

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA

Prospecção e análise de materiais didáticos e abordagens educacionais para o ensino de Física

Jaqueline da Silva Rocha
Magister Scientiae

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

JAQUELINE DA SILVA ROCHA

Prospecção e análise de materiais didáticos e abordagens educacionais para o ensino de Física

Dissertação Mestrado Profissional apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino em Física (Profissionalizante), para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

Orientador: Alvaro J. Magalhaes Neves

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Campus Viçosa**

T

R672p
2025

Rocha, Jaqueline da Silva, 1987-
 Prospecção e análise de materiais didáticos e abordagens
educacionais para o ensino de física / Jaqueline da Silva Rocha.
– Viçosa, MG, 2025.
 1 dissertação eletrônica (148 f.): il. (algumas color.).

Inclui apêndices.

Orientador: Álvaro José Magalhães Neves.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa,
Departamento de Física, 2025.

Inclui bibliografia.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2025.317>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Física - Estudo e ensino. 2. Aprendizagem. 3. Livros
didáticos. I. Neves, Álvaro José Magalhães, 1964-.
II. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Física.
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física. III. Título.

CDD 22. ed. 530.07

JAQUELINE DA SILVA ROCHA

Prospecção e análise de materiais didáticos e abordagens educacionais para o ensino de Física

Dissertação Mestrado Profissional apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ensino em Física (Profissionalizante), para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 19 de fevereiro de 2025.

Assentimento:

Jaqueline da Silva Rocha
Autora

Alvaro Jose Magalhaes Neves
Orientador

Essa dissertação mestrado profissional foi assinada digitalmente pela autora em 19/05/2025 às 16:13:11 e pelo orientador em 19/05/2025 às 16:54:28. As assinaturas têm validade legal, conforme o disposto na Medida Provisória 2.200-2/2001 e na Resolução nº 37/2012 do CONARQ. Para conferir a autenticidade, acesse <https://siadoc.ufv.br/validar-documento>. No campo 'Código de registro', informe o código **I6OC.X45S.PCSC** e clique no botão 'Validar documento'.

AGRADECIMENTOS

Agradeço profundamente a Deus, cuja orientação sempre esteve presente, me guiando e fortalecendo para superar os desafios encontrados ao longo deste curso. Expresso minha gratidão à minha mãe, Maria Izabel, e ao meu pai, Quintino Justino, por todo o apoio e incentivo ao longo da minha jornada acadêmica. Agradeço também às minhas irmãs pelo constante estímulo.

Não posso deixar de agradecer aos meus colegas de turma do curso de mestrado, pelas conversas construtivas, trabalhos em equipe e momentos compartilhados. Ao “Grupo do Futebol”, pela motivação constante e apoio nos momentos difíceis.

De forma especial, agradeço a todos os amigos que, de alguma forma, contribuíram para a minha jornada, seja com palavras de incentivo, apoio emocional ou simplesmente pela amizade verdadeira que tornou cada desafio mais leve.

À direção e comunidade da Escola Estadual Presidente Kennedy, agradeço a disponibilidade e confiança em meu trabalho.

A todos os discentes que participaram da pesquisa e avaliação do produto educacional, meu sincero agradecimento por contribuírem com suas opiniões e experiências.

À Universidade Federal de Viçosa, agradeço pela experiência enriquecedora e pelo ambiente acadêmico propício ao aprendizado e desenvolvimento profissional.

Por fim, à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), meu agradecimento pelo apoio financeiro concedido por meio do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), que foi fundamental para a realização deste curso.

Este trabalho foi realizado com o apoio das seguintes agências de pesquisa brasileiras: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

RESUMO

ROCHA, Jaqueline da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2025. **Prospecção e análise de materiais didáticos e abordagens educacionais para o ensino de Física**. Orientador: Alvaro Jose Magalhaes Neves.

Esta pesquisa teve como objetivo investigar, documentar e divulgar práticas pedagógicas no ensino de Física, com vistas a enriquecer o processo de ensino-aprendizagem e promover uma educação potencialmente significativa. Com base na análise dos materiais coletados, foram elaboradas duas sequências didáticas estruturadas a partir das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), idealizadas por Marco Antonio Moreira e fundamentadas na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel. A primeira sequência abordou o "Movimento Harmônico Simples e Amortecido", adaptada para aplicação em sala de aula e nomeada como, "Pêndulo Simples e Amortecido". A segunda sequência, desenvolvida pela autora, consistiu em uma aula-projeto sobre ondas sonoras, integrando experimentação e aprendizagem baseada em projetos. Os resultados da aplicação das sequências didáticas indicaram uma melhoria significativa no desempenho dos discentes, evidenciada pelos dados coletados em pré e pós-testes e analisados com auxílio do ganho de Hake, bem como pelas observações da autora e relatos dos estudantes. A análise dos resultados sugere que as abordagens adotadas, alinhadas às UEPS, integradas às metodologias ativas, simulações e atividades experimentais, contribuíram para a promoção de novas aprendizagens e maior engajamento dos discentes. Espera-se que os resultados deste estudo incentivem o aprimoramento contínuo do ensino de Física, com foco na aprendizagem centrada no discente. Além de validar a importância de intervenções pedagógicas, a pesquisa reforça a necessidade de um ambiente educacional adaptável e inclusivo, capaz de atender às diversas necessidades dos estudantes e promover um ambiente educacional mais inclusivo, motivador e adaptado às necessidades dos discentes. O material produzido está disponibilizado no seguinte endereço eletrônico: <https://sites.google.com/view/jaquelinerochamnpf/p%C3%A1gina-inicial>.

Palavras-chave: ensino de física; ueps; materiais didáticos; práticas pedagógicas.

ABSTRACT

ROCHA, Jaqueline da Silva, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2025. **Prospecting and analyzing teaching materials and educational approaches for teaching Physics**. Adviser: Alvaro Jose Magalhaes Neves.

This research aimed to investigate, document and disseminate pedagogical practices in Physics teaching, with a view to enriching the teaching-learning process and promoting a potentially meaningful education. Based on the analysis of the collected materials, two didactic sequences were developed, structured from the Potentially Significant Teaching Units (UEPS), idealized by Marco Antonio Moreira and based on Ausubel's theory of meaningful learning. The first sequence addressed the "Simple and Damped Harmonic Motion", adapted for application in the classroom and named "Simple and Damped Pendulum". The second sequence, developed by the author, consisted of a project-lesson on sound waves, integrating experimentation and project-based learning. The results of the application of the didactic sequences indicated a significant improvement in the students' performance, evidenced by the data collected in pre- and post-tests and analyzed with the help of Hake's gain, as well as by the author's observations and students' reports. The analysis of the results suggests that the adopted approaches, aligned with UEPS, integrated with active methodologies, simulations and experimental activities, contributed to the promotion of new learning and greater student engagement. It is expected that the results of this study will encourage the continuous improvement of Physics teaching, with a focus on student-centered learning. In addition to validating the importance of pedagogical interventions, the research reinforces the need for an adaptable and inclusive educational environment, capable of meeting the diverse needs of students and promoting a more inclusive, motivating and adapted educational environment to the needs of students. The material produced is available at the following electronic address: <https://sites.google.com/view/jaquelinerochamnpef/p%C3%A1gina-inicial>.

Keywords: physics teaching; ueps; teaching materials; pedagogical practices

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|--------|--|
| DCNEB | Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica |
| ENEM | Exame Nacional do Ensino Médio |
| PAEE | Plano de Atendimento Educacional Especializado |
| PE | Produto Educacional |
| PhET | Physics Educacional Technology |
| REDS | Recursos educacionais digitais |
| TAS | Teoria da Aprendizagem Significativa |
| UEPS | Unidade de Ensino Potencialmente Significativa |
| UFV | Universidade Federal de Viçosa |
| UNESCO | Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 2. FUNDAMENTAÇÃO DIDÁTICA | 13 |
| 2.1 Introdução geral à didática | 13 |
| 2.2 Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel..... | 14 |
| 2.2.1 Tipos e formas de aprendizagem significativas..... | 15 |
| 2.2.2 Subsúnceres: Como novos conceitos são ancorados na estrutura cognitiva existente..... | 17 |
| 2.2.3 Organizadores prévios: Estratégias para introduzir novos temas | 17 |
| 2.2.4 Aprendizagem Mecânica e sua relação com a Aprendizagem Significativa..... | 18 |
| 2.2.5 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa: Construção gradual e coerente do conhecimento | 20 |
| 2.3 A Mediação do Professor na Construção de Significados: Estratégias para promover a aprendizagem significativa..... | 22 |
| 2.4 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)..... | 24 |
| 2.5 Indicadores e desafios na avaliação da aprendizagem significativa..... | 27 |
| 3. DOS CONCEITOS DE FÍSICA..... | 29 |
| 3.1 Conceito de pêndulo simples e amortecido | 29 |
| 3.1.1 O estudo de Pêndulo simples e amortecido | 29 |
| 3.1.2 O que é um pêndulo simples?..... | 30 |
| 3.1.3 Considerações para pequenas amplitudes..... | 33 |
| 3.1.4 Estudo de Pêndulo Simples Amortecido | 35 |
| 3.1.5 Comparação entre pêndulo simples e pêndulo amortecido: Análise de movimento e comportamento | 37 |
| 3.2 Conceito de ondas sonoras | 38 |
| 3.2.1 O conceito de onda | 38 |
| 3.2.2 Ondas longitudinais e transversais | 39 |
| 3.2.3 Ondas sonoras..... | 40 |
| 3.2.4 A velocidade do som | 41 |
| 4 . PRODUTO EDUCACIONAL | 44 |
| 4.1. Recursos Empregados para o desenvolvimento e Análise | 44 |
| 4.1.1. Pré e Pós-testes | 44 |
| 4.1.2. REDs - Recursos educacionais digitais | 48 |
| 4.1.3 Ganho de Hake ou ganho normalizado (g)..... | 53 |
| 4.2. Elaboração do Produto Educacional (PE) | 54 |
| 4.3 Sequência Didática 1: Pendulo Simples e Amortecido | 55 |

| | |
|---|-----|
| 4.3.1 Habilidades da BNCC | 56 |
| 4.3.2 Objetivos..... | 56 |
| 4.3.3 Objetivos Instrucionais | 56 |
| 4.3.4 Desenvolvimento | 57 |
| 4.4 Sequência Didática 2: "Ondas sonoras e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento" | 71 |
| 4.4.1 Habilidades da BNCC | 71 |
| 4.4.2 Objetivos..... | 71 |
| 4.4.3 Objetivos Instrucionais | 72 |
| 4.4.4 Desenvolvimento | 72 |
| 5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS | 82 |
| 5.1 Sequência Didática 1 | 82 |
| 5.1.1 Desafios e Contexto da Pesquisa..... | 82 |
| 5.1.2 Duração da intervenção | 83 |
| 5.1.3 Primeiro Estágio: Pré-teste | 83 |
| 5.1.4 Segundo Estágio: Intervenção e preenchimento do relatório | 83 |
| 5.1.5 Terceiro Estágio: Atividade experimental..... | 89 |
| 5.1.6 Quarto Estágio -Aplicação dos pós-testes e resultados | 92 |
| 5.1.7 Ganho de Hake ou ganho normalizado (g)..... | 93 |
| 5.1.8 Análise da sequência didática com base nas oitos etapas da UEPS | 94 |
| 5.1.9 Educação Inclusiva: parecer da PAEE | 95 |
| 5.2 Sequência Didática 2 | 96 |
| 5.2.1 Desafios e Contexto da Pesquisa..... | 96 |
| 5.1.2 Duração da intervenção | 96 |
| 5.2.3 Avaliação e visão dos discentes | 97 |
| 5.2.4 Análise da sequência didática com base nas oitos etapas da UEPS | 98 |
| 5.2.5 Participação na feira de Ciências da UFV 2022 | 99 |
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS | 102 |
| REFERÊNCIAS | 104 |
| APÊNDICE | 107 |
| APÊNDICE A: Produto Educacional..... | 108 |
| A.1 Pêndulo Simples e Amortecido | 112 |
| A.2 Ondas sonoras e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento..... | 129 |
| REFERÊNCIAS | 143 |
| APÊNDICE B: PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS | 145 |

INTRODUÇÃO

Na sociedade contemporânea, o conhecimento constitui-se como recurso valioso. O desenvolvimento de uma nação é mensurado pelo progresso nas áreas de ciência e tecnologia, bem como pelos avanços em dimensões sociais e culturais. Nesse âmbito, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece diretrizes essenciais para a educação básica, reconhecendo a importância do conhecimento como alicerce para o desenvolvimento integral da sociedade (BRASIL, 2017).

Conforme o Documento Curricular Nacional para a Educação Básica (DCNEB, 2013), os conhecimentos, saberes e valores culturalmente produzidos são expressos em políticas públicas e gerados por instituições de conhecimento científico e tecnológico, abrangendo o mundo do trabalho, o desenvolvimento das linguagens, as atividades desportivas e corporais, a produção artística, bem como as diversas formas de exercício da cidadania e a atuação dos movimentos sociais.

A educação é concebida como processo de socialização da cultura, envolvendo a construção, manutenção e transformação de conhecimentos e valores. Esse processo deve assegurar a presença de todos os discentes na escola, garantindo o acesso, a permanência e o sucesso escolar, independentemente de suas origens ou condições sociais, físicas e cognitivas. Dessa forma, torna-se imperativo reconhecer e valorizar a diversidade, fomentando práticas pedagógicas inclusivas e contextualizadas (DCNEB, 2013). Nessa perspectiva, um país que oferece ensino de alta qualidade tende a atrair atividades econômicas dinâmicas, gerar empregos mais qualificados e proporcionar melhores condições de vida para sua população.

Nesse contexto, um sistema educacional de qualidade capacita os cidadãos a enfrentar os desafios do mundo contemporâneo, incluindo a adaptação às mudanças tecnológicas, a resolução de problemas complexos, o estímulo à criatividade e a compreensão das questões sociais e culturais em escala global. Segundo a UNESCO (2005), o ensino de Ciências é essencial tanto para que a população possa usufruir dos conhecimentos científicos e tecnológicos, quanto para despertar vocações que contribuam para a produção desses conhecimentos. Ademais, a educação científica revela-se crucial para o desenvolvimento humano e a integração social. A carência de formação científica e tecnológica de qualidade para grande parte da população acentua as desigualdades e compromete o progresso em um contexto globalizado. Portanto, investir na formação de uma população

cientificamente preparada promove a cidadania, aumenta a produtividade e melhora as condições de vida da sociedade como um todo.

Diante desse cenário, questiona-se: como promover eficazmente o ensino das ciências? Que estratégias adotar para disseminar, tanto no âmbito educacional quanto na sociedade em geral, a importância da aprendizagem científica? A partir dessas indagações, constata-se que a promoção eficaz do ensino das ciências requer a adoção de estratégias que alcancem a sociedade em geral. Conforme destacado no documento "Ensino de Ciências: O Futuro em Risco" da UNESCO, é imprescindível garantir uma educação científica de alta qualidade para enfrentar a situação crítica da educação em âmbito nacional.

De acordo com a UNESCO (2005), líderes comprometidos devem implementar políticas de educação científica e tecnológica baseadas em diretrizes que considerem experiências passadas e atuais. Essas diretrizes incluem: fortalecer a escola como espaço de transformação, promovendo ambientes propícios para a aprendizagem em ciência e tecnologia; oferecer aos docentes formação em serviço sistemática, assegurando a inter-relação entre teoria e prática e fomentando reflexão e troca de experiências; estimular o trabalho colaborativo entre formadores, docentes, diretores e pesquisadores para a construção coletiva do conhecimento científico; e disponibilizar materiais que estimulem a curiosidade científica e promovam a popularização da ciência por meio das tecnologias da informação e comunicação.

Essa dinâmica didática pode ser implementada mesmo em contextos onde os docentes enfrentam desafios estruturais, como escolas que não atendem aos requisitos mínimos estabelecidos pela UNESCO (2005). Essa realidade constitui uma preocupação constante para os educadores, que buscam oferecer a melhor educação possível aos discentes. É fundamental que as instituições de ensino se empenhem em cumprir essas diretrizes, visando garantir um ambiente educacional de qualidade e inclusivo para todos.

O ensino de Física tem se configurado como um desafio permanente para os educadores. Dentre os principais obstáculos, destaca-se a dificuldade dos discentes em compreender o formalismo matemático, o que demanda, conforme Milbratz (2013), abordagens pedagógicas e estratégias que tornem o ensino de Física mais acessível e eficaz.

Na prática docente, a importância dessa disciplina para a compreensão do universo e do mundo tecnológico torna-se evidente. No entanto, é comum ouvir questionamentos como: "Por que preciso aprender isso?" ou "Isso vai cair na prova?" Esses questionamentos, embora frequentes, exigem abordagens que enfatizem a relevância dos conceitos científicos. Conforme o documento do Ministério da Educação

(BRASIL, 1998), é crucial apresentar a Ciência como construção humana que auxilia na compreensão do mundo. Os conceitos e procedimentos científicos são fundamentais para estimular o questionamento, interpretar fenômenos naturais e compreender a intervenção humana por meio de recursos tecnológicos.

Para superar essas barreiras, é essencial adotar abordagens que integrem o discente ao ambiente de aprendizagem. Entre as estratégias eficazes, destacam-se: promover a interdisciplinaridade; contextualizar os conceitos; oferecer apoio individualizado; utilizar tecnologia educacional; desenvolver atividades práticas e avaliações formativas; estimular a motivação intrínseca; e fornecer apoio emocional. Essas iniciativas visam tornar o aprendizado da Física mais acessível e engajador.

Para tanto, é necessário que as situações de aprendizagem sejam reais e aplicáveis ao cotidiano dos discentes, aproveitando seus conhecimentos prévios. A utilização de situações reais no ensino cria ambientes mais envolventes e eficazes, preparando os discentes para os desafios do mundo real e promovendo aprendizagem duradoura. Logo, os educadores devem buscar constantemente conectar o conteúdo curricular às experiências dos estudantes.

Esta dissertação teve como objetivo prospectar materiais de ensino inovadores, abordagens didáticas e perspectivas educacionais, por meio da colaboração com docentes experientes. O estudo buscou destacar abordagens pedagógicas abrangentes e flexíveis, enriquecendo o ensino de Física para além do formalismo. Por meio da análise e documentação dessas práticas, almeja-se torná-las acessíveis aos educadores, contribuindo para a melhoria contínua do ensino.

Como objetivos específicos consideram-se: a) Identificar e analisar práticas pedagógicas no ensino da Física desenvolvidas; b) Desenvolver sequências didáticas baseadas nas metodologias identificadas na pesquisa de campo com os docentes, visando facilitar o acesso de outros educadores; c) Aplicar e avaliar a eficácia das sequências didáticas desenvolvidas, com foco na promoção da aprendizagem significativa dos discentes.

Com esses objetivos, espera-se promover a disseminação de práticas inspiradoras, compartilhando conhecimentos e recursos entre os docentes, e contribuir para o aprimoramento do ensino-aprendizagem. Os esforços concentraram-se em fornecer materiais didáticos de qualidade, estimular reflexões sobre didáticas inovadoras e oferecer ferramentas úteis para a prática educacional.

Acredita-se que os materiais didáticos e vivências acumulados por docentes experientes constituem um valioso acervo, contendo estratégias e abordagens inovadoras que

podem enriquecer o processo de ensino-aprendizagem. Esses recursos, quando compartilhados, podem beneficiar outros educadores e preservar conhecimentos pedagógicos relevantes.

Esta pesquisa fundamenta-se nas contribuições de David Ausubel, referenciadas por Moreira (1999, 2011, 2012), especialmente no uso de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). Essas unidades conectam novos conhecimentos aos saberes prévios, facilitando a compreensão e retenção do conteúdo.

A estrutura da pesquisa compreende seis capítulos, organizados para proporcionar uma compreensão aprofundada dos temas. Cada capítulo constrói uma base sólida para a análise e investigação.

O segundo capítulo apresenta os fundamentos teóricos que embasam a metodologia do produto educacional desenvolvido. Inicialmente, aborda-se a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel e as UEPS, que nortearam a elaboração das sequências didáticas.

O terceiro capítulo explora conceitos fundamentais de Física, incluindo o pêndulo simples, o pêndulo amortecido e as ondas sonoras. São analisadas suas características, com ênfase nas condições para pequenas amplitudes, no impacto das forças dissipativas e nas propriedades das ondas.

O quarto capítulo descreve os recursos utilizados e a elaboração do Produto Educacional (PE), composto por duas sequências didáticas baseadas nas UEPS. Destaca-se a sequência "Ondas Sonoras e a Criação de um Protótipo de Sensor de Estacionamento", que integra teoria e prática.

O quinto capítulo discute os desafios do projeto, o ambiente de pesquisa e as particularidades de sua execução. Inclui-se uma análise das sequências didáticas segundo as oito etapas da metodologia UEPS, abordando Educação Inclusiva e a participação na Feira de Ciências da UFV (2022).

2. FUNDAMENTAÇÃO DIDÁTICA

Este capítulo apresenta os fundamentos teóricos que embasam a pesquisa, começando com uma introdução à Didática e sua importância no ensino. Em seguida, explora a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, abordando conceitos como subsunções, organizadores prévios, diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Também discutimos o papel do professor como mediador na construção de significados e nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) como ferramentas práticas. Por fim, analisa indicadores e desafios na avaliação da aprendizagem significativa, fornecendo uma base teórica para as propostas deste estudo

2.1 Introdução geral à didática

O processo de ensino, objeto de estudo da Didática, não pode ser tratado como uma atividade restrita ao espaço da sala de aula. O trabalho docente representa uma das modalidades específicas da prática educativa mais ampla, que ocorre na sociedade. Para compreender a relevância do ensino na formação humana, considera-se necessário situá-lo dentro do conjunto das tarefas educativas exigidas pela vida em sociedade. A ciência que investiga a teoria e a prática da educação, em seus vínculos com a prática social global, é a Pedagogia. Sendo a Didática uma disciplina que aborda os objetivos, conteúdos, meios e condições do processo de ensino com vistas a finalidades educacionais, que são sempre sociais, ela se fundamenta na Pedagogia; portanto, é uma disciplina pedagógica (LIBÂNEO, 2017).

