILOMENA MARIA DA SILVA CORDEIRO; CARVALHO, ANA BEATRIZ GOMES. (Organizadores). **Tecnologias digitais na educação**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.

VIDAL, LÚCIO ÂNGELO; CUNHA, CRISTIANO ROCHA. A reprovação nas disciplinas de Física da Engenharia causada pela ausência de bases Matemáticas nos Ensinos Fundamental e Médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 1, p. 510-521, 2019.

VIENNOT, LAURENCE. **Teaching physics**. Springer Science & Business Media, 2003.

YAMAMOTO, ISSAO; BARBETA, VAGNER BERNAL. Simulações de experiências como ferramenta de demonstração virtual em aulas de teoria de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, p. 215-225, 2001.

APÊNDICES

Apêndice A – Produto educacional



PROPOSTAS DE ATIVIDADES PRÁTICAS SOBRE QUEDA LIVRE COM O USO DE OBJETOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM

Autor: Ayslan Porfírio do Santos



AYSLAN PORFIRIO DOS SANTOS

**O USO DE OBJETOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM PARA O ESTUDO DE
QUEDA LIVRE**

The use of virtual learning objects to study free fall

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física - Polo 32, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientador(a): Profa. Dra. Adriana da Silva Fontes

Coorientador(a): Prof. Dr. Oscar Rodrigues dos Santos

CAMPO MOURÃO

2024



4.0 Internacional

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Campo Mourão**

AYSLAN PORFIRIO DOS SANTOS

O USO DE OBJETOS VIRTUAIS DE APRENDIZAGEM PARA O ESTUDO DE QUEDA LIVRE

Trabalho de pesquisa de mestrado apresentado como requisito para obtenção do título de Mestre Em Ensino De Física da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Área de concentração: Física Na Educação Básica.

Data de aprovação: 13 de Dezembro de 2024

Dra. Adriana Da Silva Fontes, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Cesar Vanderlei Deimling, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Luciano Gonsalves Costa, Doutorado - Universidade Estadual de Maringá (Uem)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 16/12/2024.

APRESENTAÇÃO

Neste estudo foi relatado que o uso de simuladores como tecnologias digitais no ensino de Física representa uma abordagem inovadora, sendo bastante discutida na última década. A prática e interativa não apenas torna os conceitos físicos mais tangíveis, mas também incentiva a curiosidade, o pensamento crítico e a resolução de problemas, preparando os alunos para enfrentar desafios científicos e tecnológicos do mundo real.

À vista disso, esta proposta tem o objetivo de apresentar um processo de ensino-aprendizagem de Física para os conceitos de queda livre dos corpos com auxílio dos objetos virtuais de aprendizagem. Esta proposta visa auxiliar professores que procurem sobre como ensinar este conteúdo.

A proposta de ensino de Física utilizando objetos virtuais, como o Tracker, Algodoo, calculadora da Física e simuladores, revela-se uma abordagem inovadora e eficaz para a compreensão do fenômeno da queda livre dos corpos. A integração dessas ferramentas tecnológicas proporciona aos estudantes uma experiência de aprendizado mais dinâmica e interativa, aproximando-os de situações práticas e do método científico.

Assim, a proposta de ensino de Física com objetos virtuais para o estudo da queda livre dos corpos emerge como uma estratégia promissora para promover a aprendizagem significativa e despertar o interesse dos alunos pela ciência.

AGRADECIMENTO

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço aos meus orientadores Profa. Dra. Adriana da Silva Fontes e Prof. Dr. Oscar Rodrigues dos Santos pela sabedoria com que me guiaram nesta trajetória, bem como a Profa. Dra. Roseli Constantino Schwerz.

Aos meus colegas de sala.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, a minha esposa Andréia que sempre esteve ao meu lado me apoiando nos momentos de estudos, aos meus filhos, Laysa e Bruno que entenderam a importância da dedicação para os estudos e dos momentos de ausência que tive pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Por fim, o agradecimento mais importante: agradeço a Deus a Nossa Senhora, Santa Rita de Cássia por estarem sempre comigo, me guiando, iluminando cada passo meu e me abençoando. Obrigado por me darem a fé e a força necessária para lutar e enfrentar todos os obstáculos, sem nunca desistir.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Corpos em queda livre sob a influência da resistência do ar	26
Figura 2. Utilização do Tracker para trabalhar a queda livre dos corpos.....	29
Figura 3. Calculadora da física.....	32
Figura 4. Simulador de queda livre dos corpos	34

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Ficha técnica da proposta didática.....	19
Quadro 2. Estrutura da Sequência Didática.....	21
Quadro 3. O movimento de queda livre.....	22
Quadro 4. Passos das atividades no simulador Algodoo.....	25
Quadro 5. Ficha das emoções sentidas durante a realização das atividades no Algodoo e em sala de aula.....	35

SUMARIO

1	INTRODUÇÃO.....	8
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	10
2.1	A Física nas Disciplinas Científicas.....	10
2.2	O Movimento de Queda Livre.....	10
2.3	Os Objetos Virtuais de Aprendizagem para o Ensino de Física.....	13
2.4	O Software Algodoo.....	15
2.5	Simuladores.....	17
2.6	Calculadora da Física	18
2.7	Tracker.....	18
3	PROPOSTA DE ENSINO PARA O PROFESSOR.....	19
3.1	Estrutura da Proposta Didática.....	22
3.1.1	Processo de realização da Proposta.....	22
3.1.1.1	Utilização do Software Algodoo.....	26
3.1.1.2	Utilização do Tracker.....	29
3.1.1.3	Utilização da Calculadora da Física.....	30
3.1.1.4	Utilização de Simuladores.....	34
3.1.2	Processo de Avaliação.....	35
	CONSIDERAÇÕES FINAL.....	38
	REFERÊNCIAL.....	39

1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física desempenha um papel importante na formação educacional de indivíduos e na compreensão do mundo que nos cerca (Moreira, 2018). Esta disciplina, atualmente, abordada desde o 1º ano do Ensino Médio, desafia a mente humana desde os tempos de Galileu Galilei e Isaac Newton e continua a intrigar e inspirar gerações de estudantes em todo o mundo (Rosa; Rosa, 2005).

Desta forma, Moreira (2000), já destaca que buscar aprimorar este ensino para promover um entendimento mais profundo dos fenômenos naturais e estimular o pensamento crítico, pode possibilitar um avanço na educação e na formação dos estudantes.

Neste sentido, o uso das Tecnologias Digitais como objetos virtuais de aprendizagem, podem oferecer uma variedade de recursos que podem enriquecer o ensino de Física (Araújo; Veit, 2004). Medeiros e Medeiros (2002), destacam que uma das ferramentas mais impactantes é o uso de simulações computacionais.

Por meio delas, os alunos podem explorar virtualmente fenômenos físicos complexos, como movimento de partículas, ondas eletromagnéticas, interações gravitacionais e, em específico, no estudo da queda livre (queda dos corpos) (Cordova; Tort, 2016). Cardinot e Namen (2017), afirmam que essas simulações permitem que os estudantes experimentem situações que, de outra forma, seriam inacessíveis, proporcionando uma compreensão mais profunda dos princípios físicos subjacentes.

Outra aplicação importante das tecnologias digitais é a criação de ambientes virtuais de aprendizado. Araújo e Veit (2004), apontam que plataformas de ensino online, fóruns de discussão e vídeos interativos podem proporcionar um espaço de aprendizado flexível e colaborativo, onde os estudantes podem acessar recursos didáticos, compartilhar conhecimentos e discutir conceitos com colegas e professores em qualquer lugar do mundo.

Para Junior e Sampaio (2013), o uso de simuladores como tecnologias digitais no ensino de Física representa uma abordagem inovadora, sendo bastante discutida na última década. Essas ferramentas proporcionam aos alunos a oportunidade de experimentar virtualmente fenômenos físicos complexos, muitas

vezes inacessíveis em um ambiente de sala de aula tradicional (Miranda; Vanin; Bechara, 2004).

Por meio dos simuladores, os estudantes podem explorar o comportamento de partículas subatômicas, analisar o movimento de objetos em diferentes condições ou até mesmo simular experimentos científicos icônicos. Junior e Sampaio (2013, p. 1), afirmam que <a utilização de simuladores permite o estudo de situações que, na prática, seriam difíceis ou até mesmo inviáveis de serem realizadas, permitindo, desta forma, uma melhor compreensão dos fenômenos=. Essa experiência prática e interativa não apenas torna os conceitos físicos mais tangíveis, mas também incentiva a curiosidade, o pensamento crítico e a resolução de problemas, preparando os alunos para enfrentar desafios científicos e tecnológicos do mundo real.

À vista disso, esta proposta tem o objetivo de apresentar um processo de ensino-aprendizagem de Física para os conceitos de queda livre dos corpos com auxílio dos objetos virtuais de aprendizagem. Esta proposta visa auxiliar professores que procurem sobre como ensinar este conteúdo.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 A Física nas Disciplinas Científicas

Cabe ressaltar que a Física é a base de muitas outras disciplinas científicas e tecnológicas. Ela fornece as leis fundamentais que governam o comportamento da matéria e da energia no universo (Moreira, 2000). Portanto, segundo Moreira (2018), uma compreensão sólida dos princípios físicos é crucial para avançar em áreas como engenharia, química, biologia e até mesmo nas ciências sociais, onde os conceitos físicos podem explicar fenômenos complexos, como mudanças climáticas e energia sustentável.

No entanto, o ensino de Física acaba por ser desafiador para muitos estudantes, principalmente devido à sua natureza abstrata e à necessidade de uma profunda capacidade de raciocínio lógico e matemático (Moreira, 2021). Medeiros e Medeiros (2002, p. 78), afirma que <uma das razões para essa situação é que a Física lida com vários conceitos, alguns dos quais caracterizados por uma alta dose de abstração, fazendo com que a Matemática seja uma ferramenta essencial no desenvolvimento da Física=. Para superar esses desafios, é importante adotar abordagens pedagógicas que tornem o aprendizado da Física mais acessível e envolvente.

2.2 O Movimento de Queda Livre

A ideia de queda livre dos corpos não é atual, pois foi sendo discutida e ampliado seu conceito durante os séculos. Na Grécia Antiga, filósofos como Aristóteles (384-322 A. C.) estudaram o movimento dos corpos. Aristóteles acreditava que a velocidade de queda de um objeto era diretamente proporcional ao seu peso - uma ideia que prevaleceu por séculos, apesar de não ser correta. Seu modelo de Física natural prevaleceu por cerca de dois mil anos.

Durante a Idade Média, estudiosos islâmicos como Alhazen (965-1040 D. C.) e outros no mundo islâmico começaram a desafiar as ideias aristotélicas. Alhazen, em particular, foi um dos primeiros a realizar experimentos sistemáticos sobre a óptica, que também incluíam o estudo da queda livre (Cavasinni *et al.*, 1986).

O Renascimento trouxe uma revolução no pensamento científico. No início do século XVII, Galileu Galilei (1564-1642) começou a realizar experimentos para entender o movimento dos corpos. Ele subiu as torres e lançou objetos de várias alturas para estudar seu movimento. Suas observações contradizem diretamente as ideias aristotélicas, mostrando que todos os objetos, independentemente do peso, caem a uma taxa constante. Por meio de experimentos, Galileu concluiu que se um corpo pesado e um corpo leve forem abandonados juntos de uma mesma altura, eles cairão juntos, chegando ao mesmo tempo no chão (Chagas, 2021).

O trabalho de Galileu sobre a queda livre foi fundamental para as leis do movimento que Isaac Newton (1643-1727) desenvolveu. Newton formulou suas leis do movimento, incluindo a famosa Lei da Gravitação Universal, que descreve a atração entre dois objetos massivos e a razão pela qual os objetos caem na Terra. Newton chegou à conclusão de que não só a Terra atrai as maçãs e a Lua, mas atrai todos os demais corpos numa tendência mútua chamada de gravitação.

Lesche (2005) explica que no início do século XX, Albert Einstein (1879-1955) reformulou a Física com sua Teoria da Relatividade. Embora a Teoria da Relatividade não tenha impactado diretamente a queda livre em escalas humanas, ela influenciou nossa compreensão geral do espaço, tempo e gravidade.

A exploração espacial trouxe novos desafios ao entendimento da queda livre em ambientes de microgravidade. Astronautas e cientistas estudam o comportamento de objetos em queda livre na Estação Espacial Internacional e outras missões espaciais para entender melhor os efeitos da falta de gravidade nos objetos (Caruso, 2008).

Ao longo dos séculos, a compreensão da queda livre dos corpos passou por uma jornada fascinante, do pensamento filosófico à observação empírica e à formulação rigorosa das leis do movimento. Essa história é uma testemunha da constante evolução do conhecimento humano sobre o mundo natural. Atualmente, quando se fala em queda livre, Silveira Junior e Arnoni (2013), apontam que logo se imagina um corpo solto em repouso caindo em direção ao solo e, sua característica principal presente é a aceleração da gravidade influenciada por um campo gravitacional, ligado às descobertas de Newton.

Esse movimento de queda que ocorre sem a interferência da resistência do ar é chamado de queda livre e, nele não pode existir resistência do ar, ou o seu valor deve ser tão baixo que possa ser desprezado. Assim, quando um corpo se encontra

em queda livre na proximidade da superfície terrestre, a força gravitacional que nele atua é praticamente constante fazendo com que a velocidade do corpo aumente sempre numa mesma proporção, ou, dizendo de maneira mais exata, a aceleração sofrida pelo corpo é sempre constante. Isso faz com que qualquer corpo em queda livre, mesmo com massas diferentes, caindo de uma mesma altura, chegam juntos ao chão (Chagas, 2021).

Desta forma, é importante compreender o que é o movimento de queda livre dos corpos, conforme ele é trabalhado no 1º ano do Ensino Médio. Sales e Maia (2011, p. 37), apontam que a definição de queda livre <[...] consiste no movimento dos corpos que caem próximos à superfície da Terra e, nesse movimento, a velocidade inicial do corpo é nula=. Em um segundo caso, os autores apontam que pode ocorrer o movimento vertical que tem a velocidade inicial diferente de zero.

Em ambos os casos, a aceleração da gravidade é simbolizada pela letra g . O valor de g varia com a distância entre o objeto e o solo também varia ligeiramente com a posição no planeta, mas geralmente é aceito um valor fixo de $g = 9,8 \text{ m/s}^2$.

Na queda livre, assumindo que o corpo é abandonado a certa altura, ou seja, encontra-se inicialmente em repouso, as equações a serem utilizadas a da velocidade do corpo na queda livre. Destacamos que a posição inicial e a velocidade inicial são nulas:

$$v = g \cdot t \quad (1)$$

Sendo as variáveis:

v - velocidade de queda (m/s)

g - Aceleração da gravidade (m/s²)

t - tempo (s)

Esta equação é usada para determinar a velocidade em que um corpo se move durante o movimento de queda livre, bastando multiplicar o tempo de queda, medido em segundos, com o módulo da aceleração da gravidade.

Outra equação utilizada neste conteúdo é a equação da altura na queda livre em que relaciona à altura de queda com o intervalo de tempo:

$$H = \frac{gt^2}{2} \quad (2)$$

Sendo considerado:

H - Altura (m)

Por meio desta equação é possível determinar tanto a altura quanto o tempo de queda de um corpo em queda livre. Já a Equação de Torricelli pode ser utilizada para relacionar a velocidade de queda com a altura:

$$v^2 = 2 \cdot g \cdot H \quad (3)$$

Essas equações e princípios teóricos descrevem o movimento de queda livre dos corpos sob a influência exclusiva da gravidade. Elas são fundamentais para entender o comportamento dos objetos em queda e são amplamente aplicadas em diversas áreas da Física e Engenharia.

2.3 Os Objetos Virtuais de Aprendizagem para o Ensino de Física

Vivemos uma era digital, na qual a tecnologia está presente em diversos campos de nosso cotidiano. No entanto, frequentemente o processo de ensino e aprendizagem se apoia integralmente no modelo de ensino tradicional de muitas décadas passadas. Como forma de contornar esta desconexão entre a escola e o mundo em que os alunos vivem, é necessário que haja reflexões e ações sobre como desenvolver o ensino e a utilização das possibilidades de recursos disponíveis para este propósito. Assim, Souza, Moita, Carvalho (2011, p. 20):

É de se esperar que a escola, tenha que se reinventar se desejar sobreviver como instituição educacional. É essencial que o professor se aproprie da gama de saberes advindos com a presença das tecnologias digitais da informação e da comunicação para que estes possam ser sistematizados em sua prática pedagógica.

A procura de novas tecnologias susceptíveis de atrair os nossos alunos também dentro dos parâmetros do programa nacional, que defende a cultura científica, que pode ocorrer através de Brasil (2017, p. 136):

[...] novas e diferentes formas de expressão do saber da Física, desde a escrita, com elaboração de textos ou jornais, ao uso de esquemas, fotos, recortes ou vídeos, até a linguagem corporal e artística. Também deve ser estimulado o uso adequado dos meios tecnológicos, como máquinas de celular, ou das diversas ferramentas propícias pelos microcomputadores.

E para minimizar essas dificuldades, torna-se importante o uso de ferramentas tecnológicas e digitais já que a mesma tem atingido diferentes contextos sociais, especialmente escolares. A última geração de alunos, potencialmente imersa na era digital, impõe novos desafios para as escolas, como métodos de ensino e preparação de professores. No entanto, a realização de práticas experimentais através de simuladores e uso de computadores para o desenvolvimento das aulas de Física, tem melhorado muito o conhecimento científico de nossos alunos, já que os mesmos buscam a participação devido a estarem em um mundo virtual.

Para melhorar o conhecimento dos nossos educandos sobre o conteúdo de Física de queda livre, este trabalho tem por objetivo apresentar a aplicação de uma sequência didática em sala de aula utilizando o Software Algodoo. Acredita-se que através destas práticas e com auxílio deste Software poderemos potencializar o aprendizado e conceitos nesta área da Física.

A nova realidade vivida pela sociedade digital, imersa em tecnologia e conceitos de ciência, vem trazendo para as salas de aulas os alunos da geração digital, que segundo Coelho (2012), apresenta <distintas competências tecnológicas= e <intimidade com os meios digitais=.

Apesar do grande interesse e da familiaridade com as diversas tecnologias disponíveis, esses alunos muitas vezes relatam não gostar de disciplinas relacionadas às ciências e mais especificamente de Física. Dentre as inúmeras estratégias de ensino que buscam promover o encontro entre o fascínio dos estudantes pela tecnologia digital e o interesse pelos diversos conceitos científicos, pode-se lançar mão das tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

O uso das TDIC contribui na construção do conhecimento do aluno, uma vez que se aproxima da realidade desses estudantes e ao mesmo tempo propicia que as habilidades previamente trazidas por eles sejam aproveitadas em sala de aula,

promovendo um diálogo entre os conhecimentos prévios trazidos pelos estudantes (referente à utilização da tecnologia) e os saberes científicos apresentados pela prática proposta (Scheid; Siqueira; Persich, 2018).