Para Libâneo, a Pedagogia, como ciência da e para a educação, estuda a educação, a instrução e o ensino. Para isso, abrange diversos ramos de estudo, como a Teoria da Educação, a Didática, a Organização Escolar e a História da Educação e da Pedagogia. Além disso, recorre às demais ciências aos conhecimentos teóricos e práticos que contribuem para o esclarecimento do seu objeto, o fenômeno educativo. Entre essas ciências, destacam-se a Filosofia da Educação, a Sociologia da Educação, a Psicologia da Educação, a Biologia da Educação, a Economia da Educação e outras. O conjunto dessas áreas de estudo proporciona aos futuros professores uma formação pedagógica ampla e fundamentada.

A Didática é uma das principais áreas de estudo da Pedagogia. Ela investiga os fundamentos, condições e modos de realização da instrução e do ensino. Cabe à Didática converter objetivos sociopolíticos e pedagógicos em objetivos de ensino, selecionar conteúdos e métodos alinhados a esses objetivos, além de estabelecer os vínculos entre ensino e aprendizagem, com o intuito de promover o desenvolvimento das capacidades mentais dos

discentes. Por estar intimamente relacionada à Teoria da Educação e à Teoria da Organização Escolar, a Didática também se conecta de maneira especial à Teoria do Conhecimento e à Psicologia da Educação (LIBÂNEO, 2017).

[...] a Didática se caracteriza como mediação entre as bases teórico-científicas da educação escolar e a prática docente. Ela opera como que uma ponte entre o "o quê" e o "como" do processo pedagógico escolar. [...] efetiva a mediação escolar de objetivos, conteúdos e métodos das matérias de ensino. Em função disso, a Didática descreve e explica os nexos, relações e ligações entre o ensino e a aprendizagem; investiga os fatores codeterminantes desses processos; indica princípios, condições e meios de direção do ensino, tendo em vista a aprendizagem, que são comuns ao ensino das diferentes disciplinas de conteúdos específicos. (LIBÂNEO, 2017, pag.27-28).

As técnicas didáticas, frequentemente chamadas de "métodos didáticos", "métodos de ensino" ou "modalidades didáticas", correspondem às formas organizativas operacionais específicas do trabalho educativo. Tratam-se de sistemas de procedimentos desenvolvidos para alcançar objetivos educacionais específicos. Uma de suas principais características é a flexibilidade, que permite a adaptação dos procedimentos de ensino-aprendizagem a cada situação, considerando diferentes níveis de ensino, disponibilidade de recursos, demandas variadas por parte dos discentes ou da sociedade, além de atender à criatividade do professor e à sua habilidade em manejar os diversos momentos do método (GASPARIN, 2005).

Segundo Gasparin (2005), as técnicas didáticas desempenham um papel fundamental no processo de ensino, especialmente nas ciências naturais. Entre as técnicas mais importantes, destacam-se: exposição dialogada, problematizada e contextualizada; aula de laboratório ou prática; aula de campo ou excursão; seminários temáticos; apresentação de trabalhos didáticos; estudo de textos; discussão em grupos e apresentação dos resultados; projetos de pesquisa; simulações; além da apresentação e discussão de filmes, documentários, artigos de revistas e jornais. Essas abordagens permitem uma aprendizagem mais dinâmica e significativa, promovendo a interação entre teoria e prática, bem como o desenvolvimento de habilidades investigativas e colaborativas.

2.2 Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel

O ambiente escolar tem sido cada vez mais alvo de questionamentos sobre as dificuldades de aprendizagem de Física (SILVA, 2018). Esse cenário reflete a preocupação com a eficácia do ensino nessa disciplina, que é frequentemente percebida como desafiadora pelos discentes. Este tema é objeto de pesquisas que buscam entender as causas dessas

dificuldades. Por essa razão, recomenda-se a aplicação da Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel como recurso auxiliar do docente na elaboração de aulas que promovam a motivação discente. Essa teoria propõe que a aprendizagem ocorre de maneira mais eficaz quando os novos conhecimentos são conectados a ideias pré-existentes na estrutura cognitiva dos discentes, o que pode contribuir para uma compreensão mais profunda e duradoura dos conceitos de Física.

O conhecimento é significativo por definição. É o produto significativo de um processo psicológico cognitivo (“saber”) que envolve a interação entre ideias “logicamente” (culturalmente) significativas, ideias anteriores (“ancoradas”) relevantes da estrutura cognitiva particular do aprendiz (ou estrutura dos conhecimentos deste) e o “mecanismo” mental do mesmo para aprender de forma significativa ou para adquirir e reter conhecimentos. (AUSUBEL, 2003, pag. 4)

A aprendizagem significativa exige dois elementos principais: um mecanismo de assimilação significativa e a apresentação de material potencialmente significativo ao aprendiz. Para que essa apresentação seja eficaz, é fundamental que: (1) o material de aprendizagem possa ser relacionado de maneira não arbitrária (ou seja, de forma plausível, coerente e não aleatória) e não literal com uma estrutura cognitiva apropriada e relevante, possuindo, assim, um significado lógico; e (2) haja na estrutura cognitiva do aprendiz ideias previamente ancoradas e relevantes, capazes de se conectar ao novo material. Constata-se que é a interação entre os novos significados potenciais e as ideias existentes na estrutura cognitiva do aprendiz que gera significados verdadeiros ou psicológicos (AUSUBEL, 2003).

2.2.1 Tipos e formas de aprendizagem significativas.

No contexto da aprendizagem significativa, identificam-se três tipos principais: aprendizagem representacional, aprendizagem conceptual e aprendizagem proposicional. Cada um desses tipos possui características próprias e uma relação intrínseca que contribui para o desenvolvimento cognitivo do indivíduo.

A aprendizagem representacional, como no caso da atribuição de um nome, apresenta semelhanças com a aprendizagem por memorização. Esse tipo de aprendizagem ocorre sempre que os símbolos arbitrários adquirem um significado equivalente ao dos referentes, sejam eles objetos, acontecimentos ou conceitos, e possuem para o aprendiz o mesmo significado que esses referentes representam (AUSUBEL, 2003).

Os conceitos podem ser definidos como objetos, acontecimentos, situações ou propriedades que compartilham atributos específicos comuns e são designados por um mesmo símbolo ou signo. Identificam-se dois métodos principais de aprendizagem conceitual: a

formação conceitual, predominante nas crianças mais jovens, e a assimilação conceitual, que se torna a forma dominante de aprendizagem conceitual em crianças em idade escolar e adultos (AUSUBEL, 2003).

Na formação conceitual, os atributos específicos de um conceito são adquiridos por meio de experiências diretas, em um processo que envolve formulação de hipóteses, testes sucessivos e generalizações. Para Ausubel (2003), verifica-se que os conceitos desempenham um papel central na teoria da assimilação, uma vez que a compreensão significativa e a resolução de problemas dependem amplamente da disponibilidade de conceitos subordinantes, utilizados na subsunção, e de conceitos subordinados, envolvidos na formação de novos conceitos, dentro da estrutura cognitiva do aprendiz. Segundo Moreira (2012), a aprendizagem conceitual pode ocorrer por subordinação, superordenação ou combinação, relativamente a conhecimentos prévios existentes na estrutura cognitiva.

Quanto ao terceiro tipo, em Ausubel (2003), a aprendizagem significativa de proposições verbais, embora mais complexa do que a aprendizagem do significado das palavras isoladas, é semelhante à aprendizagem representacional. Isso ocorre porque novos significados surgem quando uma tarefa de aprendizagem se conecta significativamente e interage com ideias já presentes na estrutura cognitiva. No entanto, nesse caso, a tarefa de aprendizagem, ou proposição potencialmente significativa, é composta por uma ideia que se expressa verbalmente numa frase. Essa frase contém significados denotativos e conotativos das palavras, além das funções sintáticas e das relações entre elas.

O conteúdo cognitivo gerado durante o processo de aprendizagem significativa constitui o novo significado, sendo resultado da interação específica entre a nova proposição e as ideias relevantes já fundamentadas na estrutura cognitiva. Essa relação pode ser subordinada, superordenada ou combinatória (MOREIRA, 2012).

Estas podem ser do tipo subordinada, quando o novo conceito ou proposição é assimilado por conceitos ou proposições superordenados específicos existentes na estrutura cognitiva; superordenada, quando o novo conceito ou proposição relaciona-se a ideias subordinadas específicas que são por ele assimiladas; combinatória, quando a nova informação não se relaciona nem a ideias subordinadas nem a ideias superordenadas específicas, mas com antecedentes amplos, gerais, de um conteúdo relevante existente na estrutura cognitiva (MOREIRA, 1982, pag. 95).

Para facilitar a compreensão, podem-se referir a esses conceitos ou proposições como as ideias relevantes presentes na estrutura cognitiva. Para indicar que a aprendizagem significativa envolve uma interação interativa entre o novo material e as ideias preexistentes, utiliza-se o termo "ancoragem", que sugere a conexão das novas informações

com as ideias previamente formuladas ao longo do tempo. Por exemplo, no processo de subsunção, verifica-se que as ideias subordinantes preexistentes servem de ancoragem para a aprendizagem significativa das novas informações (AUSUBEL, 2003).

2.2.2 Subsunoçores: Como novos conceitos são ancorados na estrutura cognitiva existente.

Na teoria de David Ausubel, pioneiro da Teoria da Aprendizagem Significativa, foram introduzidos os conceitos de "subsunoçor" e "ideia-âncora", elementos essenciais que atuam como pontos de referência na estrutura cognitiva do aprendiz. Esses conceitos facilitam a construção de uma compreensão mais profunda e duradoura do novo material, promovendo um processo de aprendizagem mais eficaz e a retenção de informações (MOREIRA, 1999).

O subsunoçor refere-se a um conhecimento pré-existente na estrutura cognitiva que, ao interagir com novos conteúdos, possibilita atribuir-lhes significado. Recomenda-se evitar a "coisificação" ou "materialização" do subsunoçor como um conceito fixo, pois observa-se que ele pode assumir diversas formas, como uma concepção, um construto, uma proposição, uma representação, um modelo ou qualquer outro tipo de conhecimento prévio relevante. Essa flexibilidade torna o subsunoçor fundamental para a aprendizagem significativa de novos conteúdos (MOREIRA, 2012).

2.2.3 Organizadores prévios: Estratégias para introduzir novos temas

Quando não há ideias-âncora na estrutura cognitiva do aprendiz, torna-se essencial a utilização de organizadores prévios. Estes atuam como "ancoradouros provisórios" para a nova aprendizagem, promovendo o desenvolvimento de conceitos, ideias e proposições relevantes que facilitam a assimilação subsequente. Foi proposta por Ausubel a utilização dos organizadores prévios como estratégia intencional para manipular a estrutura cognitiva e, assim, promover a aprendizagem significativa. Verifica-se que, na prática pedagógica, diversas estratégias podem ser aplicadas para implementar esses organizadores prévios de maneira eficaz (MOREIRA, 2012).

Nesse âmbito, os organizadores específicos, cuidadosamente elaborados para cada unidade de ensino, demonstram maior eficácia do que simples comparações introdutórias entre o novo conteúdo e o conhecimento prévio. Entre suas principais vantagens, destacam-se: a) a

possibilidade de o discente identificar o conteúdo relevante dentro da estrutura cognitiva e compreender sua importância para a aprendizagem do novo material; b) a oferta de uma visão geral do conteúdo em um nível mais abstrato, destacando as relações essenciais; c) o fornecimento de elementos organizacionais inclusivos, que considerem de forma mais eficaz e evidenciem melhor o conteúdo específico do novo material (MOREIRA E MASINI, 1982).

Observa-se que a eficácia dos organizadores prévios aumenta significativamente quando são apresentados no início das tarefas de aprendizagem, pois, dessa forma, suas propriedades integrativas ficam mais evidentes. Quando introduzidos simultaneamente ao material a ser aprendido, essas propriedades podem não ser tão destacadas. Para garantir a utilidade dos organizadores, é necessário que sejam formulados de maneira familiar ao discente, permitindo sua compreensão e aprendizagem com facilidade. Além disso, requer-se que o material de aprendizagem seja bem organizado, garantindo que os organizadores tenham um valor pedagógico real, facilitando a compreensão e assimilação do novo conhecimento de forma eficaz (MOREIRA E MASINI, 1982).

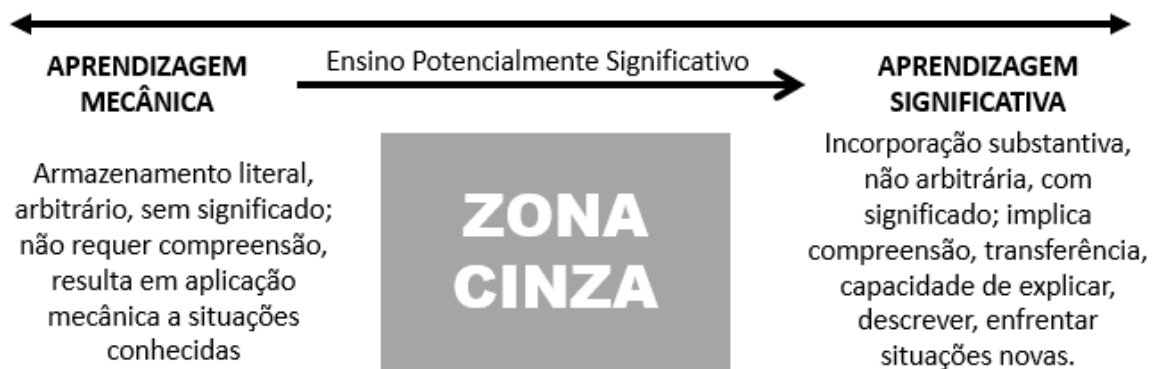
Dentre as estratégias que podem ser utilizadas para implementar organizadores prévios na prática pedagógica, destacam-se os mapas conceituais, representações visuais que ajudam a estabelecer relações entre os conceitos principais (MOREIRA, 2006). Recomenda-se o uso de resumos introdutórios para oferecer uma visão geral do tema, bem como a elaboração de perguntas norteadoras que estimulem o discente a refletir sobre o assunto e a conectar-se com os conhecimentos anteriores. Verifica-se igualmente a eficácia das analogias, que associam novos conteúdos a situações ou conceitos familiares, facilitando a compreensão.

2.2.4 Aprendizagem Mecânica e sua relação com a Aprendizagem Significativa

Até o presente momento, abordou-se a aprendizagem significativa, os fatores que mais a influenciam, as condições necessárias para sua ocorrência e os recursos instrucionais que podem facilitar esse processo. Contudo, observa-se que um tipo de aprendizagem que predomina nas escolas é a aprendizagem mecânica, caracterizada como um processo quase sem significado, puramente memorístico, cuja principal utilidade limita-se à realização de provas e que, após o ato de avaliação, é rapidamente esquecida. Esse modelo de aprendizagem, muitas vezes denominado de "decoreba" pelos discentes, é frequentemente incentivado nas práticas educacionais, mas carece de uma compreensão mais profunda (MOREIRA, 2012).

Ressalta-se, no entanto, que a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica não são opostas ou excludentes; verifica-se que elas coexistem ao longo de um contínuo. Entre elas, existe uma "zona cinza", conforme ilustrado na Figura 1, o que implica que a transição entre esses dois tipos de aprendizagem não ocorre de forma automática ou natural. Não se pode afirmar que um discente, ao aprender inicialmente de forma mecânica, inevitavelmente alcançará a aprendizagem significativa ao final do processo. Embora isso seja possível, depende de condições específicas, como a presença de subsunçores adequados, a predisposição do discente para aprender, materiais de ensino potencialmente significativos e a mediação do professor. No entanto, na prática, essas condições nem sempre estão presentes, o que acaba favorecendo a prevalência da aprendizagem mecânica (MOREIRA, 2012).

Figura 1: Representação do continuum entre aprendizagem mecânica e aprendizagem significativa.



Fonte: Adaptação de Moreira (2012).

Destaca-se como principal vantagem da aprendizagem significativa, quando comparada à mecânica, a compreensão do conteúdo, a atribuição de significado ao que é aprendido e a capacidade de transferir esse conhecimento para novas situações. Na aprendizagem mecânica, verifica-se que o discente apresenta capacidade de lidar apenas com situações conhecidas e rotineiras. Com o passar do tempo, constata-se que a vantagem da aprendizagem significativa também se manifesta na maior retenção do conteúdo e na possibilidade de reaprendizagem em muito menos tempo em relação à aprendizagem mecânica, que carece dessa flexibilidade e durabilidade.

Evidencia-se como principal vantagem da aprendizagem significativa, em comparação à mecânica, sua capacidade de promover: (1) a compreensão do conteúdo, (2) a atribuição de significado ao que é aprendido e (3) a transferência desse conhecimento para

novas situações. Por outro lado, na aprendizagem mecânica, verifica-se que o discente apresenta limitações para lidar apenas com situações conhecidas e rotineiras. A longo prazo, observa-se que a aprendizagem significativa demonstra maior retenção do conteúdo e possibilidade de reaprendizagem em menor tempo quando comparada à aprendizagem mecânica, que se mostra carente dessa flexibilidade e durabilidade.

2.2.5 Diferenciação Progressiva e Reconciliação Integrativa: Construção gradual e coerente do conhecimento

No contexto educacional, compreender os processos pelos quais os discentes constroem e integram conhecimentos constitui-se como fundamental para promover uma aprendizagem eficaz. David Ausubel, em sua Teoria da Aprendizagem Significativa, apresenta dois princípios centrais que norteiam esse processo: a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa. Esses conceitos explicam como novos conteúdos devem ser introduzidos e conectados aos conhecimentos prévios de forma gradual e consistente, assegurando uma aprendizagem mais profunda e rigorosa. Ao serem aplicados esses princípios, os educadores podem desenvolver estratégias de ensino que respeitem as estruturas cognitivas dos discentes, potencializando a retenção e a aplicação prática dos conteúdos.

A diferenciação progressiva corresponde ao processo no qual novos significados são atribuídos a um subsunçor (como um conceito ou uma proposição, por exemplo) por meio da utilização contínua desse subsunçor para dar sentido a novos conhecimentos. Cabe destacar que a aprendizagem significativa ocorre a partir da interação não arbitrária e não literal entre o conhecimento novo e o conhecimento prévio (subsunçores) especificamente relevantes. Por meio de interações sucessivas, um subsunçor passa, progressivamente, a adquirir novos significados, tornando-se mais complexo, refinado e capaz de servir como base para novas aprendizagens significativas (MOREIRA, 2006; 2012).

Partindo do pressuposto de que a estrutura cognitiva é organizada hierarquicamente, a aquisição do conhecimento torna-se mais eficaz quando segue o processo de diferenciação progressiva. Desse modo, recomenda-se que o conteúdo seja apresentado de maneira estruturada e gradual, visando facilitar a aprendizagem significativa. Entretanto, a programação do conteúdo não deve se limitar a promover a diferenciação progressiva, mas também deve incluir a exploração explícita das relações entre conceitos e proposições, com o destaque de diferenças e semelhanças importantes e a reconciliação de eventuais

inconsistências, como propõe Ausubel em sua noção de reconciliação integrativa (MOREIRA, 2006; 2012).

A reconciliação integrativa configura-se como um processo dinâmico da estrutura cognitiva, que ocorre simultaneamente à diferenciação progressiva. Esse mecanismo envolve: a eliminação de diferenças aparentes, a resolução de inconsistências, a integração de significados e a criação de hierarquias conceituais. Quando ocorre a aprendizagem significativa, torna-se necessário, gradualmente, diferenciar os significados dos novos conhecimentos adquiridos para perceber as distinções entre eles. Contudo, evidencia-se igualmente a importância da reconciliação integrativa. Caso haja concentração apenas na diferenciação dos significados, pode-se perceber tudo como distinto; por outro lado, a busca exclusiva por integrar os significados pode resultar na percepção de todos os conceitos como iguais. Ambos os processos ocorrem simultaneamente e são necessários para o desenvolvimento cognitivo, embora apresentem intensidades diferentes. Verifica-se que a diferenciação progressiva está mais associada à aprendizagem significativa subordinada, mais comum, enquanto a reconciliação integrativa está mais relacionada à aprendizagem significativa superordenada, que ocorre com menor frequência (MOREIRA, 2006; 2012).