Segundo Monteiro (2016), a utilização de tecnologias móveis contribui para o aumento da sensibilização e envolvimento dos alunos durante as aulas e a consequente melhoria na aprendizagem dos conceitos científicos lecionados.

Para Santos, Santos, Fraga (2002, p. 186 e 187), é preciso considerar que:

Com o avanço tecnológico computacional, os usos de métodos de aprendizado tradicionais tornam-se ineficientes e inadequados. A demanda por uma solução moderna e eficaz leva-nos ao conceito de software educacional. O desenvolvimento de um sistema que crie um ambiente no qual o usuário seja capaz de modelar, visualizar e interagir com a simulação proposta baseada em experimentos da Física, poderia ser considerado como uma solução para suprir esta demanda. Tal sistema seria uma ferramenta complementar para o estudo da Física, desde que através dele seja possível a realização de experimentos <virtuais> com a finalidade de esclarecer e reforçar o conhecimento teórico da Física.

Através dos conceitos científicos que aqui estão sendo abordados, o docente poderá promover entre os discentes a interação e debates entre os mesmos visando a criatividade e desenvolvimento de tarefas, além de mostrar as TDICs em sala de aula, com isto possibilitando um aprendizado moderno e atrativo aos alunos.

Algumas ferramentas tecnológicas frequentemente utilizadas no ensino são o *Kahoot*, *Jamboard* e *Tracker*. O *Kahoot* é uma aplicação/plataforma disponível na internet, que permite a criação de atividades pedagógicas e gamificadas para estimular exercícios de múltipla escolha, comandos, perguntas e questionários durante as aulas.

Jamboard é um aplicativo que simula um quadro branco em versão digital onde o professor pode, entre várias possibilidades, escrever, desenhar, incluir notas, resultados de pesquisas, abrir apresentações e permitir a interação dos alunos. Por sua vez, o *Tracker*, é um software para análise de vídeo, disponibilizando dados sobre o movimento, como posição e velocidade.

2.4 O Software Algodoo

Outro recurso didático muito utilizado na Física é o Algodoo, um software livre para simulação. Nele é possível utilizar as ferramentas com o objetivo de

simular um número indefinido de realidades, as quais seriam impossíveis de realizar em laboratório, pois muitas variáveis do mesmo corpo podem ser alteradas para gerar uma natureza específica, onde inumeráveis teorias podem deleitar-se com esta possibilidade. A simulação realizada neste software é interativa, incluindo integradores mecânicos variacionais e métodos numéricos poderosos.

Segundo Silva, Júnior *et al.*, (2016, p. 179):

O software Algodoo da algoryx simulation é gratuito para 2d, que possui um ambiente interativo, onde é permitido criar cenários de experiências virtuais como animes, mas tendo em troca as equações e as propriedades Físicas implementadas para as simulações.

Para o desenvolvimento de atividades experimentais em Física, muitos docentes utilizam-se de *softwares* para auxiliá-los. Com este software educacional, você pode criar várias simulações usando ferramentas de desenho simples como correntes, cordas, aviões, caixas, polígonos, pincéis, círculos, engrenagens, fluidos, molas, dobradiças, motores, propulsores, raios de luz, plotters e lentes. Algodoo também permite explorar diferentes parâmetros como gravidade, atrito, restituição, refração, atração, etc. Além de ser uma ferramenta que cobre as diferentes Físicas, também é fácil de manusear.

Segundo Frasson, Junior e Pinheiro (2016), para que o professor perceba usando o Algodoo, não há necessidade de programação específica, esta ferramenta torna-se fácil de usar, permitindo que o aluno tenha uma rápida adaptação. Mas leva tempo para explorar a ferramenta e gastar na compreensão da interação.

O Algodoo possui uma interface atrativa, é a ferramenta recomendada para os estudantes de todas as idades, permitindo que os alunos utilizem a ferramenta na escola ou em casa, utilizando diferentes objetos para testar hipóteses estabelecidas pelo professor. Não necessitando de conhecimentos específicos de programação, o Algodoo é uma ferramenta de fácil utilização, permitindo ao aluno a adaptação.

Segundo Filippini (2017), colocar as atividades de laboratório como problemas pode permitir que o aluno tente resolvê-los para encontrar possíveis soluções e isso o aproximará um pouco mais da prática científica, pode desenvolver hipóteses, testá-las e, finalmente, encontrar um modelo explicativo do fenômeno observado.

2.5 Simuladores

Os simuladores oferecem uma oportunidade única para os alunos explorarem conceitos teóricos em um ambiente virtual, criando uma ponte entre a sala de aula e o mundo real. No ensino de Física, essa ferramenta se mostra particularmente valiosa, proporcionando uma compreensão mais profunda dos princípios científicos de uma maneira interativa e envolvente (Gutierrez-Araújo; Castillo-Bracho, 2020).

Serrano e Engel (2012), apontam que a Física muitas vezes lida com conceitos abstratos que podem ser difíceis de visualizar. Assim, para os autores, simuladores permitem que os alunos observem fenômenos físicos complexos, como movimento de partículas, ondas eletromagnéticas ou colisões, em tempo real. Isso cria uma compreensão mais tangível, pois os estudantes podem ver e interagir com os resultados de suas ações.

Laboratórios físicos tradicionais podem ter limitações de recursos e tempo. Simuladores permitem que os alunos realizem experimentos complexos e repetitivos sem quaisquer restrições. Isso encoraja a experimentação e a tentativa de diferentes cenários, promovendo uma abordagem prática e hands-on para a aprendizagem (Soares; Moraes; Oliveira, 2015).

Para Gutierrez-Araújo e Castillo-Bracho (2020), cada aluno tem seu próprio ritmo de aprendizado. Alguns podem precisar de mais tempo para absorver conceitos específicos. Simuladores oferecem a flexibilidade necessária, permitindo que os alunos avancem no material apenas quando se sentem confortáveis. Além disso, os estudantes podem revisar simulações para consolidar seu entendimento, criando um ambiente de aprendizado personalizado.

Serrano e Engel (2012), afirmam que a Física não existe isoladamente; está interligada com várias outras disciplinas. Simuladores podem integrar conceitos de matemática, química, biologia e engenharia, criando um ambiente de aprendizado interdisciplinar. Isso proporciona aos alunos uma visão holística da ciência, mostrando como os princípios físicos se aplicam em várias áreas do conhecimento.

2.6 Calculadora da Física

As calculadoras de Física online oferecem simplicidade e acessibilidade. Elas estão disponíveis em diferentes sites e são frequentemente gratuitas para usar. Os estudantes podem acessá-las de qualquer dispositivo com conexão à internet, tornando-as uma opção prática para resolver problemas de Física em qualquer lugar.

Os problemas de Física muitas vezes envolvem cálculos intrincados e fórmulas complexas. As calculadoras online são projetadas para resolver esses problemas de maneira eficiente e precisa. Elas podem ajudar os estudantes a verificar seus próprios trabalhos, garantindo que estão no caminho certo ao resolver problemas difíceis (Sestoka-Filho; Bonafini; Antunes, 2003).

Santarosa e Moreira (2011), apontam que a Física envolve frequentemente a conversão de unidades, o que pode ser uma tarefa desafiadora para muitos estudantes. As calculadoras de Física online facilitam a conversão entre diferentes unidades de medida, ajudando os estudantes a evitar erros comuns e garantindo que suas respostas estejam na unidade correta.

Muitas calculadoras de Física online são interativas e oferecem gráficos visuais para representar dados. Isso não apenas ajuda os estudantes a visualizar conceitos abstratos, mas também os incentiva a explorar as relações entre diferentes variáveis, promovendo uma compreensão mais profunda dos princípios físicos.

2.7 Tracker

Bordin (2020), aponta que o Tracker permite que os alunos importem vídeos de fenômenos do mundo real, como lançamento de projéteis, movimento de objetos e colisões, e analisem esses vídeos quadro a quadro. Isso proporciona uma visão detalhada do comportamento dos objetos em movimento, permitindo que os alunos observem e analisem fenômenos físicos com precisão.

Ao usar o Tracker, os alunos podem aplicar conceitos teóricos aprendidos em sala de aula a situações reais. Eles podem medir distâncias, velocidades, acelerações e ângulos diretamente dos vídeos, proporcionando uma experiência prática que reforça a compreensão dos princípios fundamentais da Física.

O Tracker permite que os alunos realizem experimentos virtuais, ajustando variáveis como ângulo de lançamento, velocidade inicial ou massa do objeto, e observem instantaneamente como essas mudanças afetam o movimento. Isso encoraja a experimentação e a exploração, permitindo que os alunos testem hipóteses e compreendam melhor as relações causa-efeito em diversos cenários.

A natureza prática e interativa do Tracker torna o aprendizado de Física mais envolvente. Os alunos não apenas observam os vídeos, mas também participam ativamente da análise e interpretação dos dados. Isso promove um envolvimento mais profundo e duradouro com os conceitos físicos, estimulando a curiosidade e o interesse pela disciplina (Cordeiro; Oliveira Rodrigues, 2019).

3 PROPOSTA DE ENSINO PARA O PROFESSOR

O ensino de fenômenos físicos, como a queda livre dos corpos, está passando por uma transformação significativa com a introdução de objetos virtuais de aprendizagem. Esta abordagem inovadora não apenas revitaliza o processo de ensino, mas também aprimora a compreensão dos estudantes ao permitir uma exploração interativa e imersiva do mundo físico.