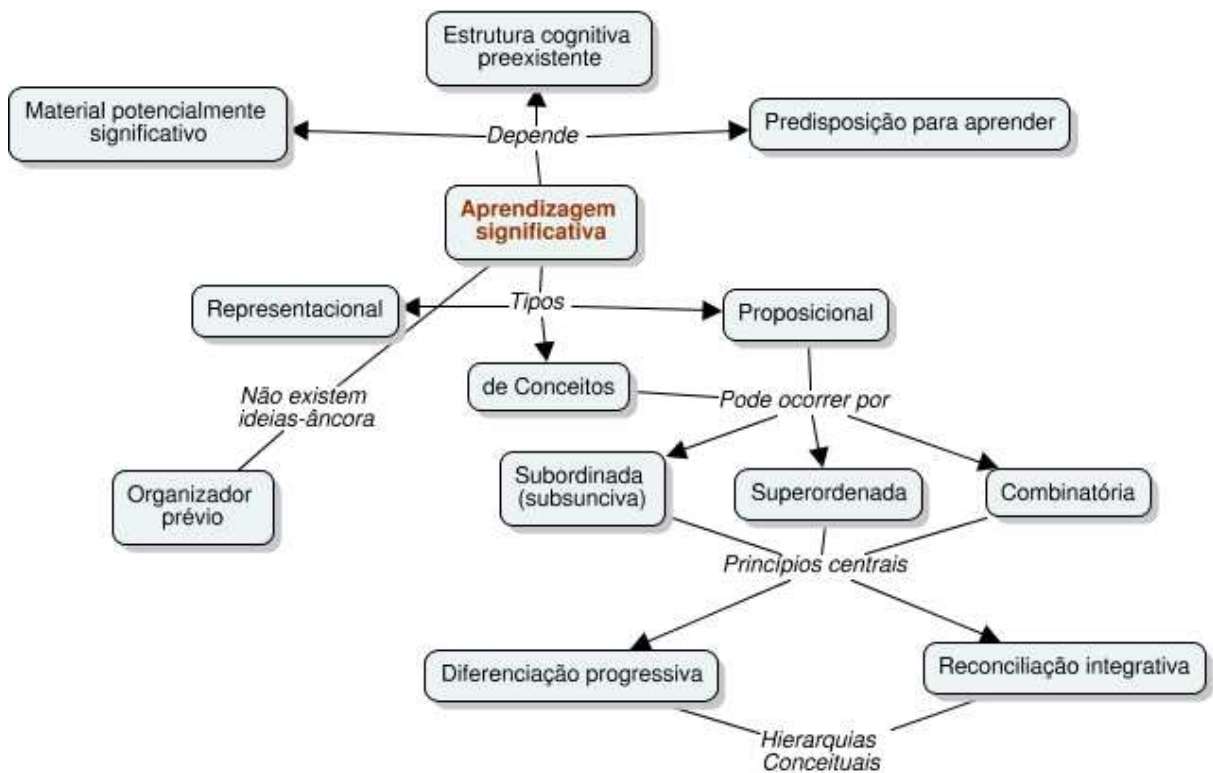
A reconciliação integradora tem a tarefa facilitada no ensino expositivo, se o professor e/ou os materiais de instrução anteciparem e contra-atacarem, explicitamente, as semelhanças e diferenças confusas entre novas ideias e ideias relevantes existentes e já estabelecidas nas estruturas cognitivas dos aprendizes (AUSUBEL, 2003, pag. 6).

Constata-se que a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa configuram-se como processos simultâneos e fundamentais na dinâmica da estrutura cognitiva, além de representarem princípios orientadores na programação do conteúdo a ser ensinado. Por meio desses processos, verifica-se que o aprendiz organiza sua estrutura cognitiva de forma hierárquica em um determinado campo de conhecimento. Essa hierarquia reflete a existência de subsunções mais gerais e inclusivos em relação a outros, embora não se trate de uma estrutura fixa. À medida que ocorrem os processos de diferenciação progressiva e reconciliação integrativa, observa-se que a estrutura cognitiva passa por modificações, adaptando-se e refinando-se continuamente (MOREIRA, 2012).

Na Figura 2, encontram-se representados esquematicamente os principais conceitos da teoria de Ausubel, organizados em um mapa conceitual que reflete a estrutura lógica e hierárquica de suas ideias. Esse diagrama apresenta, de forma visual e inter-

relacionada, os elementos-chave da aprendizagem significativa, destacando como eles se articulam para formar uma visão integrada.

Figura 2: Mapa conceitual da teoria de Ausubel



Fonte: Adaptação de Moreira (1980), construído com o apoio do programa CMap Tools.

2.3 A Mediação do Professor na Construção de Significados: Estratégias para promover a aprendizagem significativa

No processo de ensino, estabelecem-se objetivos, conteúdos e métodos, porém a assimilação desses elementos depende da atividade mental dos discentes. Os conhecimentos, habilidades, atitudes e modos de agir não podem ser simplesmente transferidos da mente do professor para a mente dos discentes, pois não são objetos físicos. A aprendizagem efetiva ocorre mediante a orientação do professor, quando as crianças mobilizam suas próprias atividades físicas e mentais no estudo dos conteúdos (LIBÂNEO, 2017).

O professor, enquanto mediador, deve promover a "negociação de significados" para que, durante o processo de ensino, o discente possa assimilar os significados já estabelecidos no contexto da disciplina. Para a ocorrência da aprendizagem significativa, são

necessárias duas condições: 1) a presença de novos conhecimentos, apresentados por materiais instrucionais, que sejam potencialmente significativos; e 2) a predisposição do aprendiz para aprender. A primeira condição relaciona-se diretamente ao conhecimento prévio do discente, pois, sem uma base preexistente, nenhum novo conhecimento poderá ser considerado potencialmente significativo. Quanto à predisposição para aprender, esta também se associa ao conhecimento prévio, pois, em geral, observa-se que quanto maior o domínio significativo de um campo de saberes, maior a motivação para adquirir novos conhecimentos nesse mesmo campo ou em áreas correlatas (MOREIRA, 2012).

A primeira condição requer materiais de ensino elaborados de forma a facilitar a aprendizagem significativa. Isso pode ser alcançado mediante estruturas organizacionais claras, conexões com o conhecimento prévio do discente e a elaboração de situações de aprendizado que promovam a reflexão e a compreensão profunda (MOREIRA, 2012).

Nesse âmbito, os docentes atuam como facilitadores, auxiliando os discentes na construção de seu conhecimento por meio da criação de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), que buscam proporcionar uma aprendizagem significativa. Essa abordagem possibilita que os educadores conectem os conteúdos às experiências e interesses dos discentes, tornando o processo de ensino mais dinâmico e envolvente.

A segunda condição refere-se à disposição do aprendiz para estabelecer conexões substanciais entre o novo material e sua estrutura cognitiva, em contraposição à absorção mecânica. Moreira (2012) salienta que a segunda condição para a aprendizagem significativa encontra-se vinculada ao conhecimento prévio do indivíduo. Evidencia-se que quanto mais alguém domina um determinado campo de conhecimentos, maior tende a ser sua predisposição para novas aprendizagens, tanto nesse campo quanto em áreas afins.

A relação causal entre motivação e aprendizagem é tipicamente recíproca, e não unidimensional. por essa razão e porque a motivação não é uma condição indispensável para aprendizagem é desnecessário pospor atividade de aprendizagem até que interesse e motivações apropriados tenham sido desenvolvidos. frequentemente a melhor maneira de ensinar discentes não motivados consiste em ignorar seu presente estado motivacional e concentra se em ensiná-los tão efetivamente quanto possível. Algum grau de aprendizagem ocorrerá em qualquer caso a despeito da falta de motivação. e, a partir da satisfação inicial de aprender, esses estudantes desenvolvem retroativamente a motivação para aprender mais. (AUSUBEL, 1980, pag. 334).

Segundo Moreira (1999), a motivação do aprendiz, por si só, não garante que o processo e o resultado da aprendizagem sejam significativos. É imprescindível que o material de estudo seja potencialmente significativo; caso contrário, mesmo a maior disposição para

aprender não resultará em uma compreensão profunda. Essa perspectiva evidencia a importância de selecionar conteúdos que possam ser integrados à estrutura cognitiva do discente, o que possibilita que a aprendizagem se torne realmente relevante e contextualizada.

Gowin (apud MOREIRA, 2012) propõe uma relação triádica envolvendo professor, materiais educativos e aprendiz. Nessa concepção, um episódio de ensino-aprendizagem ocorre quando há um compartilhamento de significados entre discente e professor, mediado pelos conhecimentos transmitidos através dos materiais educativos do currículo. Nessa dinâmica, ambos buscam alinhar seus significados, promovendo uma congruência em relação aos conteúdos abordados.

A seguir, abordam-se as UEPS, que serviram de base para a elaboração dos roteiros de aulas apresentados no produto educacional e que favoreceram uma abordagem pedagógica voltada à promoção da aprendizagem significativa.

2.4 Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS)

A construção da Unidade de Ensino Potencialmente Significativa (UEPS) tem como finalidade o desenvolvimento de unidades de ensino que promovam a aprendizagem significativa de tópicos específicos, tanto no campo do conhecimento declarativo quanto no procedimental. A fundamentação teórica que sustenta essa prática baseia-se no princípio de que o ensino só se concretiza efetivamente quando ocorre a aprendizagem, sendo esta última significativa. Entende-se que o ensino constitui-se como o meio para alcançar a aprendizagem significativa, a qual representa o verdadeiro fim. Para tanto, os materiais de ensino devem ser cuidadosamente elaborados para que sejam potencialmente significativos, viabilizando a assimilação e a integração do novo conhecimento (MOREIRA, 2012).

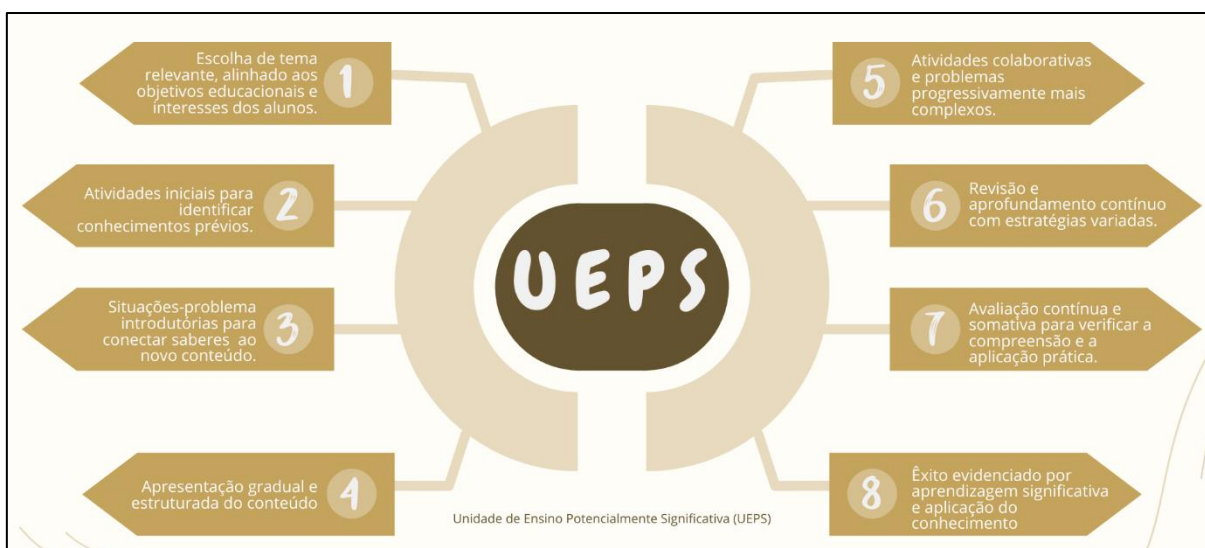
[...] como o modelo e a aprendizagem mecânica como a aprendizagem. Na prática, uma grande perda de tempo. Com a intenção de contribuir para modificar, pelo menos em parte, essa situação, propõe-se neste trabalho a construção de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas. São sequências de ensino fundamentadas teoricamente, voltadas para a aprendizagem significativa, não mecânica, que podem estimular a pesquisa aplicada em ensino, aquela voltada diretamente à sala de aula (MOREIRA, 2012, pag. 45).

Para o desenvolvimento de uma sequência pedagógica que transcenda a mera apresentação dos tópicos do currículo e integre elementos adicionais, como a aplicação prática do conhecimento no cotidiano do discente, torna-se essencial considerar com cuidado o tempo

disponível ao longo do ano letivo. Adicionalmente, a escolha criteriosa dos conteúdos a serem abordados de forma efetiva mostra-se crucial. A UEPS configura-se como um conceito pedagógico que se baseia na ideia de que o ensino deve ser estruturado de forma a tornar o aprendizado dos discentes mais significativo e relevante para suas vidas. Conforme Moreira (2011), as UEPS possuem como princípio central que o ensino só se concretiza quando ocorre uma aprendizagem significativa, enfatizando a importância de conectar os conteúdos às experiências dos discentes para promover um aprendizado efetivo.

Com base na TAS de Ausubel, Moreira (2011) propõe oito etapas para a elaboração de uma UEPS, as quais encontram-se sintetizadas no mapa conceitual da Figura 3. Essa sequência didática visa não somente a transmissão de conteúdos, mas também a promoção de uma conexão entre o conhecimento prévio dos discentes e novos conceitos.

Figura 3: Mapa metal das UEPS



Fonte: Acervo da autora (2024).

Em síntese, as oito etapas envolvem desde a identificação dos conhecimentos prévios relevantes até a aplicação prática dos novos conteúdos, assegurando que a aprendizagem seja realmente significativa e contextualizada. A seguir, apresenta-se uma síntese detalhada desses passos:

1. Definição do tema abordado: Seleciona-se um tema relevante e apropriado para o conteúdo a ser ensinado, considerando os objetivos educacionais e os interesses dos discentes. Os aspectos procedimentais envolvem as habilidades cognitivas necessárias para executar ações, representadas mentalmente por meio de produções (MOREIRA, 2012).

2. Criação de situações para externalizar conhecimentos prévios: Propõem-se atividades que possibilitam aos discentes expressar o que já sabem sobre o tema. Essa abordagem permite identificar suas concepções prévias e estabelecer uma base sólida para a construção de novos conhecimentos.
3. Proposição de situações-problema: Considera-se essencial propor situações-problema em nível introdutório, tomando como base o conhecimento prévio dos discentes. Essas situações funcionam como organizadores prévios, possibilitando conexões significativas com os novos conhecimentos. Recomenda-se que sejam apresentadas por meio de simulações, demonstrações, vídeos e questões do cotidiano, possibilitando conexões significativa com os novos conhecimentos. Recomenda-se que sejam apresentadas por meio de simulações, demonstrações, vídeos e questões do cotidiano, sempre de forma acessível e problemática (MOREIRA, 2012).
4. Apresentação do conhecimento: Introduz-se o conteúdo a ser aprendido, seguindo o princípio da diferenciação progressiva. Inicia-se com uma visão geral do tema, destacando os pontos mais relevantes.
5. Aprofundamento do conteúdo: Retomam-se os aspectos estruturantes em nível mais elevado de complexidade. As situações-problema devem ser oferecidas em níveis crescentes de dificuldade, promovendo uma compreensão integradora. Em seguida, sugerem-se atividades colaborativas com mediação docente (MOREIRA, 2012).
6. Consolidação: Reavaliam-se as características mais relevantes do conteúdo de maneira integradora, utilizando-se diversas estratégias. Novas situações-problema são introduzidas em níveis mais elevados de complexidade (MOREIRA, 2012).
7. Avaliação: Implementa-se uma avaliação contínua, registrando-se evidências de aprendizagem significativa. Realiza-se também uma avaliação somativa individual com questões validadas por docentes experientes (MOREIRA, 2012).
8. Verificação de resultados: Considera-se a UEPS bem-sucedida quando se observam evidências de aprendizagem significativa, como capacidade de aplicação de conhecimentos. Ressalta-se que a aprendizagem significativa é um processo progressivo (MOREIRA, 2012).

Conforme Moreira (2012), a elaboração de uma UEPS deve incluir aspectos transversais, como diversificação de materiais, estímulo ao diálogo crítico e possibilidade de os discentes proporem situações-problema. Embora se enfatizem atividades, recomenda-se incluir momentos individuais.

Aspectos transversais:

- em todos os passos, os materiais e as estratégias de ensino devem ser diversificados, o questionamento deve ser privilegiado em relação às respostas prontas, e o diálogo e a crítica devem ser estimulados;
- como tarefa de aprendizagem, em atividades desenvolvidas ao longo da UEPS, pode-se pedir aos discentes que proponham, eles mesmos, situações-problema relativas ao tópico em questão;
- embora a UEPS deva privilegiar as atividades colaborativas, a mesma pode também prever momentos de atividades individuais (MOREIRA, 2012, pág. 45).

A aprendizagem significativa não deve ser equiparada à simples aprendizagem de um material considerado significativo. Em primeiro lugar, o material de aprendizagem é apenas potencialmente significativo, ou seja, sua efetividade depende de outros fatores. Em segundo lugar, requer-se que o aprendiz utilize um mecanismo de aprendizagem capaz de favorecer a construção de significados. Embora se reconheça que o material de aprendizagem possa conter elementos intrinsecamente significativos, como pares de adjetivos, a tarefa de aprender, particularmente quando envolve conteúdos arbitrariamente associados, pode não ser caracterizada como "logicamente" significativa. Ademais, mesmo materiais logicamente relevantes podem ser assimilados de forma mecânica e memorística, caso não seja aplicado um processo significativo na aprendizagem (AUSUBEL, 2003).

2.5 Indicadores e desafios na avaliação da aprendizagem significativa

No que se refere à oitava etapa das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), Moreira (2012) destaca a necessidade de avaliar a eficácia de uma unidade de ensino com base na presença de evidências de aprendizagem significativa nos discentes. Entretanto, conforme Ausubel (1980), demonstrar a ocorrência desse tipo de aprendizagem não constitui uma tarefa trivial. Uma compreensão genuína exige o domínio de significados claros, precisos, diferenciados e transferíveis. Contudo, ao solicitar-se que um indivíduo descreva atributos essenciais de um conceito, corre-se o risco de obter apenas verbalizações memorizadas mecanicamente.

Para superar esse desafio, recomenda-se que os testes de compreensão sejam aplicados em contextos distintos daqueles em que o conteúdo foi originalmente aprendido. Entre as estratégias eficazes, incluem-se: solicitar aos estudantes que diferenciem ideias correlatas, mas não idênticas, ou que identifiquem elementos característicos de um conceito a partir de uma lista com opções relacionadas. Adicionalmente, constata-se que a solução criativa de problemas configura-se como uma das formas mais eficazes de avaliar a

compreensão significativa. Ressalta-se, porém, a importância de conduzir o processo avaliativo com cuidado, evitando-se interpretações equivocadas (AUSUBEL, 1980).

A solução criativa de problemas é amplamente reconhecida como um dos métodos mais eficazes para avaliar a compreensão significativa das ideias verbalizadas. No entanto, é fundamental evitar interpretações precipitadas. Embora se trate de um método válido, não se pode inferir que um discente incapaz de resolver problemas específicos careça completamente de compreensão dos princípios envolvidos. A resolução bem-sucedida de problemas demanda diversas habilidades, tais como raciocínio lógico, flexibilidade cognitiva e capacidade de aplicação estratégica. Dessa forma, as dificuldades apresentadas podem estar relacionadas mais a deficiências nessas habilidades específicas do que a uma ausência real de compreensão. Em certos casos, a incapacidade de resolver problemas pode inclusive sugerir um nível de compreensão insuficiente para aplicação prática em situações complexas (AUSUBEL, 1980).

Ausubel (1980) reforça em sua obra *Psicologia Educacional*:

Um outro método válido para testar a ocorrência de aprendizagem significativa não envolve esta dificuldade de interpretação. Neste caso, o indivíduo entra em contato com um novo tipo de questão, sequencialmente dependente, que possivelmente não será dominado na ausência de compreensão real de uma tarefa de aprendizagem prévia (AUSUBEL, 1980, pag. 123).

Conclui-se que a avaliação da aprendizagem significativa requer um equilíbrio entre rigor e sensibilidade interpretativa. Torna-se necessário transcender a simples verificação da memorização mecânica, priorizando-se instrumentos e estratégias que permitam evidenciar o entendimento genuíno e a capacidade de transferir e aplicar conhecimentos em diferentes contextos.

3. DOS CONCEITOS DE FÍSICA

Neste capítulo, abordam-se os conceitos da física que sustentam os estudos e aplicações apresentados na dissertação. Objetiva-se explorar, de forma detalhada, os princípios teóricos e as características dos sistemas analisados, bem como suas implicações práticas e experimentais.

A estrutura do capítulo compreende duas seções principais. A primeira seção dedica-se ao estudo do pêndulo simples e amortecido, abordando desde o conceito básico até as condições específicas para pequenas amplitudes. Nesta parte, analisa-se o comportamento dinâmico do pêndulo amortecido e estabelece-se uma comparação entre o movimento e o comportamento de ambos os tipos de pêndulos, o que possibilita uma análise abrangente e detalhada sobre o tema. Na segunda seção, apresentam-se os conceitos de ondas sonoras, com ênfase em suas propriedades fundamentais, incluindo-se a distinção entre ondas longitudinais e transversais, bem como uma análise da velocidade do som.

3.1 Conceito de pêndulo simples e amortecido

Inicia-se com uma exploração dos conceitos fundamentais ligados ao pêndulo simples, desconsiderando-se inicialmente a influência da resistência do ar. Em seguida, abordam-se pêndulos como integrantes da categoria de osciladores harmônicos, discutindo-se a dissipação de energia devido à resistência do ar que resulta em um movimento oscilatório com amplitude decrescente. Por fim, apresentam-se as equações de movimento modificadas pelo amortecimento, analisando-se como o fator de resistência do ar influencia as soluções do sistema e como isso afeta o comportamento do pêndulo ao longo do tempo. Esses tópicos constituem-se como fundamentais para a compreensão de diversos fenômenos físicos e apresentam aplicações práticas relevantes no ensino e na pesquisa.

3.1.1 O estudo de Pêndulo simples e amortecido

Os pêndulos representam um exemplo clássico de osciladores harmônicos simples, para as condições particulares em que a força restauradora é determinada pela força gravitacional. O pêndulo simples, modelado como uma partícula pontual suspensa por um fio de massa desprezível, ilustra de maneira clara e didática a conservação da energia mecânica durante seu movimento oscilatório. Segundo Halliday (2012), ao analisar-se um pêndulo

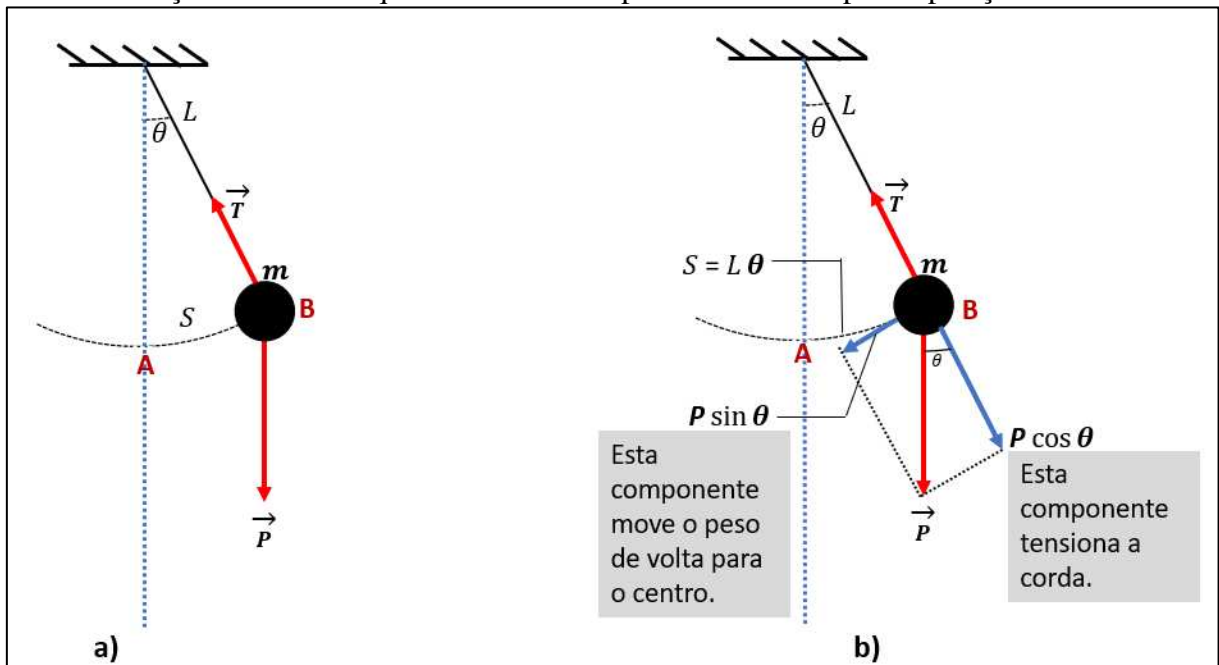
simples constituído por uma partícula de massa m suspensa por um fio de comprimento L , pode-se investigar se ele descreve um movimento harmônico simples.

3.1.2 O que é um pêndulo simples?

Como descrito por Halliday (2012), a força gravitacional pode ser decomposta em componentes que, ao atuar sobre a massa suspensa do pêndulo, geram um torque restaurador, que tende a trazer o pêndulo de volta à posição de equilíbrio ($\theta = 0$) Figura 4. Essa posição é onde o pêndulo permaneceria em repouso se não estivesse oscilando.

A Figura 4, mostra duas situações de análise do pêndulo simples. No diagrama (a), vemos uma partícula de massa (m) suspensa por um fio de comprimento (L) formando um ângulo θ com a vertical. As forças atuantes são a tração (\vec{T}) no fio e o peso (\vec{P}) da partícula. No diagrama (b), o peso (\vec{P}) é decomposto em duas componentes: a componente radial $P \cdot \cos \theta$ e a componente tangencial $P \sin \theta$. Essa decomposição é importante porque a componente tangencial é responsável pelo movimento oscilatório do pêndulo, agindo como uma força restauradora que traz a partícula de volta à posição de equilíbrio.

Figura 4: (a) Um pêndulo simples. (b) As forças que agem sobre a massa suspensa são a força gravitacional \vec{P} e a tensão \vec{T} do fio. A componente tangencial $P \sin \theta$ da força gravitacional é a força restauradora que tende a levar o pêndulo de volta para a posição central.

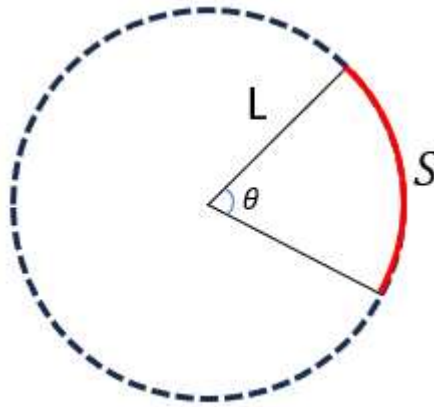


Fonte: Adaptado de Halliday (2012).

Um fio de comprimento L sustenta, em sua extremidade, uma partícula de massa m , posicionada em um ponto B, formando um ângulo θ em relação à posição de equilíbrio

(vertical). O ângulo (θ) é o ângulo formado entre o fio do pêndulo e a linha vertical. A fórmula associada ao comprimento do arco representado na Figura 5.

Figura 5: Comprimento de um Arco (S), onde o raio é representado por (L) e o ângulo por (θ)



Fonte: Acervo da autora (2024).

O comprimento de um arco S , em um círculo de raio L , é diretamente proporcional ao ângulo subtendido θ , expresso em radianos, conforme a relação $S = \theta \cdot L$. Essa fórmula destaca a conexão entre o movimento angular e o movimento linear ao longo do arco. Diferenciando essa expressão em relação ao tempo, obtém-se a velocidade tangencial, temos:

$$S = \theta \cdot L \rightarrow \frac{dS}{dt} = L \frac{d\theta}{dt} \quad (3.1)$$

,onde $\frac{d\theta}{dt}$ representa a velocidade angular. Ao realizar uma segunda diferenciação, chega-se à aceleração tangencial:

$$\frac{d^2S}{dt^2} = L \frac{d^2\theta}{dt^2} \quad (3.2)$$

Em mecânica, costuma ser útil decompor as forças envolvidas em um movimento, em suas componentes radial e tangencial, como ilustrado na Figura 4. Decompondo-se a aceleração do pêndulo simples em componentes radial (a_r) e tangencial (a_t), pode-se escrever a segunda lei de Newton como:

$$m \cdot \vec{a}_r = \vec{T} - ma \cos \theta \hat{u} \quad (3.3)$$

A equação acima, nos permite calcular o valor da tensão \vec{T} , para qualquer valor de θ .

Temos a *componente tangencial* que é a representada por uma única força, força gravitacional.

$$m\vec{a}_r = mg \text{ sen } \theta u \quad (3.4)$$

Usando a segunda lei de Newton e considerando a aceleração tangencial como sendo:

$$\vec{a}_r = \frac{d^2S}{dt^2} \quad (3.5)$$

Na equação supracitada, cada símbolo representa um conceito importante na Física, especialmente em Cálculo e Mecânica:

- Aceleração tangencial (\vec{a}_r). Essa é a taxa de variação da velocidade ao longo de uma trajetória, ou seja, a aceleração que atua na direção do movimento do objeto.
- Posição ou deslocamento (S). Representa a posição do objeto ao longo de uma trajetória em função do tempo.
- Tempo (t) A variável independente que mede a passagem do tempo durante o movimento.

A equação da segunda derivada de (s) em relação ao tempo (t), isto é, a taxa de variação da taxa da posição com o tempo, representa a aceleração, uma vez que quantifica a mudança da velocidade ao longo do tempo. Dessa forma, a equação caracteriza a aceleração tangencial como a segunda derivada da posição em relação ao tempo, definindo-a como a aceleração resultante que um objeto apresenta ao longo de uma trajetória.

Substituindo a equação (3.4) em (3.5):

$$m \frac{d^2S}{dt^2} = -mg \text{ sen } \theta \quad (3.6)$$

A massa é fator comum nos dois lados da equação, temos que:

$$\frac{d^2S}{dt^2} = -g \text{ sen } \theta \quad (3.7)$$

Voltando a equação (3.2) e substituindo o valor da derivada segunda do arco da circunferência em relação ao tempo, chegamos a:

$$L \frac{d^2\theta}{dt^2} = -g \text{ sen } \theta \rightarrow \frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L} \text{ sen } \theta \quad (3.8)$$

A equação tangencial (3.7) resulta na equação de movimento do pêndulo simples,

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{L} \text{sen } \theta \quad (3.9)$$

3.1.3 Considerações para pequenas amplitudes

No contexto do ensino médio, ao tratar do movimento harmônico simples, costuma-se considerar ângulos muito pequenos para simplificar os cálculos do período de oscilação de sistemas como o pêndulo simples. Essa abordagem fundamenta-se na premissa de que, para pequenas amplitudes, a aproximação $\text{sen}\theta \approx \theta$ (θ em radianos) mostra-se válida. Dessa maneira, conclui-se que o período de oscilação torna-se independente da amplitude, sendo esta uma conclusão que facilita a compreensão dos fenômenos oscilatórios por parte de estudantes em níveis iniciais de estudo, prescindindo de ferramentas matemáticas avançadas.

Ao analisar a Tabela 1, que apresenta os valores do seno de diferentes ângulos, verifica-se que a primeira coluna indica os ângulos de abertura em graus, a segunda coluna apresenta os ângulos correspondentes em radianos, e a terceira coluna fornece os valores do seno para cada ângulo. Essa relação revela-se de grande importância no tratamento de pequenas oscilações, uma vez que, para ângulos muito pequenos, o valor do seno de θ aproxima-se do valor de θ medido em radianos.

Tabela 1: valores do seno de ângulos, com indicação em graus e em radianos

| $\theta(\text{graus})$ | $\theta(\text{rad})$ | $\text{sen } \theta$ |
|------------------------|----------------------|----------------------|
| 30 | 0,5235987756 | 0,5 |
| 20 | 0,3490658504 | 0,3420201433 |
| 15 | 0,2617993878 | 0,2588190451 |
| 10 | 0,1745329252 | 0,1736481777 |
| 5 | 0,0872664626 | 0,0871557427 |
| 1 | 0,0174532925 | 0,0174524064 |

Fonte: Acervo da autora (2024).

Em síntese, ao reduzir-se o ângulo, constata-se que o valor do seno em radianos aproxima-se do próprio valor do ângulo, validando-se a aproximação $\text{sen}\theta \approx \theta$ para ângulos pequenos. A análise dos dados tabulares confirma essa tendência, particularmente em ângulos menores como 15° , nos quais os valores do seno e do ângulo tornam-se praticamente idênticos. Essa simplificação revela-se fundamental em estudos de pequenas oscilações, viabilizando a aplicação de modelos lineares e facilitando a manipulação de equações, como exemplificado na Equação 3.9, que pode ser adaptada para refletir essa aproximação com maior precisão em contextos físicos.

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} \approx -\frac{g}{L}\theta \quad (3.9)$$

Assim, para pequenas amplitudes em relação a posição de equilíbrio a equação (3.9) se reduz, como deveria, à equação de oscilação harmônica.

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \frac{g}{L}\theta = 0 \quad (3.10)$$

A equação (3.10) é equivalente à equação do movimento harmônico simples:

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} + \omega^2\theta = 0 \quad (3.11)$$

Aqui, $\omega^2 = \frac{g}{L}$. Portanto, a frequência angular (ω) é:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (3.12)$$

Conexão com o período (T): A frequência angular é definida pela expressão abaixo onde o período (T) é:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} \quad (3.13)$$

Substituindo a equação (3.12) na equação (3.13) obtemos o valor do período (**T**) de oscilação do pêndulo simples para pequenas amplitudes.

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{L}} \quad (3.14)$$

$$\frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (3.15)$$

De acordo com Nussenzveig (2014), o período (T) de um pêndulo simples mostra-se independente da amplitude de oscilação, desde que esta se mantenha pequena. Esse fenômeno, denominado isocronismo das pequenas oscilações, foi inicialmente descrito por Galileu, o qual observou em "Duas Novas Ciências" que os períodos de vibração de corpos suspensos por fios de diferentes comprimentos relacionam-se com as raízes quadradas dos comprimentos desses fios.

No tópico subsequente, abordar-se-á o estudo do Pêndulo Simples Amortecido, o qual proporciona uma compreensão das dinâmicas presentes em sistemas oscilatórios sujeitos

a forças dissipativas. Essa análise permite compreender como a resistência do meio, tais como o ar ou outros fatores de atrito, influencia o movimento do pêndulo.

3.1.4 Estudo de Pêndulo Simples Amortecido

O entendimento do conceito de amortecimento mostra-se essencial para analisar o comportamento de sistemas oscilatórios reais, como exemplificado pelo pêndulo simples amortecido. Conforme abordado anteriormente, o pêndulo simples representa um modelo idealizado, sendo que, na prática, observa-se sempre dissipação de energia. No caso específico do pêndulo, essa dissipação deve-se à resistência do ar.

A força responsável pela dissipação de energia é denominada força de atrito. Essa força apresenta proporcionalidade com a velocidade do corpo em movimento, sendo sua direção sempre contrária ao movimento. Desse modo, a força de atrito pode ser expressa em termos do módulo da velocidade (v) por meio da equação:

$$\begin{aligned}\vec{F}_{atrito} &= -b\vec{v} \\ \vec{F}_{atrito} &= -b\frac{d\vec{x}}{dt}\end{aligned}\tag{3.16}$$

- Força de atrito (\vec{F}_{atrito}): É a força que resiste ao movimento relativo entre duas superfícies em contato.
- Constante de amortecimento (b): Representa a resistência oferecida pelo meio ao movimento do objeto.
- Velocidade do objeto (\vec{v}): É a taxa de variação do deslocamento em relação ao tempo.

Conforme citado em Halliday (2012), a equação ($\vec{F}_{atrito} = -b\vec{v}$) representa a força de amortecimento, onde (b) é uma constante que depende das características do sistema, como a massa suspensa e do ar em sua volta, sendo expressa em quilogramas por segundo no SI. O sinal negativo indica que a força de amortecimento se opõe ao movimento. Além disso, a força exercida pela mola sobre o bloco é dada por ($\vec{F} = -k\vec{x}$). Considerando que a força gravitacional é desprezível em comparação com as forças de amortecimento e da mola.

Halliday (2012), explica que a aplicação da segunda lei de Newton para as componentes ao longo do eixo (x) permite expressar a força resultante como a massa multiplicada pela aceleração na direção (x). Assim, a relação pode ser escrita:

$$-bv - kx = ma \quad (3.17)$$

A resistência dá origem a um termo adicional a equação (3.17), equação do oscilador harmônico, assim obtêm-se:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = -kx - b \frac{dx}{dt} \quad (3.18)$$

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + kx = 0$$

Dividindo todos os termos da equação (3.18) pela massa m , obtêm-se:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{b}{m} \frac{dx}{dt} + \frac{k}{m} x = 0 \quad (3.19)$$

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \gamma \frac{dx}{dt} + \omega^2 x = 0$$

Onde:

$$\omega^2 = \frac{k}{m}, \quad \gamma = \frac{b}{m} > 0$$

Na equação (3.19), o $\gamma = \frac{b}{m}$ foi inserido para simplificar a equação, ω é a frequência angular. Contudo qualquer equação diferencial pode ser descrita para sistemas gerais, como:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + A \frac{dx}{dt} + Bx = 0 \quad (3.20)$$

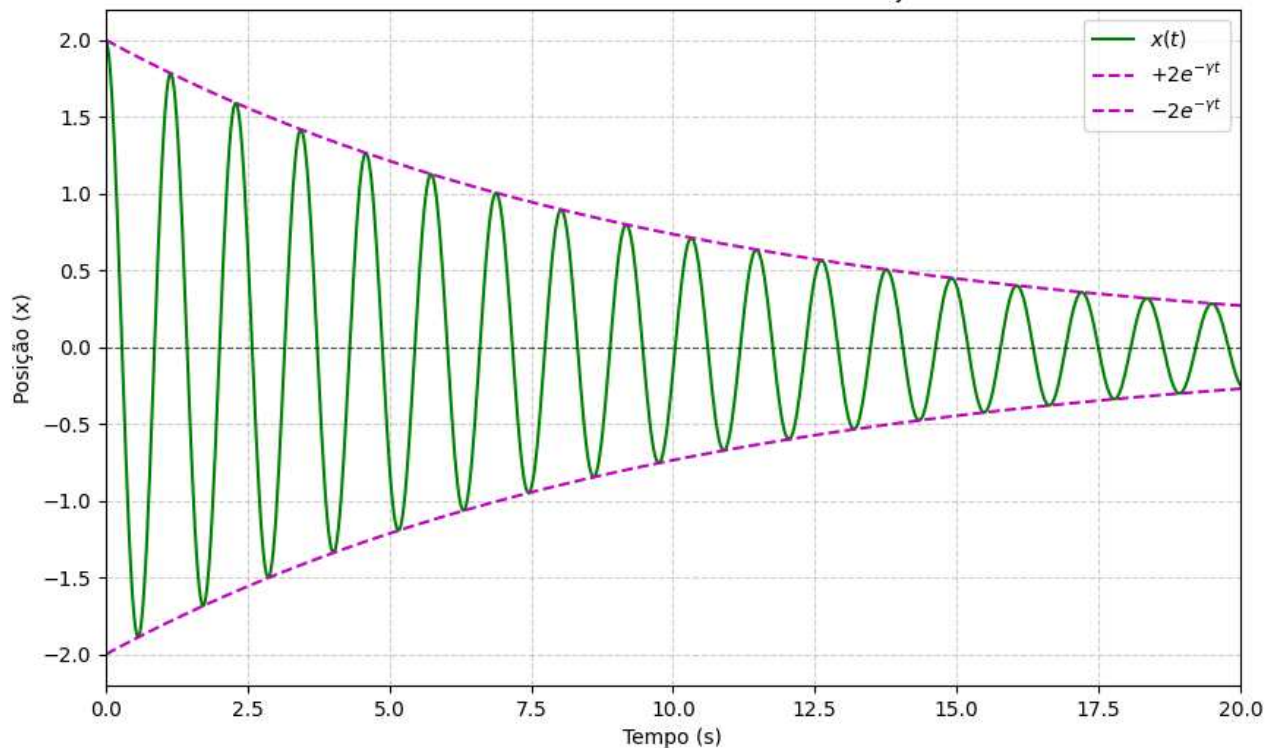
Onde o termo $A \frac{dx}{dt}$ descreve o amortecimento. Quando a constante de amortecimento A é igual a zero, o sistema retoma a execução de um movimento harmônico simples.

A solução da Eq. 3.20 é apresentada por Halliday (2012) como:

$$x(t) = x_m e^{\frac{-bt}{2m}} \cos(\omega' t + \phi) \quad (3.21)$$

Em que, x_m é a amplitude e ω' é a frequência angular do oscilador amortecido. Podem-se considerar a equação (3.21) como uma função cosseno cuja amplitude, dada por $x_m e^{\frac{-bt}{2m}}$, diminui com o tempo, como mostrado na Figura 6.

Figura 6: A função deslocamento $x(t)$ do oscilador amortecido. A amplitude, que é dada por $x_m e^{-\frac{bt}{2m}}$, diminui exponencialmente com o tempo



Fonte: Acervo da autora (2024).

Em Nussenzveig (2014), o caso da Figura 6 é considerado amortecimento subcrítico onde $\frac{-b}{m} < \omega^2$, o que significa que o sistema ainda apresenta oscilações, mas sua energia diminui gradualmente devido à resistência (como atrito ou força dissipativa).

Para um oscilador não amortecido, a energia mecânica é constante e é dada $E = \frac{1}{2} kx_m^2$. Se o oscilador é amortecido, a energia mecânica não é constante e diminui com o tempo. Se o amortecimento é pequeno, podemos determinar Energia total $E(t)$ substituindo x_m por $x_m e^{-\frac{bt}{2m}}$, a amplitude das oscilações amortecidas. Fazendo isso, obtemos a equação (HALLIDAY, 2012)

$$E(t) \approx \frac{1}{2} kx_m^2 e^{-bt/m} \quad (3.22)$$

, que nos diz que, como a amplitude, a energia mecânica diminui exponencialmente com o tempo.

3.1.5 Comparação entre pêndulo simples e pêndulo amortecido: Análise de movimento e comportamento

A comparação entre o Pêndulo Simples e o Pêndulo Amortecido evidencia distinções fundamentais quanto aos comportamentos dinâmicos e à natureza das energias associadas a cada sistema. O Pêndulo Simples, caracterizado como um oscilador ideal, apresenta um movimento isento de perdas de energia provocadas por atrito ou resistência do ar, em acordo com o princípio da conservação da energia mecânica. Em contrapartida, o Pêndulo Amortecido sofre perda de energia devido à ação de forças dissipativas, como o atrito. Sua dinâmica é representada por uma equação de movimento que inclui termos de amortecimento, resultando em decaimento exponencial da amplitude das oscilações.

3.2 Conceito de ondas sonoras

Neste tópico, serão abordados os conceitos de ondas sonoras. Inicialmente, serão explorados os fundamentos das ondas, com ênfase na diferenciação entre ondas longitudinais e transversais, bem como no estudo das características das ondas sonoras, incluindo-se sua propagação e velocidade.