A queda livre, um fenômeno fundamental na Física, é frequentemente abordada de maneira teórica e com cálculos matemáticos. No entanto, a introdução de objetos virtuais de ensino traz uma dimensão prática e visual para a sala de aula, oferecendo uma experiência mais dinâmica e envolvente para os estudantes.

Uma das principais vantagens do uso de objetos virtuais é a capacidade de visualizar e interagir com conceitos complexos. Por meio de simulações em 3D, os estudantes podem observar a trajetória de um corpo em queda livre, experimentar diferentes condições e ajustar variáveis para compreender melhor as influências gravitacionais. Essa abordagem não apenas torna a aprendizagem mais acessível, mas também promove a habilidade de elaborar explicações e previsões com base na análise das interações gravitacionais (EM13CNT204).

Além disso, o ambiente virtual permite a realização de experimentos simulados, oferecendo aos alunos a oportunidade de formular hipóteses, realizar estimativas e coletar dados de maneira prática e segura. Essa prática alinha-se com a habilidade de construir questões, hipóteses e previsões, bem como empregar instrumentos de medição (EM13CNT301). Os estudantes podem explorar diferentes

cenários de queda livre, testar suas hipóteses e analisar os resultados, tudo dentro do ambiente virtual.

A análise de dados e cálculos associados à queda livre dos corpos também é facilitada por meio desses objetos virtuais. Os estudantes podem aplicar fórmulas matemáticas diretamente nos dados coletados nas simulações, promovendo uma compreensão mais profunda dos conceitos e desenvolvendo habilidades de cálculo (EM13CNT204).

Quadro 1. Ficha técnica da proposta didática.

Ficha técnica: Proposta de ensino do conceito de queda livre dos corpos com auxílio de objetos virtuais de aprendizagem	
Forma da atividade	Presencial
Público alvo	Alunos do 1º ano do Ensino Médio
Objetivo Geral	Produzir um material didático sobre queda livre dos corpos para o 1º ano do Ensino Médio
Conteúdos prévios	Compreensões sobre a gravidade, atrito, velocidade e tempo.
Inserções na BNCC	Área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (EM13CNT204) (EM13CNT301) (EM13CNT302)
Avaliação	Elaboração de Material utilizando os objetos virtuais de aprendizagem para explicar o conceito de queda livre dos corpos

Fonte: Autor da pesquisa (2024).

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular, esta proposta abrange as seguintes habilidades:

(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como softwares de simulação e de realidade virtual, entre outros).

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

(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.

A queda livre dos corpos é um fenômeno fundamental na Física, regido pelas leis da gravidade. Este processo é profundamente estudado e compreendido

com base em habilidades específicas relacionadas ao Ensino Médio, conforme estabelecido na Base Nacional Comum Curricular (Bncc).

Elaboração de explicações, previsões e cálculos (EM13CNT204): na análise da queda livre dos corpos na Terra, no Sistema Solar e no Universo, é essencial compreender as interações gravitacionais. A habilidade requer a capacidade de elaborar explicações detalhadas sobre como a gravidade influencia os movimentos dos objetos. Além disso, prever e calcular o comportamento desses corpos em queda é crucial. O uso de dispositivos e aplicativos digitais, como softwares de simulação, permite a visualização e a análise mais precisa desses fenômenos, enriquecendo a compreensão do estudante.

Construção de questões, hipóteses e representação de modelos (EM13CNT301): ao abordar a queda livre dos corpos, é imperativo formular questões pertinentes, desenvolver hipóteses fundamentadas e realizar estimativas realistas. O uso de instrumentos de medição se torna essencial para coletar dados precisos durante experimentos relacionados à queda livre. A representação e interpretação de modelos explicativos, dados e resultados experimentais são habilidades-chave para a construção, avaliação e justificação de conclusões científicas.

Comunicação de resultados em diversos contextos (EM13CNT302): comunicar os resultados das análises, pesquisas e experimentos sobre a queda livre dos corpos é crucial para compartilhar conhecimentos científicos. Esta habilidade envolve a elaboração e interpretação de textos, gráficos, tabelas, símbolos e equações. A utilização de diferentes linguagens, mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC) permite que os estudantes apresentem seus achados de maneira eficaz e participem em debates sobre temas científicos e tecnológicos relevantes para a sociedade, cultura e meio ambiente.

Ao desenvolver estas habilidades, os estudantes não apenas aprofundam sua compreensão sobre a queda livre dos corpos, mas também se capacitam para aplicar o método científico em diversas situações, contribuindo para uma formação integral e crítica.

3.1 Estrutura da Proposta Didática

A sequência didática consiste em 10 (dez) horas/aulas a serem realizadas em 4 (quatro) momentos, conforme a apresentação do Quadro 2.

Quadro 2. Estrutura da Sequência Didática.

Etapas	CH	Ações
1º momento	2 h/a	Levantamento prévio dos conhecimentos dos alunos sobre o tema de forma exploratória por meio do diálogo e questionamento. Apresentação do tema queda livre utilizando-se do material da escola digital do governo do Estado do Paraná.
2º Momento	2 h/a	Atividade demonstrativa sobre o tema com o uso de materiais do cotidiano (como papel, apagador, etc.) e vídeos aula sobre tema queda livre de forma a abordar o assunto e diferentes contextos. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=-OH7Fg6KKBQ .
3º Momento	2 h/a	Aplicação de questões de ordem prática e teórica relacionadas ao tema queda livre, por meio de trabalhos individuais e, posteriormente, em grupos. Os estudantes abordaram sobre o tema e discutiram em suas equipes.
4º Momento	4 h/a	Uso dos Objetos Virtuais (Software Algodoo, Simuladores Free Fall Simulator, Ferramentas Google, Calculadora da Física, Tracker), para estudo de queda livre em ambiente com e sem a resistência do ar. Apresentação dos grupos sobre o tema do uso das tecnologias para a aprendizagem do conceito de queda livre. Aplicação de um questionário sobre as emoções sentidas durante a realização das atividades. Aplicação de um questionário final para coleta de dados.

Fonte: Autor da pesquisa (2024).

Desta forma, a estrutura apresentada norteia o processo de desenvolvimento da pesquisa.

3.1.1 Processo de realização da proposta

O produto educacional consiste em uma sequência didática que pode ser aplicada a estudantes do Ensino Médio para o trabalho com o conteúdo de queda livre dos corpos. A seguir, é abordado a sequência didática. Os objetivos da aula consistem em:

- Compreender o conceito de queda livre e as leis que a regem.
- Utilizar os objetos virtuais como ferramenta de simulação para visualizar e analisar a queda livre.
- Observar e interpretar gráficos de movimento na queda livre.

- d. Resolver problemas relacionados à queda livre, aplicando as equações pertinentes.
- e. Estimular o pensamento crítico e a resolução de problemas.

A sequência didática é organizada para alunos do ensino médio em aulas de Física. Os recursos necessários são:

- a. Computadores com objetos virtuais instalados.
- b. Projetor ou tela para apresentação.
- c. Papel, lápis e calculadoras para resolução de exercícios.

Para o desenvolvimento da sequência metodológica, segue-se a metodologia com introdução, desenvolvimento e finalização. A introdução consiste na apresentação do conceito de queda livre, explicando as condições que a caracterizam. Discussão sobre a aceleração devido à gravidade (g) e sua importância na queda livre. Apresentação dos objetivos da aula e da ferramenta de Objetos Virtuais.

Para tanto, inicialmente, os estudantes devem ser questionados como: <Qual seu conhecimento sobre quedas dos corpos?=>; <Objetos de diferentes massas caindo ao mesmo tempo são lançados da mesma altura?=>; <Por que uma pena <flutua= no ar?=>.

Tais questões se constituem em uma estratégia de identificação dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o assunto, visando, após análise, propor atividades que o aluno deseja aprender, para que possam fazer uma conexão entre o que o aluno já sabe e o que ensinar, visando uma aprendizagem significativa. Logo após, estudo do texto <O movimento de queda livre=>.

Quadro 3. O movimento de queda livre.

Desde os tempos mais remotos o homem estuda os movimentos que ocorrem na natureza, e dentre todos sempre houve grande interesse pelo movimento de queda dos corpos quando são abandonados próximos à superfície da Terra. Se abandonarmos uma pedra de uma determinada altura, percebemos que seu movimento é acelerado, caso lancemos essa mesma pedra de baixo

para cima percebemos que o movimento é retardado. Durante muito tempo esses movimentos foram objetos de estudo dos estudiosos.

Por volta de 300 anos antes de Cristo, existiu um filósofo grego chamado Aristóteles que acreditava que se abandonássemos dois corpos de massas diferentes, de uma mesma altura, o corpo mais pesado tocaria o solo primeiro, ou seja, o tempo de queda desses corpos seriam diferentes. Essa crença perdurou por muitos anos sem que ninguém procurasse verificar se realmente o que o filósofo dizia era mesmo verdade.

Por volta do século XVII, o físico Galileu Galilei, ao introduzir o método experimental, chegou à conclusão de que quando dois corpos de massas diferentes, desprezando a resistência do ar, são abandonados da mesma altura, ambos alcançam o solo no mesmo instante.