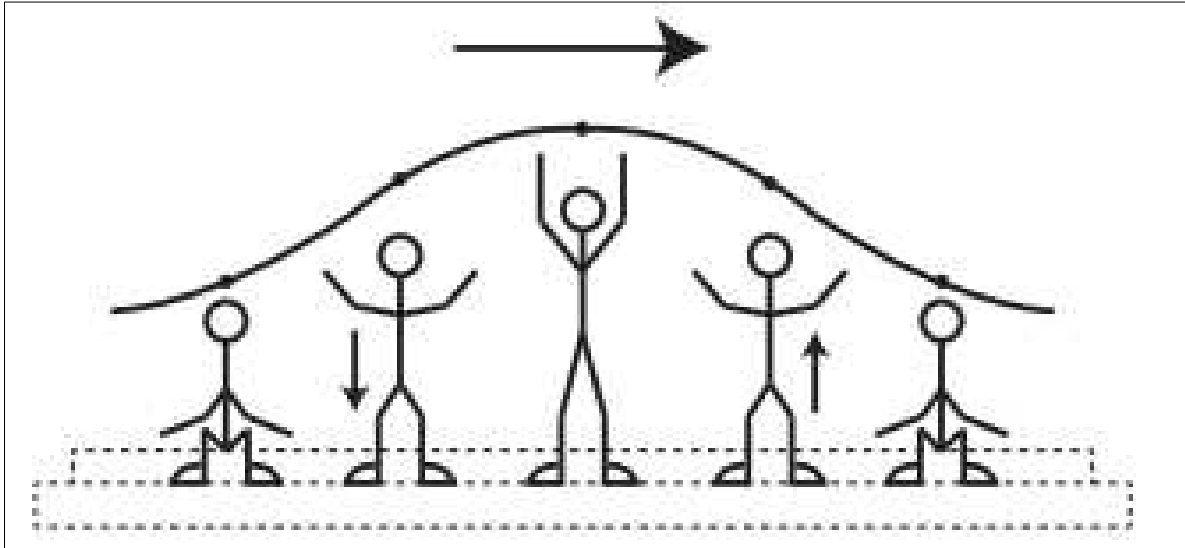
3.2.1 O conceito de onda

Em um sentido amplo, uma onda pode ser definida como uma perturbação que se propaga de um ponto a outro em um meio. Geralmente, esse termo é utilizado quando o efeito é transmitido entre dois pontos distantes sem que haja o transporte direto de matéria entre eles (NUSSENZVEIG, 2014).

Pode-se associar a perturbação causada por uma onda na superfície da água, por exemplo, à crista, que corresponde ao ponto de maior elevação da água. Nesse contexto, a onda é responsável por transportar energia e momento. Um exemplo seria a onda gerada por uma lancha em movimento sobre a superfície calma de um lago, que provoca o balanço de um barco distante ao alcançá-lo. No entanto, não ocorre o transporte direto de uma porção específica de água da lancha até o barco (NUSSENZVEIG, 2014).

Outro exemplo é a chamada "ola" ou "onda mexicana", como ilustrado na Figura 7 da Questão 65 da prova azul do primeiro dia do Enem 2013. Nesse fenômeno, os torcedores se levantam, erguendo os braços e depois voltam a se sentar, sendo seguidos por seus vizinhos. A "onda" se propaga sucessivamente ao longo da torcida, mas cada torcedor apenas se levanta e se senta, sem sair do lugar.

Figura 7: Onda (ola) mexicana ilustrada na questão 65 do Enem



Fonte: Enem (2013).

Como citado por Halliday, Resnick e Walker (2012), as ondas podem ser definidas como:

- 1 -Ondas mecânicas. Essas ondas são as mais conhecidas, já que estão presentes em toda parte; são, por exemplo, as ondas do mar, as ondas sonoras e as ondas sísmicas. Todas possuem duas características: são governadas pelas leis de Newton e existem apenas em meios materiais, como a água, o ar e as rochas.
- 2- Ondas eletromagnéticas. Essas ondas podem ser menos conhecidas, mas são muito usadas; entre elas estão a luz visível e ultravioleta, as ondas de rádio e televisão, as micro-ondas, os raios X e as ondas de radar. As ondas eletromagnéticas não precisam de um meio material para existir. A luz das estrelas, por exemplo, atravessa o vácuo do espaço para chegar até nós. Todas as ondas eletromagnéticas se propagam no vácuo com a mesma velocidade 299.792.458 m/s (HALLIDAY, 2012, p.117).

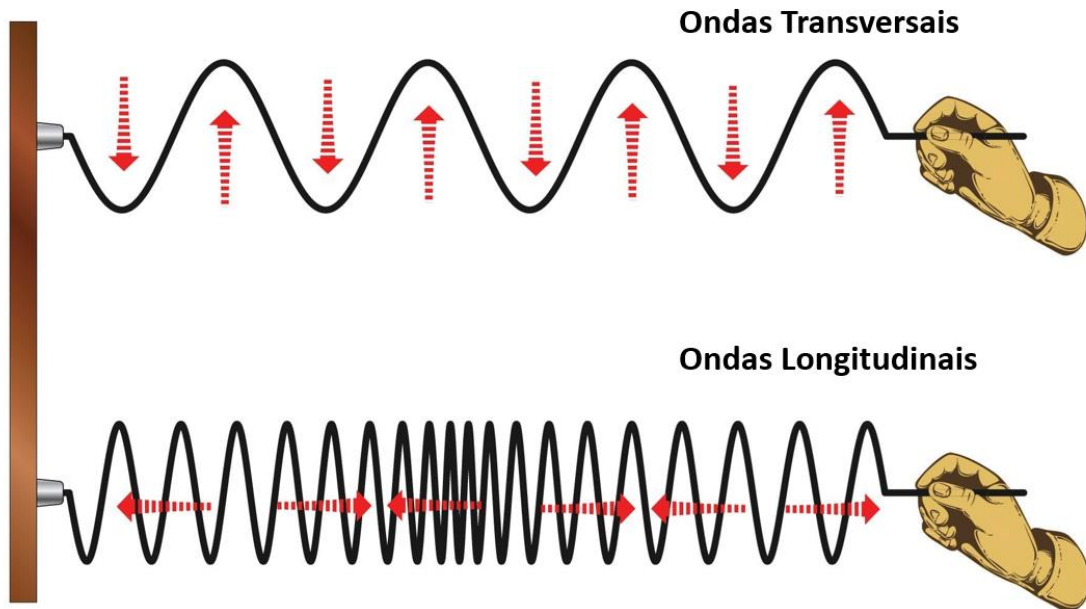
3.2.2 Ondas longitudinais e transversais

Em Nussenzveig (2014), as ondas podem ser classificadas em transversais e longitudinais, dependendo da direção da oscilação em relação à propagação. Ondas transversais ocorrem quando a oscilação acontece em uma direção perpendicular à propagação da onda. Um exemplo clássico é o movimento de um pulso em uma corda esticada, onde cada ponto oscila para cima e para baixo enquanto a onda se desloca ao longo da corda, como ilustrado na Figura 8. As ondas eletromagnéticas, como a luz e as ondas de rádio, também são transversais, com os campos elétrico e magnético oscilando perpendicularmente à direção de propagação, inclusive no vácuo.

Ondas longitudinais, por outro lado, apresentam oscilações na mesma direção da propagação. Um exemplo típico são as ondas sonoras na atmosfera, nas quais as partículas do

meio se comprimem e rarefazem na direção do deslocamento da onda (NUSSENZVEIG, 2014). Pode-se observar na Figura 8 a representação dessas ondas.

Figura 8: Ondas longitudinais e transversais



Fonte: Adaptação de <https://leverageedu.com/blog/waves-class-11/transverse-vs-longitudinal-wave-01/>.

3.2.3 Ondas sonoras

A produção de sons por corpos em vibração é um fenômeno comum no cotidiano. Para que o som seja percebido pelo ouvido humano, ele precisa se propagar através de um meio material. Por exemplo, se uma campainha é colocada dentro de um recipiente no qual é criado vácuo, o som desaparece, como observado por Robert Boyle em 1660 (*apud* NUSSENZVEIG, 2014).

O som depende da existência de um meio material para se propagar, pois resulta de vibrações que provocam compressões e rarefações no ambiente, conforme pontuado por Nussenzveig (2014). Ele pode se propagar em fluidos, como o ar ou a água — o que explica por que ainda conseguimos ouvir sons quando estamos submersos — e também se transmite através de sólidos.

Oscilações só são percebidas pelo ouvido humano dentro de uma faixa limitada de frequência, aproximadamente entre 20 Hz e 20 kHz. A característica de que o som se propaga através de um meio material, sem transportar matéria de um ponto a outro, revela sua natureza ondulatória (NUSSENZVEIG, 2014).

3.2.4 A velocidade do som

A velocidade de propagação do som é finita e pode ser evidenciada pelo intervalo de tempo entre o clarão de um relâmpago e o som do trovão que o acompanha. Outro exemplo conhecido é a reflexão do som, que dá origem ao eco. Fenômenos característicos das ondas, como interferência e difração, também podem ser observados no comportamento do som. Essas evidências confirmam que sua transmissão pelo ar ocorre na forma de ondas (NUSSENZVEIG, 2014).

A velocidade de uma onda mecânica, seja transversal ou longitudinal, é determinada pelas características inerciais e elásticas do meio. As propriedades inerciais permitem o armazenamento de energia cinética, enquanto as propriedades elásticas possibilitam o armazenamento de energia potencial. Dessa forma, pode-se expressar de maneira geral a fórmula da velocidade de uma onda transversal em uma corda ($v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}}$)¹ escrevendo (HALLIDAY, 2012):

$$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}} = \sqrt{\frac{\text{propriedade elástica}}{\text{propriedade inercial}}} \quad (3.26)$$

Se o meio de propagação for o ar e a onda for longitudinal, a propriedade inercial correspondente será a densidade do ar, representada pela *massa específica* ρ . Durante a propagação de uma onda sonora no ar, a energia potencial está relacionada à compressão e expansão de pequenos volumes do fluido. A capacidade de um elemento do meio de alterar seu volume em resposta a uma pressão (força por unidade de área) é determinada pelo *módulo de elasticidade volumétrico* B , definido como (HALLIDAY, 2012)

$$B = - \frac{\Delta p}{\frac{\Delta V}{V}} \quad (\text{definição de módulo de elasticidade volumétrico}), \quad (3.27)$$

Onde:

- B : Módulo de elasticidade volumétrico (ou compressibilidade inversa), medido em pascals (Pa). Representa a resistência de um material ou fluido à compressão. Quanto maior o valor de B , mais difícil é comprimir o material.
- Δp : Variação de pressão aplicada no material ou fluido (Pa).

¹ Na fórmula da velocidade de uma onda transversal em uma corda $\vec{\tau}$ representa a tensão aplicada à corda, enquanto μ é a massa específica linear, a qual pode ser calculada como $\mu = \frac{\Delta m}{\Delta l}$, onde Δm é a massa de um segmento da corda e Δl é seu comprimento correspondente (HALLIDAY, 2012).

- $\frac{\Delta V}{V}$ é a variação relativa de volume (adimensional).

O sinal negativo na equação (3.26) garante que B seja um número positivo e indica que uma compressão ($\Delta V < 0$) corre em resposta a um aumento de pressão ($\Delta p > 0$). Essa convenção reflete o comportamento físico do material, no qual um aumento de pressão resulta em uma redução de volume. Substituindo τ por B e μ por ρ na equação (3.26), têm-se (HALLIDAY, 2012).

$$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}} = \sqrt{\frac{\text{propriedade elástica} \rightarrow \text{módulo de elasticidade volumétrico}}{\text{propriedade inercial} \rightarrow \text{massa específica}}}$$

$$v = \sqrt{\frac{-\frac{\Delta p}{\frac{\Delta V}{V}}}{\rho}} = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \tag{3.28}$$

A Tabela 2 apresenta a velocidade do som em diferentes meios. Note que a massa específica da água é quase 1000 vezes maior que a do ar². Se este fosse o único fator determinante, de acordo com a equação (3.28), esperaríamos que a velocidade do som na água fosse significativamente menor que no ar. No entanto, a Tabela 2 revela o oposto. Esse é, de fato, o caso: a água é muito mais incompressível do que o ar (HALLIDAY, 2012).

Tabela 2: Velocidade do som em vários meios

| A Velocidade do Som* | |
|----------------------|--------------------|
| Meio | Velocidade (m / s) |
| <i>Gases</i> | |
| Ar (0°C) | 331 |
| Ar (20°C) | 343 |
| Hélio | 1284 |
| Hidrogênio | |
| <i>Líquidos</i> | |
| Água (0°C) | 1402 |
| Água (20°C) | 1482 |

² Massa específica (ρ_{ar}) do ar e da água a 20°C e 1 atm de pressão, são: $\rho_{ar} = 1,21\text{kg/m}^3$ e a $\rho_{\text{água}} = 0,998 \times 10^3\text{kg/m}^3$, retirada da tabela 14-1 “Algumas Massas Específicas” (HALLIDAY, 2012, pag.60).

| | |
|----------------|------|
| Água salgada* | 1522 |
| <i>Sólidos</i> | |
| Alumínio | 6420 |
| Aço | 5941 |
| Granito | 6000 |

* A 0°C e 1 atm de pressão, a menos que haja uma indicação em contrário.

* A 20°C e com 3.5% de salinidade.

Fonte: Adaptação de (HALLIDAY, 2012, pag. 152).

4 . PRODUTO EDUCACIONAL

Este capítulo tem como objetivo apresentar, os recursos empregados no desenvolvimento do produto educacional, bem como os critérios metodológicos utilizados para a análise dos resultados obtidos. Inicialmente, são descritos os materiais, ferramentas e estratégias pedagógicas adotadas durante o processo de elaboração. Em um segundo momento, detalha-se o processo de construção do produto educacional, abordando as etapas envolvidas, as decisões didáticas tomadas e os fundamentos que orientaram sua concepção. A intenção é oferecer uma visão clara e sistematizada do percurso realizado, evidenciando a coerência entre os objetivos da pesquisa, as práticas pedagógicas investigadas e o material final produzido.

4.1. Recursos Empregados para o desenvolvimento e Análise

Nesta subseção, apresentam-se os recursos utilizados no desenvolvimento e na análise da pesquisa, organizados em três tópicos principais. O primeiro tópico aborda o pré-teste e o pós-teste, instrumentos essenciais para a coleta de dados quantitativos relacionados à primeira sequência didática, permitindo avaliar os conhecimentos prévios dos estudantes e os avanços obtidos após a intervenção pedagógica. O segundo tópico discute os Recursos Educacionais Digitais (REDs) que subsidiaram as atividades propostas, incluindo as plataformas PhET – Physics Education Technology, Walter Fendt, Tinkercad, Arduino e OneNote. Esses recursos contribuíram para tornar o processo de ensino mais interativo, visual e prático. Por fim, o terceiro tópico descreve o método adotado para a análise dos resultados: o Ganho de Hake, ou ganho normalizado (g), métrica consagrada para avaliar a efetividade de intervenções educacionais e quantificar o progresso real dos estudantes durante as atividades desenvolvidas.

4.1.1. Pré e Pós-testes




A utilização de pré e pós-testes tem como finalidade avaliar o progresso da aprendizagem. O instrumento foi composto por cinco questões, cuja quantidade foi determinada em função do tempo disponibilizado pela escola para a realização das aulas. Posteriormente, procedeu-se à identificação das habilidades associadas a cada questão.

Cada item foi elaborado com o objetivo de avaliar uma habilidade específica, em consonância com os objetivos de aprendizagem estabelecidos para a intervenção

pedagógica. Essa metodologia possibilitou ao docente identificar tanto as áreas de maior domínio por parte dos discentes, quanto aquelas que demandaram maior atenção e reforço instrucional.

Questão 01: Representada pela Figura 09, pertence ao banco de dados da prova do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) de 2015, onde foi explorado o conceito de ressonância envolvendo pêndulos simples. No entanto, o foco central dessa questão se fixou na habilidade de "Análise e Investigação". Não exigia compreender necessariamente os princípios da ressonância, mas sim demonstrar a capacidade de analisar as propriedades físicas dos pêndulos. O objetivo era aplicar o conhecimento sobre as características desses pêndulos para determinar quais outros pêndulos seriam acionados em resposta ao movimento do pêndulo A.

Figura 09: Questões do pré e pós-teste.

Questão 01 (Enem 2015)

Durante uma aula experimental de física, os estudantes construíram um sistema ressonante com pêndulos simples. As características de cada pêndulo são apresentadas no quadro. Inicialmente, os estudantes colocaram apenas o pêndulo A para oscilar.

Quais pêndulos, além desse, passaram também a oscilar?

| Pêndulo | Massa | Comprimento do barbante |
|---------|---------------|-------------------------|
| A | M | L |
| 1 | M | L |
| 2 | $\frac{M}{2}$ | $2L$ |
| 3 | $2M$ | $\frac{L}{2}$ |
| 4 | $\frac{M}{2}$ | $\frac{L}{2}$ |
| 5 | $2M$ | L |

a) 1, 2, 3, 4 e 5.
 b) 1, 2 e 3.
 c) 1 e 4.
 d) 1 e 5.
 e) 3 e 4.


Fonte: ENEM, 2015.

As questões a seguir foram elaboradas para avaliar a compreensão das propriedades e do comportamento de sistemas físicos, como o pêndulo simples. A questão 02, ilustrada na Figura 10a, foi formulada pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul-Rio-Grandense (IFSUL) em 2016. Ela buscou identificar as variáveis que influenciam a dinâmica

do pêndulo, considerando fatores como o comprimento do fio e a massa do objeto em movimento.

Por outro lado, a questão 03, representada na Figura 10b, foi elaborada em 2011 pela Faculdade de Ciências Médicas da Paraíba (FCMPB). Esta questão também se concentrou nas variáveis que afetam o desempenho do pêndulo, mas enfatizou a amplitude e a intensidade do campo gravitacional. Ambas as questões visaram proporcionar uma análise crítica das condições que afetam o comportamento do pêndulo, reforçando a importância de compreender esses fatores na prática da Física.


Figura 10: Questões do pré e pós-teste

| | |
|--|---|
|  <p>Questão 02 (IFSul)</p> <p>O pêndulo simples é um sistema ideal constituído de uma partícula suspensa a um fio flexível, inextensível e de massa desprezível. Quando o sistema é afastado de sua posição de equilíbrio e liberado a oscilar, seu período de oscilação é</p> <ol style="list-style-type: none"> Independente do comprimento do pêndulo. Diretamente proporcional à massa pendular. Inversamente proporcional à amplitude de oscilação. Inversamente proporcional à raiz quadrada da intensidade do campo gravitacional. <p style="text-align: center;">a)</p> | <p>Questão 03 (Faculdade de Ciências Médicas da Paraíba)</p> <p>No movimento harmônico simples:</p> <ol style="list-style-type: none"> Frequência é o numero de oscilações completas efetuadas na unidade de tempo. Período é o intervalo de tempo de uma oscilação completa. Período e frequência são diretamente proporcionais. <ol style="list-style-type: none"> Apenas I e III estão corretas Apenas I e II estão corretas Apenas II e III estão corretas Apenas III está correta Todas estão corretas <p style="text-align: center;">b)</p> |
|--|---|

Fonte: IFSUL (2016); FCMPB (2011).

A Questão 04, aplicada no primeiro semestre de 2023 pela Universidade de Ribeirão Preto (UNAERP), encontra-se representada na Figura 11. A habilidade avaliada nessa questão consistiu na aplicação da fórmula do período de oscilação de um pêndulo simples. Cabe ressaltar que a fórmula para o período de um pêndulo simples não foi fornecida durante a aplicação dos testes.

Figura 11: Questões do pré e pós-teste.




Questão 04 (Unaerp Medicina 2023/1)
 Assinale a alternativa que representa o período de oscilação, em segundos, de um pêndulo simples que possui comprimento de 10m:
 Dados: $\pi = 3,14$

- a) 1,0.
- b) 1,1.
- c) 2,2.
- d) 2,9.
- e) 6,3.

Fonte: UNAERP (2023).

A Questão 05, aplicada em 2021 pela Universidade José do Rosário Vellano (UNIFENAS), encontra-se representada na Figura 12. Para sua resolução, exigia-se dos discentes a demonstração de compreensão dos fatores que influenciam o período de oscilação de um pêndulo simples. Nessa questão, os estudantes tiveram que aplicar conceitos de dilatação dos sólidos e empregar o método de eliminação para sua resolução.

Figura 12: Questões do pré e pós-teste



Questão 05 (UNIFENAS Manhã 2021)

Galileu investigou as características de pêndulos e chegou à conclusão não só que eram isócronos, característica que, repete-se, só é válida em regime de pequenas oscilações, como também voltavam praticamente à altura a que tinham sido largados, o que hoje se admite como manifestação da conservação de energia, um conceito ainda não introduzido na época

Disponível em: <
<http://historiadafisicauc.blogspot.com/2011/06/galileo-e-o-pendulo.html>>. Acesso em: 15 de maio de 2020.

A respeito de um pêndulo simples, sabe-se que, para pequenos ângulos, o seu movimento é oscilatório do tipo harmônico simples.

A fim de se aumentar o período de oscilação de um certo pêndulo simples, podemos

- a) aumentar a massa colocada na sua extremidade.
- b) diminuir a massa colocada na sua extremidade.
- c) diminuir a temperatura do ambiente.
- d) aumentar a temperatura do ambiente.
- e) diminuir a amplitude do movimento.

Fonte: UNIFENAS (2021).

Após a aplicação do teste, constatou-se que a inclusão de questões próprias poderia proporcionar uma análise mais precisa e alinhada aos objetivos específicos da pesquisa. Essa reflexão culminou na elaboração de uma nova versão do instrumento, a qual incorpora questões adaptadas às necessidades do estudo. A versão revisada do teste³ encontra-se apresentada nos anexos deste trabalho.

4.1.2. REDs - Recursos educacionais digitais

Na busca por abordagens e metodologias que favoreçam maior engajamento e melhores resultados, o emprego de tecnologia apresenta diversas vantagens. Os recursos tecnológicos podem tornar as aulas interativas e dinâmicas, oferecendo recursos multimídia que contribuem para esclarecer e tornar os conceitos mais interessantes para os discentes, conforme destacado por Zara (2011).

A utilização de laboratórios virtuais por meio de simuladores permite recriar experiências e situações que facilitam e agilizam o trabalho docente, bem como a compreensão de fenômenos físicos, muitos dos quais presentes no cotidiano dos discentes. De acordo com Zara (2011), o uso de simuladores em sala de aula mostra-se benéfico para o processo de ensino-aprendizagem, pois possibilita que os estudantes se concentrem na essência dos problemas, favorecendo a absorção dos conteúdos. Adicionalmente, esses recursos permitem explorar situações que apresentariam dificuldades ou inviabilidade de realização prática.

Os Recursos Educacionais Digitais (REDs) configuram-se como fundamentais no contexto educacional atual, viabilizando uma abordagem mais dinâmica e interativa no processo de ensino e aprendizagem. Por meio desses recursos, torna-se possível explorar diferentes formatos, tais como vídeos, animações, simulações e jogos educativos, os quais potencializam a atratividade e eficácia das aulas.

4.1.2.1 PhET - Physics Education Technology

O PhET Interactive Simulations, ou simplesmente PhET, foi criado em 2002 por Carl Wieman, laureado com o Prêmio Nobel de Física em 2001, juntamente com sua equipe

³ A versão revisada está disponível no Link: <https://sites.google.com/view/jaquelinerochamnpef/p%C3%A1gina-inicial>.

da Universidade do Colorado Boulder. O projeto oferece uma extensa coleção de simulações interativas para o ensino de ciências, com o objetivo principal de proporcionar uma abordagem prática e visual para explorar conceitos científicos, complementando o ensino tradicional.

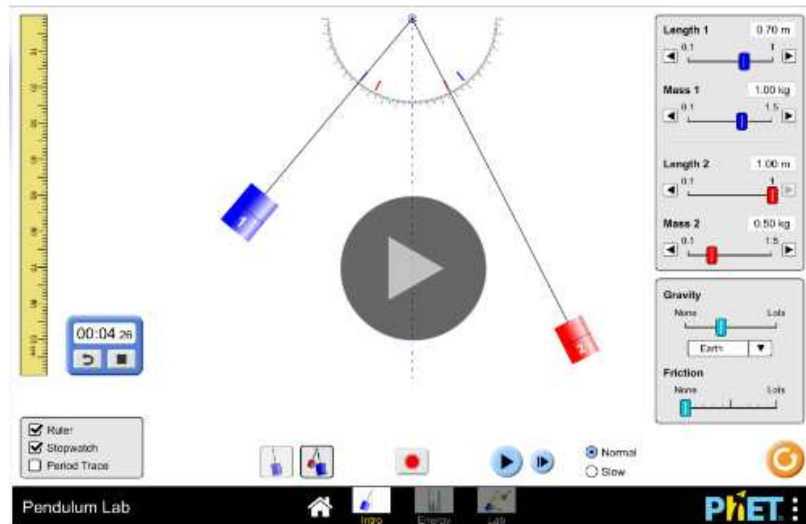
O site disponibiliza uma variedade de simulações gratuitas em matemática e ciências, acessíveis por meio do link https://phet.colorado.edu/pt_BR/, inclusive em português. Essas simulações abordam fenômenos que seriam difíceis de observar a olho nu ou exigiriam equipamentos complexos, tornando-as particularmente úteis em escolas com recursos técnicos limitados.

Um aspecto relevante do PhET refere-se à facilidade de acesso e execução das simulações, que podem ser utilizadas diretamente na página principal ou baixadas para uso offline. De acordo com Arantes, Miranda e Studart (1996, p. 29), "um aspecto que merece destaque trata da facilidade de acesso e a possibilidade de rodar a simulação em qualquer equipamento sem a necessidade de recursos altamente específicos".

As simulações do PhET foram desenvolvidas para auxiliar o envolvimento dos discentes em ciências e matemática, mediante a investigação. Destacam-se, entre suas características, o incentivo à investigação científica, a oferta de interatividade, a representação do invisível, a apresentação de modelos mentais visuais, a inclusão de várias representações, o uso de conexões com o mundo real, a orientação implícita aos usuários para uma exploração produtiva e a criação de simulações flexíveis para uso em diversas situações educacionais (PhET, 2024).

Para a aplicação do recurso, utilizou-se a simulação "Laboratório do pêndulo", representada pela Figura 13, que será detalhada no próximo capítulo (Capítulo 5).

Figura 13: Imagem da tela inicial da simulação "Laboratório do Pêndulo"



Fonte: University of Colorado Boulder - Laboratório do Pêndulo (2024).

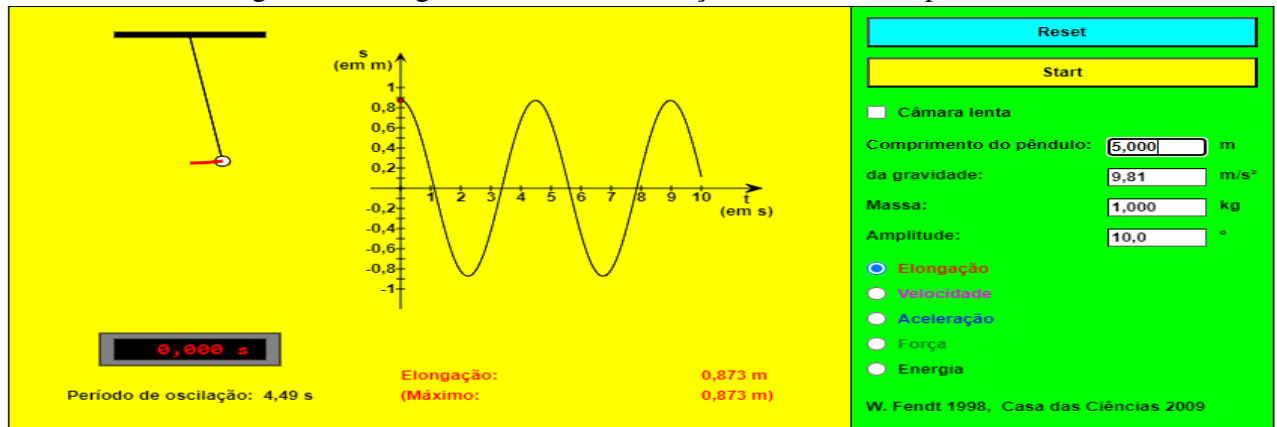
O sítio eletrônico oferece uma lista dos tópicos abordados e exemplos de objetivos de aprendizagem para diferentes simulações. Na simulação utilizada nesta dissertação, os tópicos incluem o movimento periódico, com foco no movimento harmônico simples, e a conservação de energia associada a esse tipo de movimento.

4.1.2.2 Walter Fendt

A página <https://www.walter-fendt.de/html5/phde/> foi desenvolvida por Walter Fendt, ex-docente do Paul-Klee-Gymnasium Gersthofen, na Alemanha. O sítio eletrônico abriga uma extensa coleção de mini aplicativos de física, traduzidos para vários idiomas pela Casa da Ciência em 2009. Esses recursos combinam simulações das disciplinas de matemática, física e astronomia, sendo frequentemente utilizados em salas de aula para facilitar o ensino e a compreensão de conceitos complexos.

Durante a aula, foi realizada a simulação do “Pêndulo Simples”, ilustrada na Figura 14. Nessa atividade, os estudantes puderam manipular variáveis como o comprimento do fio, a aceleração da gravidade, a massa do objeto e a amplitude da oscilação. Além disso, o simulador possibilita a visualização simultânea do movimento do pêndulo e de seu gráfico correspondente, facilitando a compreensão da relação entre o fenômeno físico e suas representações gráficas.

Figura 14: Imagem da tela da simulação "Pêndulo Simples"



Fonte: Walter Fendt (1998).

Essa ferramenta, aliada a uma abordagem pedagógica adequada, pode constituir-se como um recurso valioso no ensino de Física, ao incentivar o pensamento crítico e a investigação científica. Sua capacidade de visualização e de manipulação de parâmetros possibilita aos discentes uma compreensão mais profunda dos conceitos físicos abordados.

4.1.2.3 Tinkercad

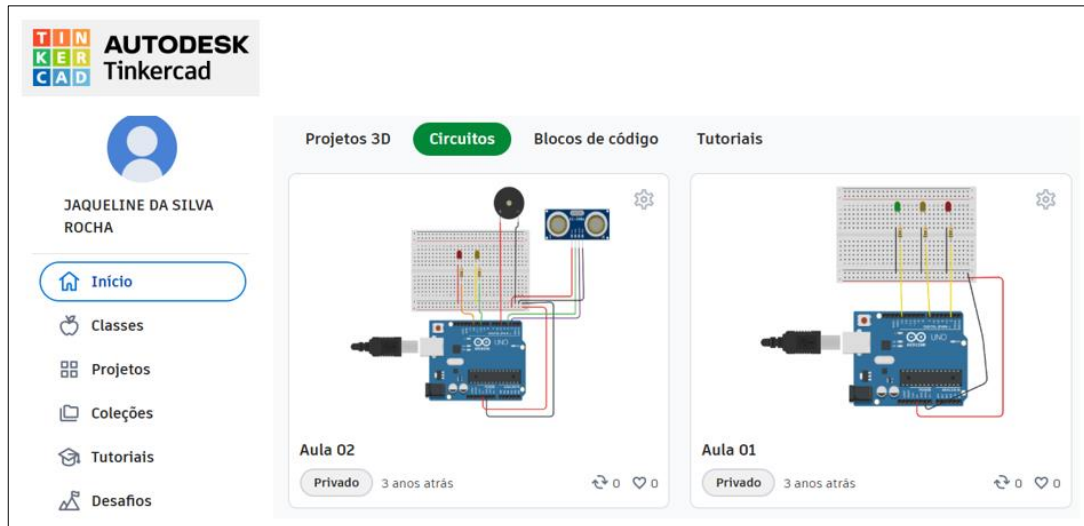
O Tinkercad é uma plataforma online gratuita, desenvolvida pela Autodesk, que possibilita a criação de projetos 3D, circuitos eletrônicos e a programação de maneira acessível e intuitiva. Voltada tanto para iniciantes quanto para usuários mais experientes, a ferramenta é amplamente utilizada em áreas como o design, a educação, a engenharia e a fabricação digital.

No âmbito do design 3D, a ferramenta possibilita a modelagem de objetos tridimensionais a partir de formas básicas, permitindo aos usuários projetar desde modelos simples até estruturas complexas, frequentemente usadas em impressão 3D. No campo da eletrônica, o Tinkercad oferece um simulador que permite montar e testar circuitos elétricos em tempo real, incluindo componentes como LEDs, resistores, sensores e microcontroladores, como o Arduino. Além disso, a funcionalidade de programação utiliza blocos visuais baseados em lógica ou código em linguagens como C++, promovendo o aprendizado prático.

Em sala de aula, o Tinkercad foi utilizado em dois momentos importantes: primeiro, na criação de um projeto de semáforo, que envolveu a montagem de circuitos e a programação do funcionamento das luzes de trânsito; e, posteriormente, no desenvolvimento de um protótipo de sensor de estacionamento, que simulava o funcionamento de sensores usados para medir

distâncias em tempo real. Na Figura 15, observa-se o ambiente criado para essas duas aulas, com destaque para os circuitos virtuais montados pelos discentes.

Figura 15: Ambiente de simulação



Fonte: <https://www.tinkercad.com/dashboard>.

Devido à sua interface intuitiva e recursos acessíveis, o Tinkercad é frequentemente adotado por professores e estudantes, constituindo-se como uma ferramenta poderosa para o ensino de conceitos de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática). A plataforma também funciona como porta de entrada para o mundo da fabricação digital e da prototipagem, integrando de forma prática e envolvente a criatividade à tecnologia.

4.1.2.4 Arduino

O Arduino constitui uma plataforma de hardware e software de código aberto amplamente empregada na criação de projetos de eletrônica e automação. Desenvolvida inicialmente como ferramenta educacional, a plataforma ganhou popularidade global devido à sua simplicidade, acessibilidade e versatilidade, tornando-se uma escolha ideal tanto para iniciantes quanto para profissionais em áreas como engenharia, design, robótica e IoT (Internet das Coisas).

No núcleo da plataforma encontra-se a placa Arduino, um microcontrolador programável que pode estabelecer interação com o ambiente por intermédio de sensores, atuadores e outros componentes eletrônicos. Estão disponíveis diversos modelos de placas

Arduino, como o Arduino Uno, o Arduino Mega e o Arduino Nano, cada qual apresentando características específicas para atender a diferentes tipos de projetos.

Quanto ao software, o Arduino IDE (Integrated Development Environment) configura-se como ferramenta intuitiva que possibilita programar as placas mediante linguagem baseada em C/C++. Adicionalmente, a comunidade ativa vinculada ao Arduino disponibiliza ampla variedade de recursos, tutoriais e bibliotecas que facilitam o desenvolvimento de projetos.

No contexto educacional, o Arduino foi empregado em dois momentos distintos. O primeiro consistiu na programação de semáforo, onde a placa controlou a lógica de funcionamento das luzes (verde, amarela e vermelha), simulando sistema real de trânsito. O segundo envolveu a programação de sensor de estacionamento, no qual o Arduino foi utilizado para controlar e interpretar medições de sensor ultrassônico, simulando detecção de distâncias em cenário de estacionamento.

Em virtude de sua flexibilidade, o Arduino pode ser aplicado em ampla gama de projetos, como automação residencial, robótica, sistemas de monitoramento ambiental, dispositivos vestíveis e protótipos industriais. Sua capacidade de interação com sensores (como os de temperatura, luminosidade e ultrassônicos) e de atuação em resposta (acionando motores, LEDs ou enviando dados) o torna elemento essencial no aprendizado de eletrônica e programação.

Em âmbito educacional, o Arduino é frequentemente utilizado por estimular criatividade, aprendizado prático e resolução de problemas, configurando-se como ferramenta fundamental para compreensão dos fundamentos de STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) e para exploração do mundo da eletrônica e automação.

4.1.3 Ganho de Hake ou ganho normalizado (g)

O ganho normalizado (g), também conhecido como Ganho de Hake (HAKE, 1998), é um indicador quantitativo utilizado para medir o progresso da aprendizagem em uma turma, especialmente após a aplicação de uma intervenção pedagógica ou metodologia de ensino específica. Conforme Diniz (2015), trata-se de um parâmetro que avalia a evolução do desempenho dos estudantes com base na comparação entre o percentual de acertos em dois testes: um aplicado antes e outro após a intervenção.

O cálculo do ganho normalizado é realizado mediante a fórmula, que utiliza a média da turma:

$$g = \frac{\%_{pós} - \%_{pré}}{100\% - \%_{pré}} \quad (4.1)$$

Onde:

- $\%_{pós}$: percentual médio de acertos no teste aplicado após a intervenção;
- $\%_{pré}$ percentual médio de acertos no teste aplicado antes da intervenção.

O resultado será um número entre -1 e 1, indicando a variação percentual no aprendizado. Um valor próximo de 1 indica um ganho significativo no aprendizado. De acordo com Hake (1998), os ganhos normatizados podem ser classificados em três classes: baixo, médio e alto.

Para análise de pesquisa, Hake (1998) define:

- a) Cursos de “alto ganho”, são aqueles com $g \geq 0,7$;
- b) Cursos de “médio ganho”, são aqueles com $0,7 > g \geq 0,3$;
- c) Cursos de “baixo ganho”, são aqueles com $g < 0,3$.

A interpretação dos resultados do ganho de Hake ou ganho normalizado permite avaliar o impacto das intervenções ou recursos educacionais utilizados. Quando os valores se aproximam de zero, verifica-se que não houve melhoria significativa no aprendizado, o que sugere possível ineficácia das estratégias adotadas. Valores positivos, por sua vez, indicam aumento na porcentagem de acertos, demonstrando eficácia da intervenção ou dos recursos educacionais. Já valores negativos revelam diminuição na porcentagem de acertos, podendo indicar tanto ineficácia da intervenção quanto possíveis equívocos conceituais, o que demanda revisão das estratégias empregadas.

4.2. Elaboração do Produto Educacional (PE)

Durante a pesquisa e desenvolvimento da dissertação, foram elaboradas duas sequências didáticas que abordam temas relevantes da física. As aulas foram planejadas para engajar os estudantes e promover uma aprendizagem significativa. A fundamentação teórica que norteou a elaboração destas sequências pautou-se em uma perspectiva da aprendizagem significativa de David Ausubel (1980, 2003) mencionada nos estudos de Moreira (1999, 2011, 2012), enfatizando a construção colaborativa do conhecimento por meio de interações sociais e práticas contextualizadas.

Com o material produzido foram aplicadas as seguintes sequências didáticas:

- 1) Sequência Didática 1: “Pendulo Simples e Amortecido”, esta sequência foi desenvolvida pelo docente Eduardo Nery Duarte de Araújo, do Departamento de Física da Universidade Federal de Viçosa, que teve como objetivo promover uma abordagem investigativa, encorajando os discentes a explorarem e investigar ativamente os conceitos físicos de forma participativa.
- 2) Sequência Didática 2: "Ondas sonoras e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento", foi desenvolvida pela autora, com uma abordagem baseada em experimentação e aprendizagem orientada por projetos, promovendo o desenvolvimento de habilidades práticas e cognitivas dos discentes por meio da integração de robótica educacional e simulação computacional de circuitos eletrônicos.

Nessa perspectiva, as atividades propostas priorizaram a resolução de situações-problema, nas quais os estudantes foram desafiados a mobilizar seus conhecimentos prévios, formular hipóteses, coletar e analisar dados, bem como construir explicações coerentes para os fenômenos estudados. Essa abordagem teve como objetivo estimular o protagonismo, a autonomia, a criatividade e o pensamento crítico dos discentes.

Além disso, buscou-se aumentar a relevância e o interesse pelos temas abordados, bem como facilitar a transferência dos conhecimentos adquiridos para novas situações. Os resultados obtidos, assim como a discussão sobre os aspectos teórico-metodológicos deste estudo, serão detalhados no Capítulo 5.

4.3 Sequência Didática 1: Pendulo Simples e Amortecido

A presente aula adota uma metodologia de ensino fundamentada em experimentos, visando envolver os discentes de maneira prática. Essa abordagem possibilita que os estudantes observem a execução de um experimento previamente à discussão dos conceitos teóricos, o que facilita a compreensão dos fenômenos físicos.

Durante a aula, são explorados temas como a visualização de movimentos oscilatórios, a conservação de energia e os efeitos do amortecimento, utilizando-se a prática experimental como ferramenta central para superar as dificuldades na compreensão desses conceitos.

4.3.1 Habilidades da BNCC

Tabela 3: Relação entre as habilidades da BNCC.

| Habilidades da BNCC para o ensino médio | |
|---|--|
| Código alfanumérico | Habilidades |
| (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. |
| (EM13CNT303) | Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações. |
| (EM13CNT204X) | Elaborar explicações, previsões e realizar cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais. |
| (EM13CNT205) | Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências. |

Fonte: Adaptação da BNCC – Base Nacional Comum Curricular.

4.3.2 Objetivos

Os objetivos específicos desta aula consistem em aprofundar o entendimento sobre o movimento harmônico simples e amortecido. Na etapa inicial, serão revisadas as propriedades básicas dos vetores, incluindo magnitude e direção, bem como conceitos como adição, subtração e decomposição de vetores em componentes ao longo de eixos ortogonais. Posteriormente, os discentes deverão aplicar conhecimentos sobre a conservação de energia em sistemas oscilatórios, como pêndulos e molas vibrantes. Serão conduzidas medições práticas para calcular a aceleração da gravidade por meio de um pêndulo, além de ser investigado o amortecimento, que ocorre quando a energia é gradualmente dissipada.

4.3.3 Objetivos Instrucionais

Ao finalizar essa sequência didática sobre o pêndulo simples e amortecido, espera-se que os discentes sejam capazes de identificar e definir um pêndulo simples, diferenciando-o de outros tipos de movimentos oscilatórios. Almeja-se ainda que possam analisar a dinâmica do pêndulo, entendendo a relação entre força gravitacional, massa e comprimento, bem como a influência desses fatores em seu movimento. Deverão também calcular o período de oscilação de um pêndulo simples, empregando a fórmula adequada e relacionando-a ao cálculo da aceleração da gravidade.


Pretende-se que compreendam a relação entre amplitude e energia, descrevendo como a amplitude influencia a energia potencial e cinética do sistema, assim como a transferência de

energia entre essas formas durante o movimento. Objetiva-se que analisem a influência do ângulo inicial sobre a trajetória e o período de oscilação, mediante exemplos práticos. Além disso, os discentes deverão realizar experimentos simples com pêndulos, planejando e conduzindo investigações, registrando dados relevantes e efetuando observações para verificar as propriedades discutidas. Por fim, deverão aplicar os conceitos estudados em contextos reais, mostrando compreensão e capacidade de transferir o conhecimento para situações cotidianas e interdisciplinares.

4.3.4 Desenvolvimento

A Figura 16, apresenta informações relevantes para o docente, com o propósito de favorecer a implementação eficaz da sequência didática proposta. Nela, são destacados os conhecimentos prévios esperados dos discentes, os quais são fundamentais para a compreensão dos conteúdos a serem abordados, bem como orientações didáticas destinadas ao professor, que desempenha papel central na mediação do processo de ensino-aprendizagem.

Figura 16: Orientação para o docente



Professor

A sequência de ensino delineada para esta aula presume que o estudante já adquiriu conhecimento prévio sobre os tópicos enumerados a seguir: grandezas vetoriais, o conceito de frequência e período, princípios das forças de Newton e conceitos de energia. Geralmente, esses assuntos são explorados ao longo do primeiro ano no nível médio.