Conta a história que Galileu foi até o topo da Torre de Pisa, na Itália, e de lá realizou experimentos para comprovar sua afirmativa sobre o movimento de queda dos corpos. Ele abandonou várias esferas de massas diferentes e percebeu que elas atingiam o solo no mesmo instante. Mesmo após as evidências de suas experiências, muitos dos seguidores de Aristóteles não se convenceram, e Galileu foi alvo de perseguições em razão de suas ideias revolucionárias.

É importante deixar claro que a afirmativa de Galileu só é válida para queda de corpos que estão no vácuo, ou seja, livre da resistência do ar ou no ar e com resistência desprezível. Dessa forma, o movimento é denominado queda livre.

Dentro da sala de aula é possível mostrar esse experimento de forma bastante simples:

- Pegue uma folha de caderno e um apagador.
- Levante-os a certa altura. Em seguida, solte-os simultaneamente. Peça para os alunos observarem qual dos objetos alcançou o chão primeiro. A resposta será lógica, o apagador.
- Agora, pegue a mesma folha e amasse-a até formar uma bola.
- Com o mesmo apagador e a bola de papel, abandone-os novamente, simultaneamente. Peça que observem que agora o ar

não mais exercerá tanta influência sobre a massa do papel. A forma dessa folha mudou, mas sua massa permanece a mesma.

Agora fica mais fácil explicar o experimento de Galileu referente ao movimento dos corpos em queda livre. Mesmo com a presença de ar no meio onde será realizado o experimento é possível provar que o corpo mais pesado sempre alcançará o chão primeiro. Isso porque a atração gravitacional exercida pela Terra nos corpos que estão em sua proximidade é sempre a mesma, ou seja, aproximadamente $9,8\text{m/s}^2$.

Fonte: Autor da Pesquisa (2024).

Após a aplicação das questões foi realizada uma atividade experimental demonstrativa pelo professor, o qual, utilizando duas bolas, uma de bilhar e outra de boche, mas com diferentes volumes e massas e deixando-as cair ao mesmo tempo de determinada altura. Assim, antes dos lançamentos, os estudantes foram questionados: <qual bola cairá primeiro, a bola com maior volume e massa ou a bola de menor volume e massa?=>

Após um processo de reflexão, foram desenvolvidos outros questionamentos tais como: <Porque caem juntas as bolas?=>, <Como pode ser explicado este experimento?=> <Há a possibilidade de o experimento ser explicado por algum Software?=>

Após a atividade experimental desenvolvida em sala de aula os alunos foram levados ao laboratório de informática, e apresentados ao Software Algodoo, para realizarem a testagem de hipóteses e situações envolvendo a queda livre dos corpos, cuja atividade é inspirada no livro <o ensino da Física usando o simulador Algodoo: possibilidade e reflexões=> (Germano, 2016, p. 38).

Neste processo foi possível a demonstração do funcionamento básico do software Algodoo, incluindo a criação de objetos, aplicação de forças e visualização de movimentos. A realização de uma simulação simples de queda livre no Algodoo, explorando diferentes variáveis (altura inicial, massa do objeto, etc.) e a discussão e análise dos resultados da simulação, enfatizando a constância da aceleração devida à gravidade.

3.1.1.1 Utilização do Software Algodoo

Nas atividades utilizando o simulador Algodoo os alunos devem observar a queda de três distintos círculos em ambiente com e sem resistência do ar, por meio dos passos descritos no quadro 4.

Quadro 4. Passos das atividades no simulador Algodoo.

Partes	Passos
Parte I. Análise da queda com resistência do ar.	I.1 Desenhar três círculos de materiais diferentes e com cores diferentes. A relação dos raios deve ser $RA=RB \neq RC$ e suas respectivas massas $m_A < m_C < m_B$. Os posicione-os de forma que todos os centros estejam à mesma altura. I.2 Do lado direito da tela, marcar a opção <ver forças= e <ver velocidades=. Na base da tela, habilitar a força gravitacional assim como a resistência do ar. I.3 Clicar para iniciar a animação e visualizar a queda dos corpos. Instantes antes de atingirem o solo, pausar o vídeo para observar os dados apresentados na Figura, como posição dos corpos e velocidade.
Parte II. Análise da queda se a resistência do ar.	II.1 Refaça os passos anteriores, no entanto, diferente de I.2, desabilite a resistência do ar. II.2 Após a simulação iniciar, a pausa exatamente no mesmo instante utilizado em I.3. Observe os dados apresentados na Figura, como posição dos corpos e velocidade.

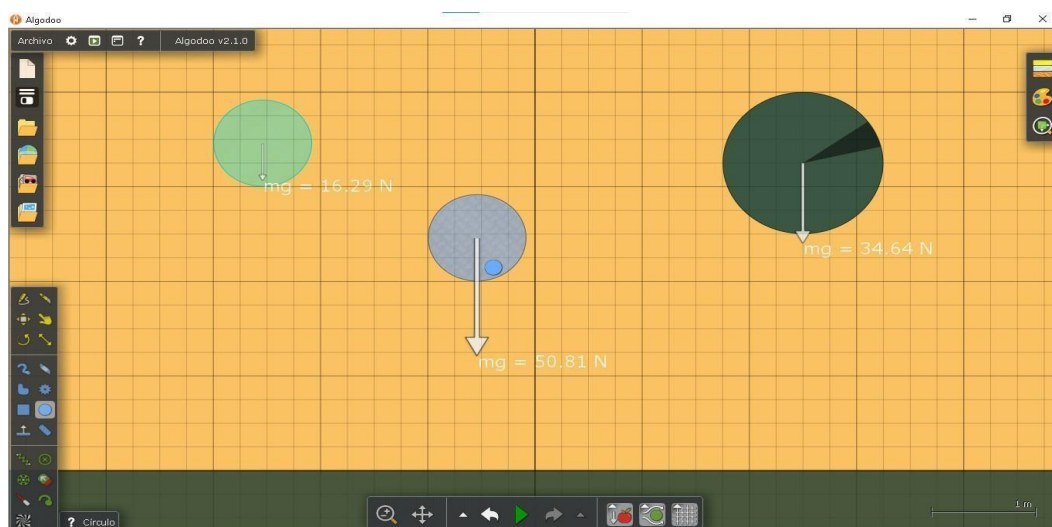
Fonte: Autor da Pesquisa (2024).

Para utilizar o software você deve utilizar as seguintes instruções:

- Baixe e Instale o Algodoo: Visite o site oficial do Algodoo e faça o download do software. Instale o Algodoo no seu computador (<http://www.algodoo.com/>).
- Abra o Algodoo: Inicie o Algodoo após a conclusão da instalação.
- Crie um Novo Cenário: Clique em "File" (Arquivo) e selecione "New Scene" (Novo Cenário).
- Adicione um Objeto: Selecione a ferramenta "Rectangle" (Retângulo) ou "Circle" (Círculo) para criar um objeto que representará o corpo em queda.
- Defina as Propriedades do Objeto: Clique com o botão direito no objeto e ajuste suas propriedades, como massa, densidade e coeficiente de atrito, se desejar.
- Adicione a Gravidade: Selecione a ferramenta "Gravity" (Gravidade) e adicione-a ao cenário. A direção padrão é para baixo, o que representa a gravidade.
- Execute a Simulação: Pressione o botão "Play" (Reproduzir) para iniciar a simulação e observe o objeto caindo devido à gravidade.

A Figura 1 abaixo representa um exemplo de cena que deverá ser produzida pelos alunos considerando os passos descritos no quadro acima.

Figura 1. Corpos em queda livre sob a influência da resistência do ar.



Fonte: Autor da Pesquisa (2024).

Algumas questões que podem ser exploradas são destacadas a seguir.

1. Como medir a altura máxima atingida por um objeto em queda livre no Algodoo?

Para medir a altura máxima atingida por um objeto em queda livre no Algodoo, você pode seguir os passos abaixo:

- Crie um cenário simples com um objeto que será solto.
- Adicione uma régua ou grade ao cenário para facilitar a medição.
- Inicie a simulação e observe a trajetória do objeto.
- Pause a simulação quando o objeto atingir a altura máxima.
- Utilize a régua ou grade para medir a altura máxima alcançada pelo objeto.

2. Como simular a queda livre inclinando a trajetória do objeto no Algodoo?

Para simular a queda livre inclinando a trajetória do objeto no Algodoo, siga estas etapas:

- Crie um novo cenário e adicione um objeto que será solto.
- Utilize a ferramenta de rotação para inclinar a trajetória do objeto.
- Ajuste a gravidade conforme necessário para manter a queda livre inclinada.
- Inicie a simulação e observe como o objeto cai inclinado em relação à vertical.

3. Como plotar um gráfico de posição versus tempo para um objeto em queda livre no Algodoo?

Para plotar um gráfico de posição versus tempo para um objeto em queda livre no Algodoo, proceda da seguinte maneira:

- a. Crie um cenário simples com um objeto que será solto.
- b. Inicie a simulação e pause-a em intervalos regulares.
- c. Registre a posição do objeto em cada intervalo de tempo.
- d. Utilize esses dados para criar um gráfico de posição versus tempo usando a ferramenta de gráficos do Algodoo.

Essas respostas fornecem um guia básico para realizar essas atividades específicas no Algodoo, permitindo que os usuários explorem os conceitos de queda livre e pratiquem a utilização do software.

Neste momento, o professor pode encaminhar os alunos para que, fazendo uma análise e comparação do que produziram com o experimento do software Algodoo com o que foi realizado em sala de aula com as garrafas pet. Isso possibilita a relação entre o conhecimento prévio e o novo conhecimento que estará a ser ensinado. Outrossim, favorece uma melhor interpretação do conhecimento científico apresentado por Galileu Galilei que defende que claramente que corpos de grande massa atingem o solo exatamente ao mesmo instante com outros de massas menores.

Neste sentido, é possível a explicação das equações matemáticas relacionadas à queda livre (Equação 2 e 3) e resolução de exercícios. Outrossim, favorece a discussão dos gráficos de velocidade vs. tempo e posição vs. tempo na queda livre.

De acordo com Martins *et al.* (2013) apud Monteiro (2016), as simulações fenômenos físicos e químicos on-line aumentam a atratividade das aulas, estimulam o aprendizado dos alunos, pois podem complementar atividades experimentais, pois permitem a visualização de aspectos do modelo teórico, permitindo a criação de uma ponte entre os dados obtidos experimentalmente e os teóricos que facilitam sua compreensão e sua interpretação.

3.1.1.2 Utilização do Tracker

A proposta busca introduzir o conceito de queda livre de maneira prática e interativa, utilizando a ferramenta Tracker como suporte para análise de dados e representação gráfica. O objetivo principal é proporcionar aos alunos uma compreensão mais profunda do fenômeno, integrando a teoria com a prática e estimulando o uso eficiente de tecnologia educacional.

Assim, deve ser executado os experimentos simples de queda livre com objetos do cotidiano. O papel do professor é de observação e discussão dos comportamentos observados durante a queda. Para tanto, deve ajudar na introdução à interface e funcionalidades do Tracker, enfatizando sua utilidade na análise de movimentos. É necessário deixar os alunos que façam a demonstração prática de como capturar e analisar vídeos do movimento de queda livre utilizando a ferramenta.

Essa atividade pode ser desenvolvida com os alunos em grupos para realização de experimentos filmados de queda livre. O importante é que eles compreendam a utilização do Tracker para análise dos vídeos, com ênfase na extração de dados relevantes, como tempo, posição e velocidade.

Para utilizar o Tracker, siga as instruções. Baixe e Instale o Tracker: Visite o site oficial do Tracker e faça o download do software (<https://physlets.org/tracker/>). Siga as instruções para instalar o Tracker no seu computador.

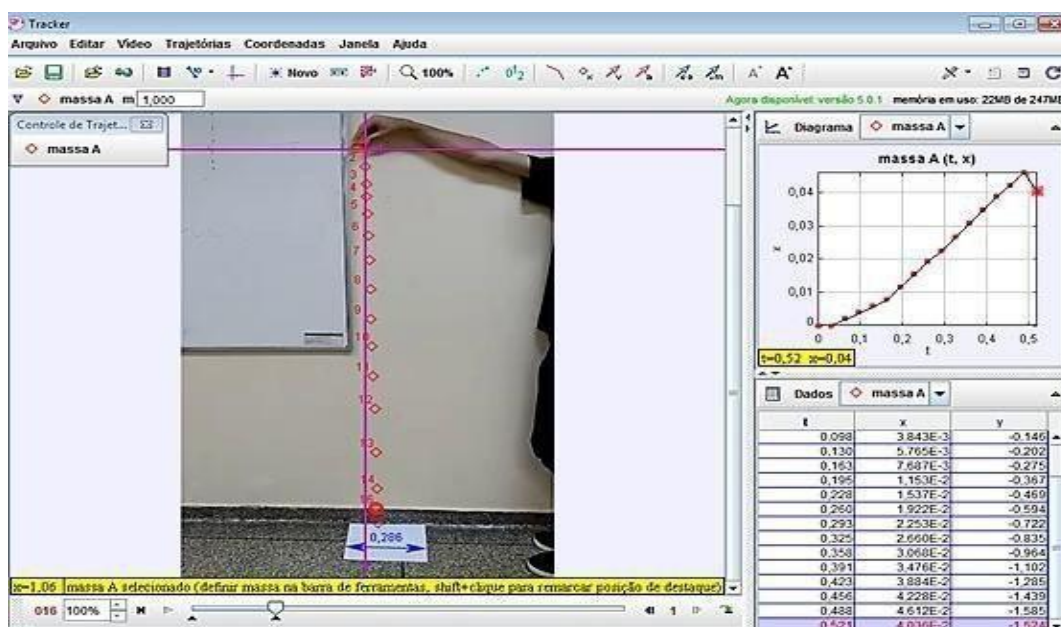
Capture o Vídeo da Queda Livre: Utilize uma câmera para gravar o movimento de um objeto em queda livre. Certifique-se de que o objeto e o fundo estejam claramente visíveis.

Abra o Tracker: Inicie o Tracker após a instalação.

- Importe o Vídeo: Clique em "File" (Arquivo) e selecione "Import Video" (Importar Vídeo) para carregar o vídeo da queda livre.
- Defina as Escalas: Se possível, adicione uma escala conhecida ao vídeo para que o Tracker possa converter as unidades. Isso pode ser feito adicionando um objeto de dimensões conhecidas ao cenário.
- Marque os Pontos: Utilize a ferramenta de marcação do Tracker para marcar pontos no objeto em queda em diferentes momentos. Isso permite ao software rastrear o movimento do objeto.

- Calibre o Tempo: Marque os pontos no vídeo que correspondem a instantes conhecidos no tempo (por exemplo, início e fim da queda). Isso ajuda a calibrar o tempo no software.

Figura 2. Utilização do Tracker para trabalhar a queda livre dos corpos.



Fonte: Fontes et al., (2019).

O professor pode orientar os alunos na construção de gráficos de posição, velocidade e aceleração a partir dos dados obtidos. Por fim, é necessário a discussão em sala de aula sobre as características dos gráficos e sua relação com o movimento de queda livre.

3.1.1.3 Utilização da Calculadora da Física

A introdução da calculadora da Física no contexto educacional tem se mostrado uma ferramenta valiosa, enriquecendo o processo de aprendizado em sala de aula. Este dispositivo, muitas vezes subestimado, transcende a simples execução de cálculos, tornando-se um instrumento poderoso de auxílio para alunos e professores nas disciplinas científicas, especialmente em Física.

A calculadora da Física permite a realização rápida e precisa de cálculos complexos, possibilitando aos alunos focar mais na compreensão dos conceitos do que na execução mecânica das operações matemáticas. Isso é particularmente

relevante em situações que envolvem equações diferenciais, integrais e outras expressões matemáticas que caracterizam os fenômenos físicos.

Para usar a calculadora acesse:

<http://www.estgv.ipv.pt/paginaspessoais/fmartins/Curiosidades/Calculos%20On-line/Calculadora%20F%C3%ADsica.htm>.

Nela você pode colocar os cálculos utilizando os botões disponíveis. A calculadora de conceitos físicos virtual pode ser uma ferramenta interessante para auxiliar estudantes e profissionais na resolução de problemas e no entendimento de diversos conceitos da Física.

Na calculadora da Física é possível utilizar os Botões de Constantes Físicas. Esses botões permitem ao usuário acessar e utilizar constantes Físicas essenciais em cálculos. Exemplo de Constantes:

- ❖ Velocidade da luz (c).
- ❖ Constante gravitacional (G).
- ❖ Carga elementar (e).
- ❖ Massa do elétron (m_e).

O usuário pode clicar no botão correspondente à constante desejada e a calculadora insere automaticamente o valor na expressão em que está trabalhando.

É possível utilizar os Botões de Constantes Astronômicas. Estes botões fornecem acesso a constantes específicas relacionadas a fenômenos astronômicos e cosmologia.

Exemplo de Constantes:

- ❖ Distância média Terra-Sol (1 Unidade Astronômica - UA).

- ❖ Massa solar ($M_{\odot}$).
- ❖ Constante de Hubble (H_0).
- ❖ Velocidade de escape da Terra.

O usuário pode selecionar o botão correspondente à constante astronômica desejada para integrá-la em seus cálculos. É possível utilizar os Botões de Dados sobre Planetas. Esses botões oferecem informações específicas sobre planetas do sistema solar.

Exemplo de Dados:

- ❖ Raio e massa de planetas.
- ❖ Período de rotação e translação.
- ❖ Distância média do sol.

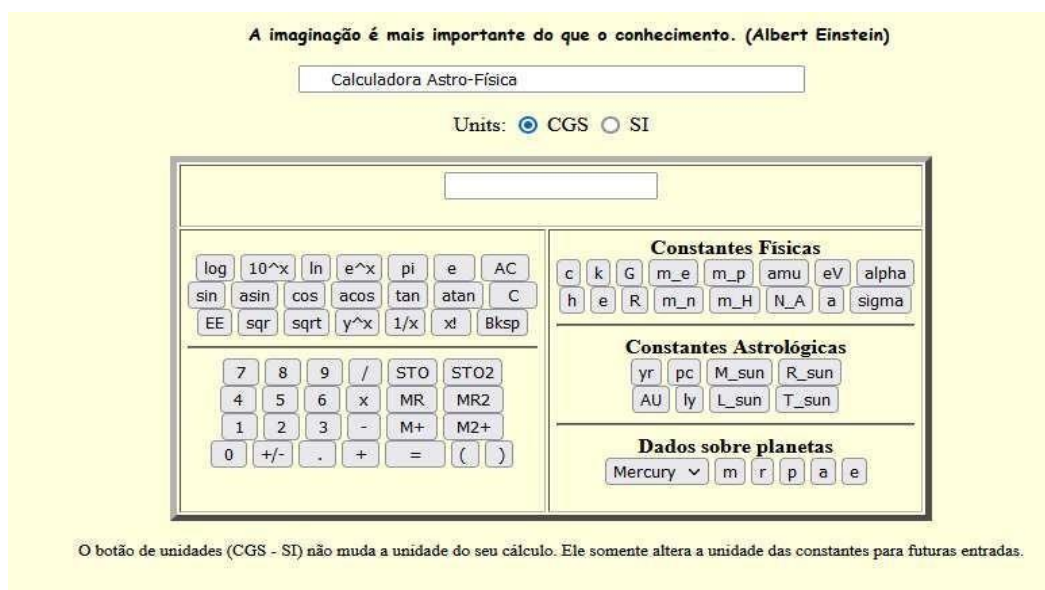
O usuário pode escolher o planeta desejado e, ao clicar no botão correspondente, a calculadora insere automaticamente os dados relacionados ao planeta escolhido em suas equações. É possível utilizar a Interface Gráfica Intuitiva. A calculadora deve ter uma interface gráfica amigável, com botões claramente identificados e organizados para facilitar o uso.