- *Professor, no anexo estão os links para a "Apresentação da aula sobre o Pêndulo Simples Amortecido" em PDF e PowerPoint para edição, bem como relatório de atividades a ser seguido pelos alunos.*

Fonte: Acervo da autora (2024).

No início da aula, recomenda-se que seja entregue aos discentes o relatório representado na Figura 17, o qual será fundamental para o acompanhamento das explicações e o registro das observações ao longo da atividade. Sugere-se que a distribuição do material seja acompanhada de orientações claras, estimulando-se os estudantes a responderem de forma colaborativa a cada questionamento proposto, o que promoverá a construção coletiva do conhecimento.

Figura 17: Parte do relatório que os discentes usaram para acompanhar e preencher durante a aula.

RELATÓRIO

Grupo:

Tema: Pendulo Simples e Amortecido

Questionamentos:

a) Com base no que você sabe, você poderia explicar o que são pêndulos?

B – A bolinha está no ponto de equilíbrio;

Posição A Posição B Posição C

Fonte: Acervo da autora (2024).

Na seção subsequente, serão apresentados slides desta aula, acompanhados de explicações conceituais e sugestões metodológicas para a atuação docente. As orientações têm como objetivo apoiar o desenvolvimento do conteúdo, buscando promover uma abordagem didática que incentive a participação ativa dos estudantes.

4.2.4.1 Apresentação

Para facilitar a compreensão dos conteúdos pelos discentes, elaborou-se uma apresentação em slides, que será detalhada posteriormente. Com o intuito de apoiar a prática docente, produziu-se um vídeo explicativo, que constitui um recurso dinâmico e acessível, complementando o material apresentado, particularmente no que diz respeito aos conceitos fundamentais sobre pêndulos simples e amortecidos. O material audiovisual encontra-se disponível nos anexos desta aula, podendo ser utilizado tanto no planejamento quanto na execução das atividades em sala. Todos os materiais desenvolvidos nesta pesquisa, incluindo a apresentação e o vídeo, estão disponíveis no seguinte endereço eletrônico: [<https://sites.google.com/view/jaquelinerochampnpef/p%C3%A1gina-inicial>].

Slides 01 e 02:

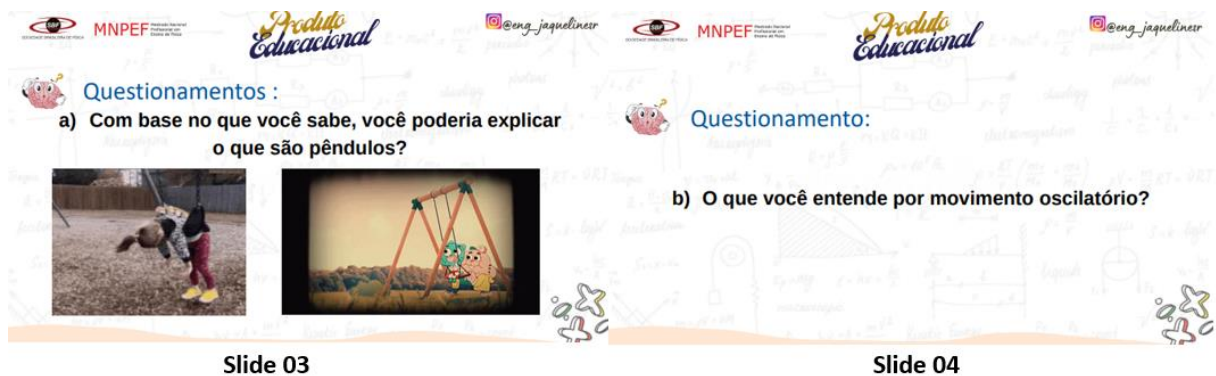
O Slide 1 apresenta informações institucionais, identifica a professora responsável pela atividade e destaca o tema da aula prática: Pêndulo Simples e Amortecido. No Slide 2, o professor tem a oportunidade de orientar os discentes quanto à dinâmica da atividade,

explicando que o trabalho poderá ser desenvolvido individualmente ou em grupos. Além disso, é ressaltada a importância de acompanhar a sequência da apresentação para o preenchimento das informações, o que contribui para a organização do processo e favorece a compreensão gradual e estruturada do conteúdo abordado.

Slides 03 e 04:

Os slides 03 e 04, indicados na Figura 18, apresentam dois questionamentos que podem ser explorados pelo professor durante a aula prática. Essas perguntas iniciais podem proporcionar aos discentes a oportunidade de expressarem seus conhecimentos prévios, auxiliando na condução da aula. As perguntas foram: (a) "Com base no que você já sabe, poderia explicar o que são pêndulos?" e (b) "O que você entende por movimento oscilatório?" Estas perguntas visam avaliar o nível de compreensão em relação ao conceito de movimento oscilatório, estabelecendo uma base sólida para uma exploração detalhada desse tema durante a apresentação. Isso permitirá destacar as diferenças entre o movimento oscilatório e o movimento periódico.

Figura 18: Páginas 03 e 04 do slide de apresentação da aula adaptada sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”



Fonte: Acervo da Autora (2024).

Para abordar essas questões, utiliza-se GIFs como suporte visual, exibindo imagens animadas de crianças em um balanço, a fim de tornar a Física mais acessível no cotidiano.

Slides 05 e 06:

A Figura 19 apresenta duas páginas da apresentação. O Slide 05 introduz brevemente os conceitos de movimentos e eventos periódicos, estabelecendo as bases para a compreensão do conteúdo que será desenvolvido ao longo da aula. Em seguida, o Slide 06 aborda um breve relato histórico sobre o relógio de pêndulo, relacionando-o às observações realizadas por Galileu Galilei, destacando a importância de seus estudos para o desenvolvimento da Física.

Figura 19: Páginas de 05 à 08 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

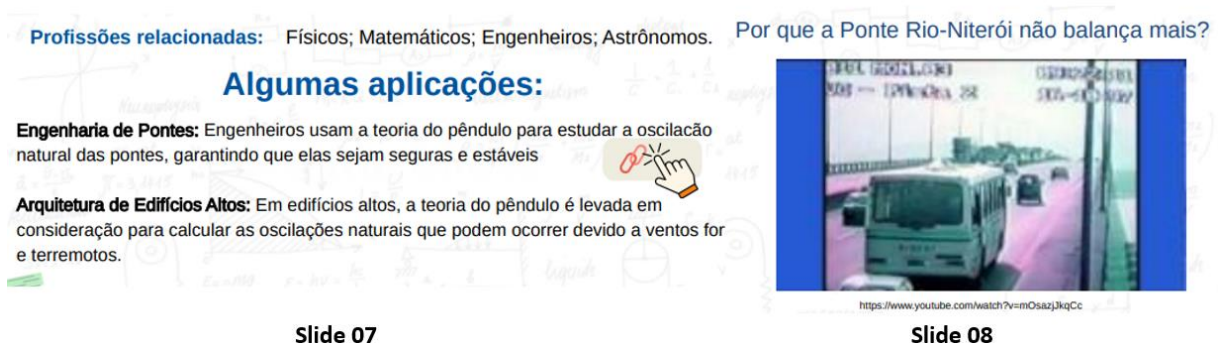


Fonte: Acervo da Autora (2024).

Slides 07 e 08:

Os slides representados na Figura 20 abordam as profissões relacionadas ao estudo do pêndulo, destacando a atuação de físicos, matemáticos, engenheiros e astrônomos. Além de apresentar as contribuições desses profissionais, a apresentação discute aplicações práticas da teoria do pêndulo em contextos reais, como na engenharia de pontes. Nesse campo, os engenheiros analisam a oscilação natural das estruturas para garantir sua segurança e estabilidade.

Figura 20: Páginas 07 e 08 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”



Fonte: Acervo da Autora (2024).

Um exemplo da aplicação prática do conhecimento sobre o comportamento oscilatório é a Ponte Rio-Niterói, cuja estabilidade foi aprimorada com base em princípios derivados da teoria do pêndulo, aplicados à engenharia estrutural. Esse tema é abordado de forma didática no vídeo intitulado "Por que a Ponte Rio-Niterói não balança mais?", disponível no YouTube, no qual são explorados os conceitos relacionados aos pêndulos para explicar como a estrutura da ponte foi estabilizada, garantindo sua segurança e funcionalidade ao longo do tempo.

Slides 09 e 10:

Os dois próximos slides, representados na Figura 21, oferecem ao professor a oportunidade de apresentar e detalhar para os discentes as habilidades específicas que serão desenvolvidas ao longo da atividade proposta. Da mesma forma, no Slide 10, é importante esclarecer que serão analisadas duas situações distintas: uma simulada, em ambiente virtual controlado, que representa o movimento ideal; e outra experimental, na qual os estudantes observarão o movimento real por meio da montagem e execução do experimento em sala de aula.

Figura 21: Páginas 09 e 10 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

Habilidades do Século XXI:

- X03 Comunicação Eficiente:** O projeto deve ser realizado e apresentado claramente para os demais componentes do grupo e para os demais colegas da sala de aula.
- X04 Resolução de Problemas:** Se o aparato não permitir a perfeita oscilação do pêndulo bem, os estudantes devem verificar se não há alguma obstrução e resolver o problema.
- X18 Habilidades Computacionais:** Os estudantes podem utilizar a simulação sugerida para comparar os dados do simulador com o experimento realizado

Slide 09

Organização:

- Etapa 01:** Analisando conjunto de Hipóteses e Laboratório virtual:
 - Situação ideal: Pêndulo simples
 - Situação Real: Pêndulo simples amortecido
- Etapa 02:** Montando o experimento, Atividade prática análise dos resultados

Slide 10

Fonte: Acervo da Autora (2024).

Slides 11 e 12:

No slide 11, da Figura 22, os discentes têm a oportunidade de analisar a primeira etapa da atividade, que não considera os efeitos da resistência do ar e analisar o conjunto de hipótese para descrever o movimento, que são:

- Ao soltar o objeto de uma posição inicial ele faz um movimento periódico.

- A aceleração da gravidade é constante durante o movimento;
- A resistência do ar é desprezível;
- A massa do fio é muito menor que a massa do objeto e as dimensões do objeto são muito menores que as dimensões do fio

Figura 22: Páginas 11 e 12 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

ETAPA 01:

Conjunto de Hipótese para descrever a situação 01:

- Ao soltar o objeto de uma posição inicial ele faz um movimento periódico.
- A aceleração da gravidade é constante durante o movimento;
- A resistência do ar é desprezível;
- A massa do fio é muito menor que a massa do objeto e as dimensões do objeto são muito menores que as dimensões do fio;

Slide 11

ETAPA 01:

Análise Vetorial - Quais forças atuam no sistema?

Slide 12

Fonte: Acervo da Autora (2024).

No slide 12, os estudantes deverão representar, em seus relatórios, as forças atuantes sobre a esfera no instante em que ela inicia seu movimento. Em seguida, o professor deve conduzir uma discussão sobre as diferentes forças envolvidas no fenômeno, incentivando a participação ativa dos discentes. Caso seja necessário, recomenda-se realizar uma breve revisão sobre o conceito de vetor, a fim de reforçar a compreensão dos elementos direcionais presentes na análise das forças.

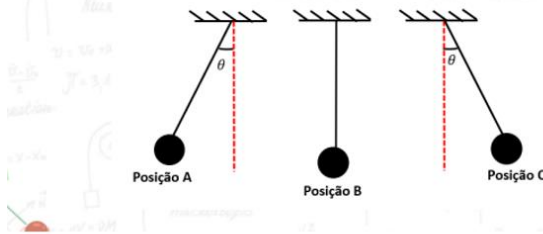
Slides 13 e 14:

Dando continuidade à explicação, conforme indicado na Figura 23, o professor deverá orientar os discentes sobre a representação dos vetores nas diferentes condições descritas no relatório individual de cada estudante, slide 13:

- A: A esfera atinge a amplitude no lado esquerdo.
- B: A esfera está no ponto de equilíbrio.
- C: A esfera atinge a amplitude no lado direito.

Figura 23: Páginas 13 e 14 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

Análise Vetorial - Sua vez



Slide 13

Fonte: Acervo da Autora (2024).

Dados do estudo vetorial:

Definidos o eixo x e y, podemos concluir seguindo a Figura 3:

1: Peso no eixo x

$$\vec{P}_x = mg \sin \theta$$

2: Peso no eixo y

$$\vec{P}_y = mg \cos \theta$$

Como estamos considerando uma situação ideal:

$$\vec{F}_R = 0$$

3: Cálculo da Tensão no fio

$$\vec{P}_y = \vec{T} = mg \cos \theta$$

4: Equação para encontrar o valor de amplitude S, usando arco da circunferência

$$S = \frac{\theta \cdot \pi \cdot L}{180}$$

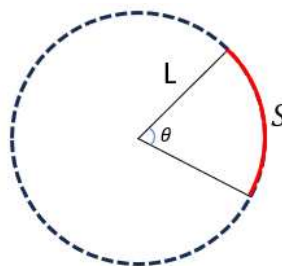


Slide 14

No slide 14, o professor tem a oportunidade de analisar, com base nas ilustrações preenchidas pelos discentes, as forças que atuam sobre o pêndulo. A partir dessa representação, e com os eixos x e y devidamente definidos, é possível decompor a força peso em duas componentes: a componente no eixo x, expressa pela equação $P_x = mg \sin \theta$ e a componente no eixo y, $P_y = mg \cos \theta$.

Considerando que se trata de uma situação ideal, simulada em ambiente controlado, admite-se que a força resultante radial é nula, isto é, $F_R = 0$. Com base nessa condição, pode-se calcular a tensão no fio por meio da equação $T = mg \cos \theta - m \cdot a_r$, em que a_r representa a aceleração radial. Além disso, a partir da Figura 24, é possível calcular o comprimento do arco de circunferência, identificado como S, o qual corresponde à amplitude alcançada pelo peso P em seu movimento circular.

Figura 24: Comprimento do arco de circunferência que é a nossa amplitude alcançada pelo peso P



Fonte: Acervo da Autora (2024).

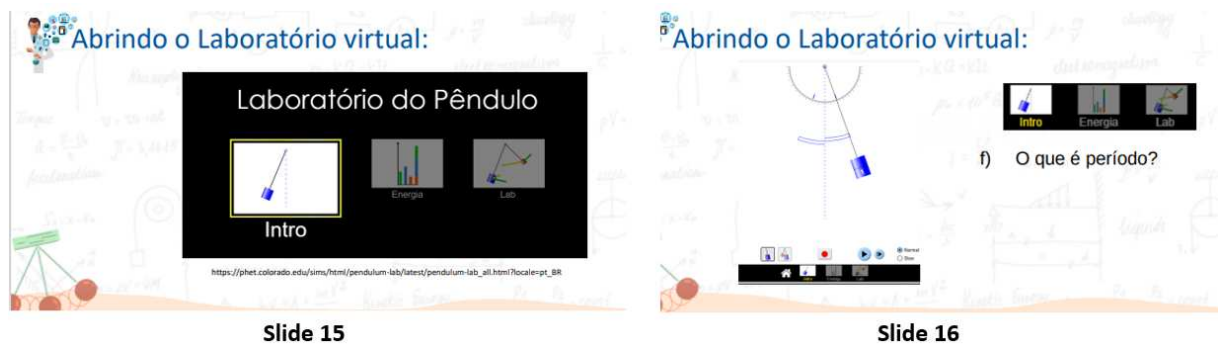
Nessa Figura, observa-se a trajetória circular descrita pelo pêndulo, o ângulo de abertura θ (expresso em graus), e o raio L, que corresponde à distância entre o centro da trajetória e o peso. O arco destacado em vermelho indica o deslocamento percorrido ao longo

da circunferência. O valor de S , portanto, pode ser obtido pela equação $S = \frac{\theta \cdot \pi \cdot L}{180}$, que permite calcular a amplitude com base na abertura angular e no comprimento do fio.

Slides 15 e 16:

Na Figura 25, correspondendo aos slides 15 e 16, dando continuidade à atividade, os estudantes iram utilizar os computadores para acessar o simulador PhET. Neste momento, o professor pode aproveitar a oportunidade para contextualizar o uso dessa tecnologia educacional, destacando seus benefícios na aprendizagem de conceitos científicos complexos por meio de uma abordagem visual, interativa e intuitiva.

Figura 26: Páginas 15 e 16 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”



Fonte: Acervo da Autora (2024).


Os estudantes iniciarão a exploração do simulador a partir da aba “INTRO”, respondendo à questão (f) "O que é período?" do relatório. Nessa etapa, poderão observar o comportamento do pêndulo simples sob diferentes condições e configurar o ambiente experimental conforme as orientações da atividade proposta, promovendo, assim, uma compreensão mais concreta dos fenômenos envolvidos.

Slides 17 e 18:

Na Figura 27, os discentes devem acessar a aba “ENERGIA” do simulador, onde terão a tarefa de capturar imagens da tela com o intuito de facilitar a comparação dos resultados obtidos ao modificarem os parâmetros do sistema. Essa atividade contribui para o desenvolvimento da habilidade de análise crítica dos efeitos das variáveis no comportamento do pêndulo.

Figura 27: Páginas 17 e 18 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

Abrindo o Laboratório virtual:

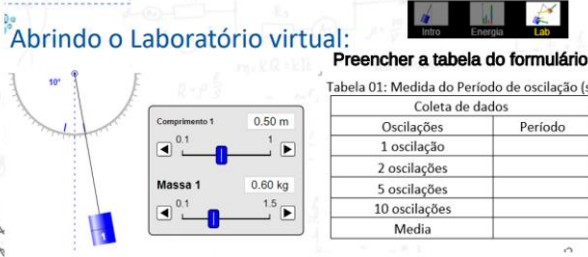


Aba Energia:

g) O que deve ser feito para que a Energia total do sistema de altere?
*vamos printar as telas

Slide 17

Abrindo o Laboratório virtual:



Preencher a tabela do formulário

Tabela 01: Medida do Período de oscilação (s)

| Coleta de dados | |
|-----------------|---------|
| Oscilações | Período |
| 1 oscilação | |
| 2 oscilações | |
| 5 oscilações | |
| 10 oscilações | |
| Media | |

Slide 18

Fonte: Acervo da Autora (2024).

No slide 18, os estudantes avançam para a aba final, intitulada “LAB”, na qual devem preencher uma tabela com os dados exibidos pelo simulador e também registrados no relatório. Essa etapa visa à consolidação dos resultados obtidos durante a simulação, organizando-os de maneira tabular, o que facilita a visualização, interpretação e compreensão das informações experimentais de forma mais sistemática.

Slides 19 e 20:

Na aba "LAB", os discentes responderão às questões h), i) e j) do relatório, representadas na Figura 28. Usarão os dados experimentais registrados nas tabelas e as observações feitas durante a atividade para fundamentar suas conclusões sobre o comportamento do pêndulo simples em diferentes condições.

Figura 28: Páginas 19 e 20 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

ETAPA VI: Questões

h) Após preencher a tabela, qual conclusão você chegou sobre o período de oscilação?

i) Volte ao simulador e altere a massa para 50g, 1kg e 1,5kg. Qual foi o impacto no período após essas alterações?

Medida do Período de oscilação (s)

| Coleta de dados | |
|-----------------|---------|
| Massa | Período |
| 50g | |
| 1kg | |
| 1,5kg | |

Slide 19

ETAPA VII: Questões

j) Vamos agora alterar outro dado do simulador, o comprimento do fio, mantendo o peso e a amplitude. Qual foi o impacto no período após essas alterações?

Medida do Período de oscilação (s)

| Coleta de dados | |
|-----------------|---------|
| Comprimento | Período |
| 30 cm | |
| 70 cm | |
| 1 m | |

Slide 20

Fonte: Acervo da Autora (2024).

Slides 21 e 22:

Baseados nos dados anotados e na revisão, peça aos discentes para calcular a aceleração da gravidade utilizando os dados do simulador. Solicite que criem um gráfico, como representado na Figura 29, baseado no movimento do pêndulo no simulador para analisar os resultados obtidos. Para essa comparação, sugira a abertura do simulador Walter Fendt, que oferece uma abordagem diferente para o estudo fornecendo resultados complementares aos do PhET.

Figura 29: Páginas 21 e 22 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

Slide 21

Slide 22

Fonte: Acervo da Autora (2024).

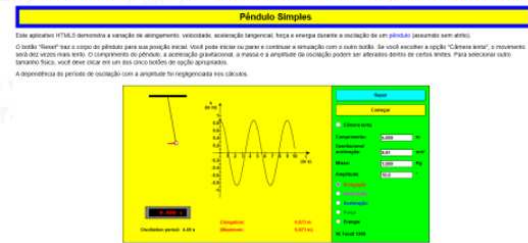
Para calcular a aceleração da gravidade deve ser usada a equação $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$, que expressa o período de oscilação de um pêndulo simples. Nessa equação, T representa o período de oscilação, medido em segundos (s); L corresponde ao comprimento do fio, em metros (m); e g refere-se à aceleração da gravidade, expressa em metros por segundo ao quadrado (m/s^2). A partir dessa relação, é possível, conhecendo o valor do período e o comprimento do pêndulo, determinar a aceleração da gravidade.

Slides 23 e 24:

No slide 23, da Figura 30, após os discentes responderem à pergunta L, que solicita o esboço do gráfico da amplitude em função do tempo, verifique o resultado apresentado por eles e compare-o com o gráfico exibido pelo simulador. Esse momento é ideal para corrigir possíveis equívocos.