Exemplo:

- ❖ Uma grade de botões para cada categoria (constantes Físicas, astronômicas, dados planetários).
- ❖ Um campo de entrada onde o usuário pode inserir equações ou expressões.

Além dos botões básicos, a calculadora pode incluir recursos avançados, como gráficos dinâmicos, simulações e resolução passo a passo. O usuário pode visualizar gráficos de órbitas planetárias, simular interações gravitacionais, ou seguir passo a passo a resolução de um problema físico. Com esses elementos, a calculadora de conceitos físicos virtual proporciona uma experiência interativa e educativa para o usuário, facilitando o entendimento e a aplicação de conceitos físicos e astronômicos.

Figura 3. Calculadora da Física.



Fonte: Estecv (2023) .

Utilizando a Calculadora da Física, o usuário pode fazer algumas simulações, como as apresentadas a seguir. Cálculo da Velocidade Final: Dado um objeto em queda livre de uma altura h , como calcular a velocidade final ao atingir o solo?

- ❖ Use a equação da cinemática para a queda livre: $v_f = \sqrt{2gh}$ onde v_f é

a velocidade final, g é a aceleração devida à gravidade e h é a altura.

- ❖ Substitua os valores conhecidos (gravidade da Terra, altura) na equação.
- ❖ Utilize a calculadora virtual para realizar os cálculos e obter o resultado.

Determinação do Tempo de Queda: Dada a altura de um edifício, como calcular o tempo que um objeto leva para cair livremente?

- ❖ Utilize a equação da queda livre: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$ onde t é o tempo de queda, h é a altura e g é a aceleração devida à gravidade.
- ❖ Substitua os valores conhecidos e utilize a calculadora virtual para resolver a equação.

Essas resoluções demonstram como os usuários podem aplicar as equações relacionadas à queda livre usando uma calculadora virtual de Física, inserindo os valores conhecidos e obtendo os resultados desejados.

A capacidade de realizar cálculos em tempo real durante as aulas permite aos professores ajustar suas abordagens de ensino de acordo com a resposta imediata dos alunos. Isso cria uma dinâmica interativa que facilita o esclarecimento de dúvidas, a exploração de conceitos e o estímulo à participação ativa dos estudantes.

3.1.1.4 Utilização de simuladores

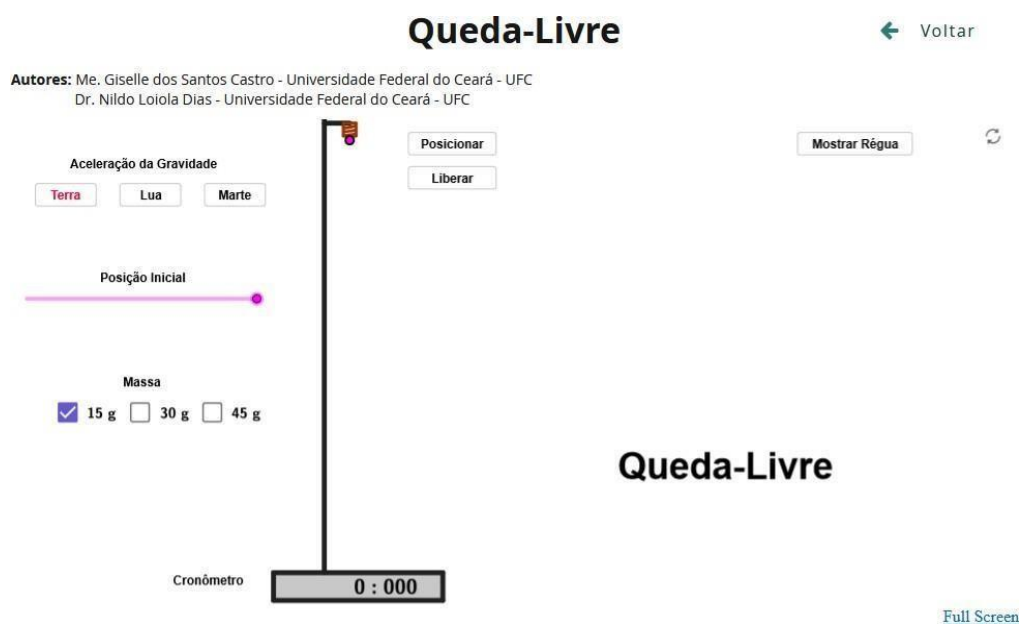
O simulador de queda livre emerge como uma ferramenta inovadora e envolvente no ensino de Física, transportando os alunos para uma experiência virtual que vai além dos limites tradicionais da sala de aula. Este recurso, muitas vezes visualmente impactante, não apenas ilustra os princípios da queda livre, mas transforma o aprendizado em uma jornada interativa e exploratória.

O simulador de queda livre permite aos alunos vivenciarem, de maneira virtual, o fenômeno da queda dos corpos. Eles podem explorar diferentes cenários, alturas e condições iniciais, proporcionando uma compreensão prática do movimento e suas variáveis.

A segurança é uma prioridade em ambientes educacionais, e o simulador de queda livre oferece uma solução ideal para experimentos que poderiam ser perigosos na prática. Os alunos podem realizar simulações em situações extremas sem riscos, promovendo a exploração sem preocupações com a integridade Física.

Para acessar o laboratório virtual de Física, é possível entrar pelo link <<https://www.laboratoriovirtual.Física.ufc.br/queda-livre> Após, é possível utilizar as funções dentro do simulador.

Figura 4. Simulador de queda livre dos corpos.



Fonte: Autor da pesquisa (2024).

A versatilidade do simulador permite a customização de experimentos, possibilitando aos alunos alterarem variáveis como massa, resistência do ar e gravidade. Essa capacidade de ajuste dinâmico oferece uma compreensão mais profunda das relações entre diferentes fatores no contexto da queda livre.

3.1.2 Processo de avaliação

No último momento pode ser disponibilizado aos alunos uma ficha para que eles marcassem três das mais frequentes emoções que sentiram durante a realização das atividades em sala e através do Software Algodoo. Isso serve como um questionário para coleta de dados, conforme apontado em nossa metodologia.

Isto porque, como diz Agen e Ezquerria (2021, p. 126):

Verificar como as emoções estão presentes no processo de aprendizagem em sala de aula enfatiza a importância de conhecer, controlar e autorregular

as emoções por parte dos alunos. Além disso, determina a necessidade de formar professores emocionalmente competentes, que tenham conhecimento das emoções envolvidos no contexto educacional, que saibam diagnosticar e autorregular suas emoções para regulá-los dependendo do contexto. Essas capacidades, conseqüentemente, podem determinar emoções para o processo de ensino-aprendizagem da ciência, e contrastar as emoções negativas, que possivelmente são geradas ao longo da escolarização.

As opções de emoções são: curiosidade, entusiasmo, satisfação, tranquilidade, confusão, frustração, incerteza, tristeza e tédio, como mostra o Quadro 5.

Quadro 5. Ficha das emoções sentidas durante a realização das atividades no Algodoo e em sala de aula.

Emoções sentidas		
		
Curiosidade	Entusiasmo	Satisfação
		
Tranquilidade	Confusão	Frustração
		
Incerteza	Tristeza	Tédio

Fonte: Adaptado de Agen e Ezquierri (2021)

A ficha das emoções sentidas serve como ferramenta de autoavaliação para o aluno e para a construção de um gráfico no qual, por meio das emoções sentidas

avalia-se também a aplicação do produto. O uso dos emojis para a construção da ficha das emoções devido ao fato destas se constituírem em pequenas imagens, símbolos ou ícones usados em campos de texto em comunicações eletrônicas (como em SMS, e-mails e redes sociais) para expressar uma atitude emocional do escritor, pode transmitir informações sucintas, comunicar uma mensagem brincalhona sem usar palavras.

A avaliação da atividade deve favorecer a participação ativa dos alunos nas discussões e atividades práticas. Também deve ser favorecido o entendimento demonstrado pelos alunos na resolução dos exercícios relacionados à queda livre, bem como a qualidade das apresentações dos grupos sobre suas simulações e observações.

Cabe ressaltar que o professor deve estar familiarizado com os objetos virtuais e suas funcionalidades antes da aula. É importante garantir que os alunos tenham acesso aos computadores com o software instalado ou permitir que façam isso antes da aula. O tempo da aula pode ser ajustado de acordo com a disponibilidade e a profundidade desejada no assunto.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta de ensino de Física utilizando objetos virtuais, como o Tracker, Algodoo, calculadora da Física e simuladores, revela-se uma abordagem inovadora e eficaz para a compreensão do fenômeno da queda livre dos corpos. A integração dessas ferramentas tecnológicas proporciona aos estudantes uma experiência de aprendizado mais dinâmica e interativa, aproximando-os de situações práticas e do método científico.

Ao utilizar o Tracker, os alunos têm a oportunidade de analisar e interpretar graficamente o movimento dos corpos em queda livre, desenvolvendo habilidades importantes, como a interpretação de dados experimentais e a construção de gráficos de posição, velocidade e aceleração. Além disso, o Algodoo permite a simulação de cenários físicos, possibilitando a experimentação virtual e a visualização de conceitos complexos de forma intuitiva.

A calculadora da Física se apresenta como uma ferramenta valiosa para realizar cálculos rápidos e precisos, permitindo aos estudantes explorar as relações matemáticas envolvidas no movimento de queda livre. Por fim, os simuladores oferecem um ambiente controlado e seguro para a realização de experimentos virtuais, proporcionando uma compreensão mais aprofundada dos princípios físicos envolvidos na queda livre.

Essa abordagem pedagógica não apenas amplia as possibilidades de experimentação em sala de aula, mas também incentiva o pensamento crítico e a resolução de problemas, preparando os estudantes para enfrentar desafios mais complexos no estudo da Física. A utilização dessas ferramentas digitais não substitui a importância dos experimentos práticos, mas complementa o ensino tradicional, proporcionando uma experiência mais rica e envolvente.

Assim, a proposta de ensino de Física com objetos virtuais para o estudo da queda livre dos corpos emerge como uma estratégia promissora para promover a aprendizagem significativa e despertar o interesse dos alunos pela ciência.

REFERÊNCIAS

AGEN, FEDERICO; EZQUERRA, ÁNGEL. Análisis de las emociones en el trabajo de indagación: «La Caja Negra». **Investigación en la Escuela**, n. 103, p. 125-138, 2021.

ARAUJO, IVES SOLANO; VEIT, ELIANE ANGELA. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 3, 2004.

BORDIN, GIULIO DOMENICO; BEZERRA JR, ARANDI GINANE. **Potencialidades de uso do software de videoanálise tracker em sala de aula no ensino de Física**. ACTIO: Docência em Ciências, v. 1, n. 1, 2020

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parâmetros Nacionais Curriculares**, de 2 de novembro de 2017. Brasília-DF, 2017.

CARDINOT, MARCOS; NAMEN, ANDERSON. Astronomia no Ensino de Física: Uma Abordagem com o Uso de Simulações de Chuvas de Meteoros em um Planetário Virtual. **Ciência & Desenvolvimento-Revista Eletrônica da FAINOR**, v. 10, n. 1, 2017.

CARUSO, FRANCISCO. A queda dos corpos e o aristotelismo: um estudo de caso do vestibular. **Física na Escola**, v. 9, n. 2, p. 7-9, 2008.

CAVASINNI, V., IACOPINI, E., POLACCO, E., & STEFANINI, G. (1986). O experimento de Galileu em corpos em queda livre usando técnicas ópticas modernas. **Physics Letters A**, 116 (4), 157-161.

CHAGAS, SIDNEY ASSIS. **Uma proposta para ensinar a aceleração da gravidade: usando a interface hackeduca conecta**. 2011. Dissertação (mestrado) – UFAM / IFAM / Instituto de Física / Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, Amazonas, 2011.

COELHO, PATRÍCIA MARGARIDA FARIAS. Os nativos digitais e as novas competências tecnológicas. **Texto Livre: Linguagem e Tecnologia**, Universidade Federal de Minas Gerais, vol. 5, núm. 2, julho-diciembre, 2012, pp. 88-95

CORDEIRO, ANTONIO LUCIANO; OLIVEIRA RODRIGUES, FRANCISCO LEANDRO. O software Tracker: uma ferramenta educacional para potencializar o ensino de Física. **Essentia-Revista de Cultura, Ciência e Tecnologia da UVA**, v. 20, n. 2, 2019.

CORDOVA, H.; TORT, A. C. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 38, p. e2308, 2016.

FILIPPINI, ARTHUR SCHEL. **Atividades investigativas no ensino de hidrostática**. 2017. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa - MG, 2017. FONTES, A. S.; CORCI, M. B.; SCHWERZ, R. C.; NEVES, M. C. D. A utilização das TDIC como ferramenta potencializadora no ensino de queda livre. *Ensino, Saúde e Ambiente, Paraná*, v. 12, n. 3, 2022.

FRASSON, ANTONIO CARLOS; JUNIOR, GUATAÇARA DOS SANTOS; PINHEIRO, NILÇÉIA APARECIDA MACIELI; LIMA, SIUMARA APARECIDA DE. **Reflexões em Ensino de Ciências e Tecnologia (abrindo horizontes)**. Curitiba, UTFPR, 2016.

GERMANO, ELOÁ DEI TÓS. **O software algodoo como material potencialmente significativo para o ensino de Física: simulações e mudanças conceituais possíveis**. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciência e Tecnologia) -Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2016. Disponível em: http://ppgect.pg.utfpr.edu.br/site/?page_id=1839 . Acesso em: 19/09/2024.

GUTIÉRREZ-ARAUJO, RAFAEL ENRIQUE; CASTILLO-BRACHO, LUIS ANDRÉS. 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.

JUNIOR, RENATO PONTONE; SAMPAIO, MATEUS MUSSE. Uso de simulações no ensino de Física. In: **IX Semana de Ciência & Tecnologia-CEFET-MG**. 2013.

LESCHE, BERNHARD. **Teoria da relatividade**. Editora Livraria da Física, 2005.

MEDEIROS, ALEXANDRE; MEDEIROS, CLEIDE FARIAS DE. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, p. 77-86, 2002.

MIRANDA, ROBERTA MARTINS; VANIN, VITO ROBERTO; BECHARA, MARIA JOSÉ. Uso de simulações em disciplinas básicas de Mecânica em um curso de Licenciatura em Física. **EPEF, IX**, 2004.

MONTEIRO, MARCO AURÉLIO ALVARENGA. O uso de tecnologias móveis no ensino de Física: uma avaliação de seu impacto sobre a aprendizagem dos alunos. **PBPEC - Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 16, n.1, 2016.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. Desafios no ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, p. e20200451, 2021.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas. **Revista brasileira de ensino de Física. São Paulo. Vol. 22, n. 1 (mar. 2000), p. 94-99**, 2000.

MOREIRA, MARCO ANTONIO. Uma análise crítica do ensino de Física. **Estudos avançados**, v. 32, p. 73-80, 2018.

ROSA, CLECI WERNER; ROSA, A. B. Ensino de Física: objetivos e imposições no ensino médio. **Revista Electrônica de Enseñanza de las ciencias**, v. 4, n. 1, 2005.

SALES, GILVANDENYS LEITE; MAIA, MARCILON CHAVES. **Física Básica I**. Ministério da Educação. Fortaleza: UAB/IFCE, 2011.

SANTAROSA, MARIA CECILIA PEREIRA; MOREIRA, MARCO ANTONIO. O Cálculo nas aulas de Física da UFRGS: um estudo exploratório. **Investigações em ensino de ciências. Porto Alegre. Vol. 16, n. 2 (ago. 2011), p. 317-351**, 2011.

SANTOS, ANTONIO VANDERLEY DOS; SANTOS, SELAN RODRIGUES DOS E FRAGA, LUCIANO MACHADO. Sistema de realidade virtual para simulação e visualização de cargas pontuais discretas e seu campo elétrico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 185-195. São Paulo: 2002.

SCHEID, NEUSA MARIA JOHN; SIQUEIRA, ATAIZ COLVERO DE; PERSICH, GRACIELI DALL OSTRO. Contribuições da ferramenta KAHOOT! Na compreensão dos conceitos da área de ciências da natureza. **Revista Tecné, Episteme y Didaxis**. Año 2018.

SERRANO, AGOSTINHO; ENGEL, VIVIAN. Uso de simuladores no ensino de Física: um estudo da produção gestual de estudantes universitários. **RENOTE**, v. 10, n. 1, 2012.

SESTOKAS-FILHO, BRUNO; BONAFINI, FERNANDA C.; ANTUNES, GISELE S. A Incorporação das Calculadoras Gráficas nas Disciplinas Básicas dos Cursos de Física e Engenharia. In: **XXXI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA (COBENGE)**. Rio de Janeiro. **Anais Eletrônicos**. Rio de Janeiro: Hotel Glória. 2000

SILVA, SAMIR LACERDA DA; JUNIOR, JUDISMAR TADEU GUAITOLINI; SILVA, RODRIGO LACERDA DA; JUNIOR, EMILSON RIBEIRO VIANA; LEAL, FÁBIO FAGUNDES. Uma alternativa para ensinar e aprender um processo e difusão simples usando Algodoo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, vol.33, nº2, 2016.

SILVEIRA JUNIOR, PEDRO BELCHIOR DA; ARNONI, MARIA ELIZA BREFERE. Física dos anos iniciais: estudo sobre a queda livre dos corpos através da metodologia da mediação dialética. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, 2013.

SOARES, ANTONIO AUGUSTO; MORAES, LETÍCIA ESTEVÃO; OLIVEIRA, FRANCIÉLE GONÇALVES. Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 915-933, 2015.

SOUZA, ROBSON PEQUENO DE; MOITA, FILOMENA MARIA DA SILVA CORDEIRO; CARVALHO, ANA BEATRIZ GOMES. (Organizadores). **Tecnologias digitais na educação**. Campina Grande: EDUEPB, 2011.