Figura 30: Páginas 23 e 24 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

Conferindo os Cálculos em outro Simulador



Slide 23

Conjunto de Hipótese para descrever a situação 02:

- Ao soltar o objeto de uma posição inicial ele faz um movimento periódico.
- A aceleração da gravidade é constante durante o movimento;
- A resistência do *ar não é desprezível*,
- A massa do fio é muito menor que a massa do objeto e as dimensões do objeto são muito menores que as dimensões do fio;

Slide 24

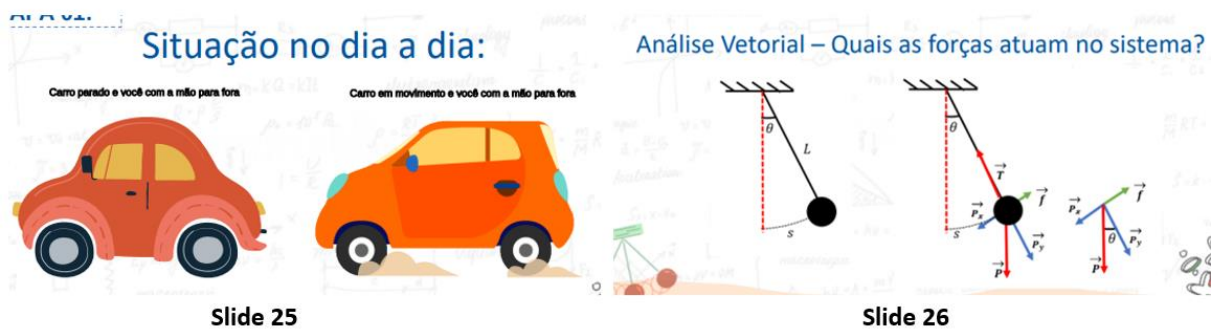
Fonte: Acervo da Autora (2024).

O Slide 24 marca a introdução da próxima etapa da atividade, que consiste na análise de um novo cenário, no qual será considerada a influência da resistência do ar sobre o movimento do pêndulo.

Slides 25 e 26:

Para exemplificar uma situação em que podemos notar a resistência do ar, a Figura 31, slide 25 utiliza a ilustração de um carro parado e mesmo em movimento, mostrando o efeito sobre a mão do ocupante quando ela é colocada para fora. No slide 26, os discentes poderão representar essa nova força nos próprios relatórios.

Figura 31: Páginas 25 e 26 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”




Slide 25

Slide 26

Fonte: Acervo da Autora (2024).

Para introduzir a análise da resistência do ar, propõe-se a realização de um experimento mental, que visa promover uma reflexão didática sobre esse fenômeno. A ilustração correspondente a essa proposta encontra-se na Figura 32.

Figura 32: Intervenção do professor durante a explicação da situação apresentada no Slide 25.


Aluno

Imagine-se dentro em um carro imóvel. Ao estender sua mão para fora do carro, qual tipo de força você consegue perceber atuando sobre sua mão?

Agora, suponha que o carro, que antes estava parado, comece a se mover e gradualmente aumente sua velocidade. Você ainda mantém sua mão estendida para fora do carro. O que acontece com sua mão nessa situação?

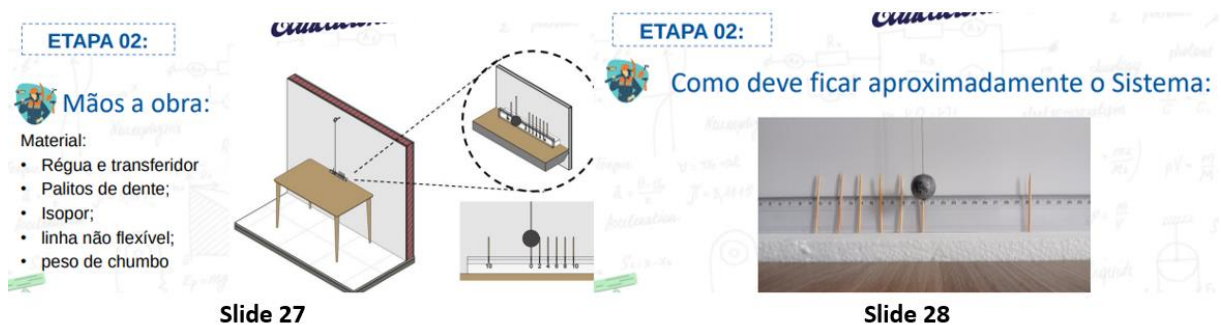
A partir dessa analogia, é possível compreender que, na prática, um objeto oscilante não mantém um movimento perpétuo. A resistência do ar atua como uma força dissipativa, reduzindo gradualmente a amplitude das oscilações. Com o tempo, essa influência faz com que o movimento perca energia até que o objeto atinja o equilíbrio e cesse completamente sua oscilação.

Fonte: Acervo da Autora (2024).

Slides 27 e 28:

A Figura 33 apresenta todos os detalhes da montagem da experiência realizada no vídeo. Nela, uma régua foi colocada apoiada sobre um pedaço de isopor, onde foram inseridos alguns palitos de dente para facilitar a visualização das marcações de espaçamento. Além disso, um peso de chumbo foi fixado em uma parede com uma linha (Barbante ou Anzol), representando assim o pêndulo.

Figura 33: Páginas 27 e 28 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

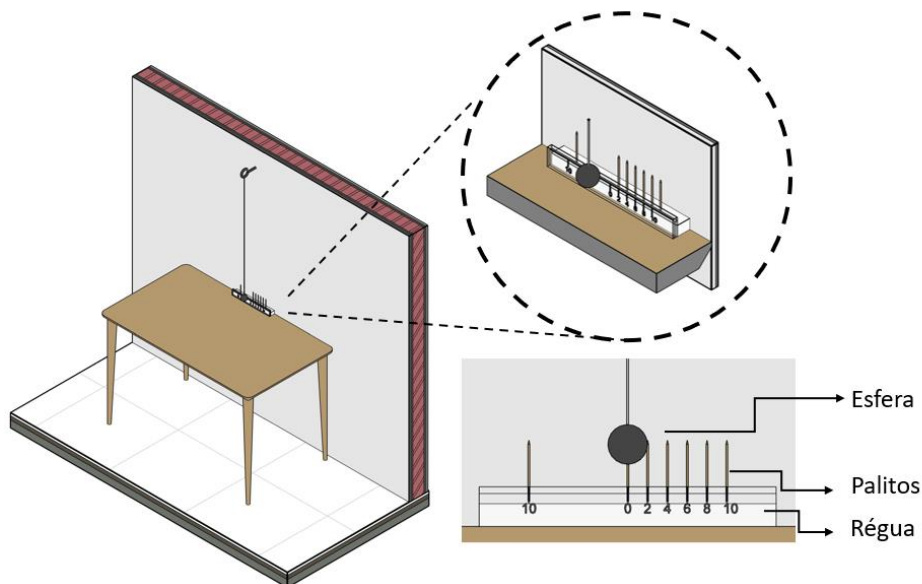


Fonte: Acervo da Autora (2024).

Neste momento, será realizado pelos discentes o experimento representado na Figura 34, que ilustra a situação referente ao movimento real. Essa análise incluirá os seguintes aspectos: ao ser liberado de uma posição inicial, o objeto descreve um movimento periódico; a aceleração da gravidade mantém-se constante durante o movimento; a resistência do ar

apresenta influência significativa; a massa do fio é consideravelmente inferior à do objeto, cujas dimensões são substancialmente menores que as do fio.

Figura 34: Montagem experimental de um pêndulo simples: O esquema detalhado a disposição dos elementos para facilitar a medição do período de oscilação e a análise do movimento.



Fonte: Acervo da autora (2024).

Slides 29 e 30:

A Tabela 4, apresentada na Figura 35 (Slide 29), deverá ser preenchida ao longo da experiência prática, conforme as orientações previamente estabelecidas. Inicialmente, os discentes devem posicionar a esfera na marcação de 10 cm e, em seguida, buscar sincronizar as medições antes de iniciar a coleta de dados. O procedimento experimental consiste em registrar os tempos correspondentes a uma, duas, cinco e dez oscilações completas, inserindo esses valores na Tabela. Após a conclusão da coleta de dados, os discentes deverão utilizar as informações obtidas para calcular a aceleração da gravidade (g). Com os dados organizados, será possível dar continuidade à atividade por meio da construção de um gráfico que relaciona a amplitude em função do tempo, permitindo uma análise mais precisa da variação do movimento oscilatório.

Tabela 4: Coleta de dados para cálculo de (g)

| Coleta de dados | | |
|----------------------------------|-------|--------|
| Medida do tempo de oscilação (s) | | |
| Oscilações | Tempo | Tmédio |
| 1 oscilação | | |
| 2 oscilações | | |
| 5 oscilações | | |
| 10 oscilações | | |
| MÉDIA | | |

Fonte: Acervo da autora (2024).

Figura 35: Páginas 29 e 30 do slide de apresentação da aula adaptada sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

Análise dos dados:


Siga as instruções da apresentação e preencha a tabela a seguir:

| Coleta de dados | | |
|----------------------------------|-------|--------|
| Medida do tempo de oscilação (s) | | |
| Oscilações | Tempo | Tmédio |
| 1 oscilação | | |
| 2 oscilações | | |
| 5 oscilações | | |
| 10 oscilações | | |
| MÉDIA | | |

Slide 29

Análise dos dados:

Refaça o gráfico com base nas observações realizadas durante a experiência



Slide 30

Fonte: Acervo da Autora (2024).

Esta atividade prática permitirá observar e registrar o comportamento do pêndulo simples, analisando a variação da amplitude ao longo do tempo devido à resistência do ar. Com essas informações, os discentes poderão refazer o gráfico, agora levando em conta esse efeito.

Slides 31 e 32:

Para concluir a atividade, os discentes deverão utilizar os dados obtidos durante o experimento para calcular uma nova estimativa da aceleração da gravidade. Em seguida, deverão comparar esse valor com aquele apresentado pelo simulador, analisando possíveis diferenças e refletindo sobre suas causas. Por fim, será solicitado que elaborem um breve resumo dos principais conteúdos abordados na aula, registrando também suas conclusões. Essa etapa final é essencial para consolidar o aprendizado, permitindo que os estudantes revisitem os conceitos explorados e desenvolvam uma compreensão mais crítica e aprofundada dos fenômenos observados.

4.4 Sequência Didática 2: "Ondas sonoras e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento"

A aula segue uma abordagem de ensino baseada em experimentos e na aprendizagem orientada por projetos, que incentiva os discentes a desenvolver habilidades práticas e cognitivas por meio da robótica educacional e da simulação computacional de circuitos eletrônicos. Os participantes são envolvidos em atividades que combinam programação e observação ambiental, inspirando-se em comportamentos de animais como os morcegos para a criação de um protótipo de sensor de estacionamento com Arduino. Isso permite uma integração entre as áreas de ciências naturais e tecnologia, proporcionando uma compreensão prática de conceitos abstratos, como ondas sonoras e ecolocalização.

4.4.1 Habilidades da BNCC

Tabela 5: Relação entre as habilidades da BNCC para a atividade de Robótica educacional e ondas sonoras

| Habilidades da BNCC para o ensino médio | |
|--|--|
| Código alfanumérico | Habilidades |
| Computacionais | |
| (EM13CO11) | Criar e explorar modelos computacionais simples para simular e fazer previsões, identificando sua importância no desenvolvimento científico. |
| (EM13CO16) | (EM13CO16) Desenvolver projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores. |
| Ciências da Natureza e suas Tecnologias | |
| (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. |
| (EM13CNT307) | Analisar as propriedades específicas dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis. |
| (EM13CNT308) | Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, redes de informática e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos. |

Fonte: Adaptação da BNCC – Base Nacional Comum Curricular.

4.4.2 Objetivos

Os objetivos incluem reconhecer a importância do desenvolvimento científico e tecnológico e compreender como as ondas sonoras desempenham um papel essencial em

diversas aplicações, que vão desde a medicina até a indústria. Além disso, busca-se promover a compreensão do comportamento de animais que utilizam a ecolocalização, como morcegos e golfinhos, destacando a sofisticação dos mecanismos naturais de orientação e detecção. Também é importante que os discentes adquiram conhecimentos sobre a tecnologia de ultrassom, entendendo seu funcionamento e suas aplicações práticas, especialmente no que diz respeito à prevenção de colisões entre veículos e obstáculos, contribuindo assim para a segurança no trânsito e para o avanço de sistemas automatizados.

4.4.3 Objetivos Instrucionais

Ao concluir esta sequência didática, espera-se que o discente seja capaz de analisar a natureza das ondas sonoras, explicando suas principais características, como amplitude, frequência, velocidade e comprimento de onda. Além disso, deverá compreender o processo de propagação do som, identificando como ele se desloca por diferentes meios. Espera-se também que o discente consiga relacionar a amplitude das ondas sonoras com a intensidade ou volume do som percebido, compreendendo essa conexão de forma clara. Por fim, o estudante deverá aplicar os conceitos estudados em contextos tecnológicos, reconhecendo o uso das ondas sonoras em diversas aplicações, como ultrassom, sonar e microfones.

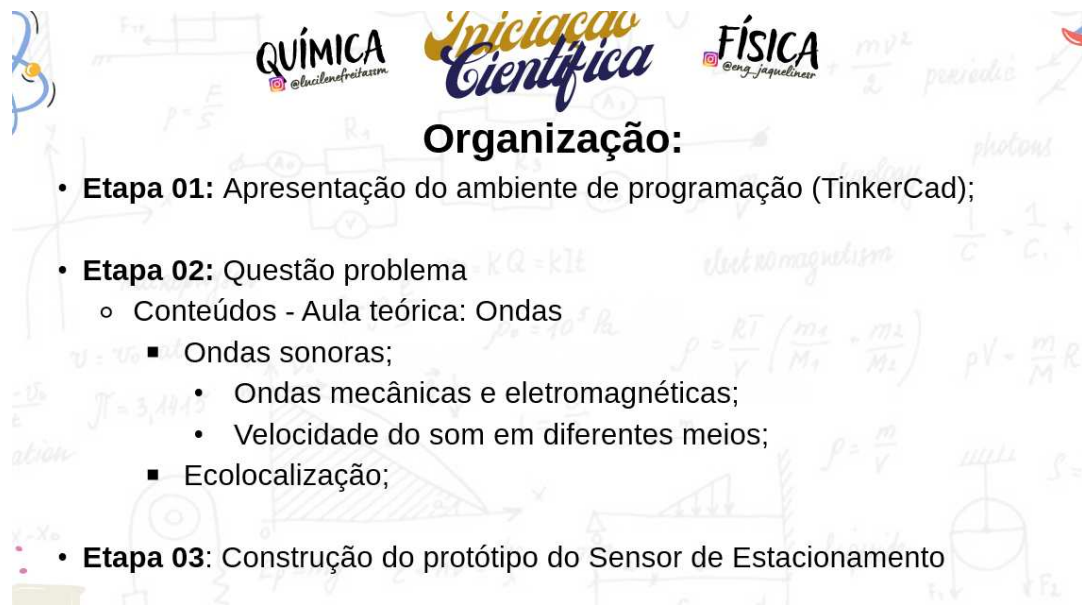
4.4.4 Desenvolvimento

Para apoiar o desenvolvimento das aulas, foi elaborada uma apresentação de slides, disponível nos anexos⁴ desta pesquisa. Os quatro primeiros slides dessa apresentação trazem a introdução da aula, iniciando com a apresentação da escola e do professor responsável. Em seguida, é feita uma breve contextualização do tema central — a ecolocalização. Também são destacados os objetivos da atividade e as habilidades do século XXI que serão trabalhadas, como pensamento crítico, resolução de problemas e colaboração.

O quinto slide, representado pela Figura 36, apresenta a organização e divisão das aulas. Nele, é proposta uma sequência didática estruturada em três etapas. Essa sequência tem como objetivo integrar conceitos de programação, princípios da Física e a aplicação prática por meio da construção de um protótipo de sensor de estacionamento utilizando a plataforma Arduino.

⁴ <https://sites.google.com/view/jaquelinerochamnpf/p%C3%A1gina-inicial>

Figura 36: Slide 05 da apresentação com informações da organização das aulas



Organização:


- **Etapa 01:** Apresentação do ambiente de programação (TinkerCad);
- **Etapa 02:** Questão problema
 - Conteúdos - Aula teórica: Ondas
 - Ondas sonoras;
 - Ondas mecânicas e eletromagnéticas;
 - Velocidade do som em diferentes meios;
 - Ecolocalização;
- **Etapa 03:** Construção do protótipo do Sensor de Estacionamento

Fonte: Acervo da Autora (2024).

Etapa 01: Introdução ao ambiente de programação

Na primeira etapa, ilustrada na Figura 37, é realizada uma introdução ao ambiente de programação. Nesse momento, inicia-se uma discussão sobre o que os discentes compreendem por programação e como ela se relaciona com o cotidiano. Com o apoio do vídeo "O que são linguagens de programação?", disponível no YouTube, são apresentados conceitos fundamentais, além de serem destacadas áreas promissoras da tecnologia, como desenvolvimento de software, ciência de dados e inteligência artificial.

Figura 37: Slides 06 e 07 da apresentação - "Ondas sonoras e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento"



Slide 06

Slide 07

Fonte: Acervo da Autora (2024).

Neste momento, surge a oportunidade de questionar os discentes: "Vocês já tiveram a oportunidade de conhecer ou ouvir falar sobre as linguagens apresentadas no vídeo?" Essa pergunta servirá como suporte para dar continuidade à aula e aprofundar a discussão sobre o tema.

Nos slides apresentados na Figura 38, o professor tem a oportunidade de discutir como a programação está presente em nosso cotidiano, sendo considerada a linguagem do futuro. À medida que a tecnologia se torna cada vez mais integrada à nossa rotina, o domínio dessa habilidade se mostra essencial e altamente valorizado no mercado de trabalho. A apresentação introduz, então, três áreas promissoras no campo da tecnologia: desenvolvedores, analistas/cientistas/engenheiros de dados e especialistas em machine learning e inteligência artificial. Também são abordadas as principais linguagens de programação utilizadas nessas áreas, bem como os salários médios desses profissionais. O objetivo é despertar o interesse dos discentes para esse mercado em expansão, destacando as oportunidades e possibilidades de carreira.

Figura 38: Slides 08 e 09 da apresentação - “Ondas sonoras e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento”

Slide 08

ETAPA 01: Tema: Programação

Três grandes áreas que prometem ser as mais promissoras em número de vagas e que podem ser o seu pontapé inicial na área de Tecnologia, voltado para programação:

- **Desenvolvedores:** profissionais capacitados para criar aplicativos e softwares.
- **Analistas, cientistas e engenheiros de dados:** profissionais que atuam em coleta, compilação, análise e interpretação de grandes volumes de dados.
- **Especialistas em machine learning e inteligência artificial:** profissionais que atuam com o desenvolvimento de sistemas inteligentes.

Slide 09

ETAPA 01: Tema: Programação

Principais Linguagens

- **JavaScript** - sites front-end e no desenvolvimento de jogos - LinkedIn, Mortal Kombat (**RS 4.814,00/mês**)
- **Python** - editores de imagem ou de texto e jogos - Greyhawk empresa de Dungeons & Dragons, Google (**RS 5.469,00/mês**)
- **C++** - programas de computador, sistemas operacionais, desenvolvimento de videogames - The Witcher 3, Dark Souls (**RS 7.156,00/mês**)

Fonte: Acervo da Autora (2024).

Dando continuidade a esta etapa da aula, deve-se apresentar aos discentes um dicionário básico com os principais termos utilizados no ambiente de programação, conforme ilustrado na Figura 39. Essa explicação visa facilitar a compreensão dos conceitos que serão trabalhados ao longo da atividade. Entre os termos abordados estão: Algoritmo, que se refere a um passo a passo para resolver um problema; Backup, que é a cópia de dados de um dispositivo de armazenamento para outro, a fim de evitar a perda dos dados originais; Bug, um erro no código que pode causar comportamentos indesejados na aplicação; Código, definido como "textos" escritos em uma linguagem de programação específica; e Loop, que representa a repetição de um trecho de código. Esses conceitos são fundamentais para que os discentes

possam se familiarizar com a lógica da programação e se sintam mais seguros durante as atividades práticas.

Figura 39: Slide 10 da apresentação - “Ondas sonoras e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento”

ETAPA 01: Tema: Programação

Dicionário da Programação:

- Algoritmo: É um passo a passo para resolver um problema.
- Backup: Cópia de dados de um dispositivo de armazenamento a outro para evitar perda dos dados originais.
- Bug: Erro no código que pode estar causando um comportamento indesejado na aplicação
- Código: São "textos" escritos utilizando uma "gramática" específica (linguagem de programação).
- Loop: Repetição de um trecho de código

Fonte: Acervo da Autora (2024).

Dando continuidade à Etapa 01, será apresentada aos discentes a ferramenta Tinkercad, uma plataforma online desenvolvida pela Autodesk para design de modelos 3D e simulação de circuitos elétricos, que será utilizada ao longo do projeto. O professor deverá estar previamente familiarizado com a plataforma de programação, uma vez que será responsável por criar uma sala de aula virtual e adicionar os discentes pelo nome, dispensando a necessidade de registro individual. A plataforma, além de ser totalmente gratuita, é bastante intuitiva, o que permitirá aos estudantes explorá-la com facilidade. Será importante incentivá-los a navegar pelo ambiente e se familiarizar com seus recursos.

Nesta etapa, deverá ser desenvolvido um projeto de semáforo com o objetivo de aprofundar o conhecimento sobre o uso da ferramenta. Para a construção do projeto, serão utilizados os seguintes componentes, conforme representado na Figura 40: LEDs, resistores, uma protoboard (placa de ensaio), jumpers macho para protoboard Arduino e o kit Arduino. A figura destacará a aparência desses materiais no ambiente virtual, permitindo que os discentes identifiquem os correspondentes físicos a serem utilizados na montagem do circuito.

Figura 40: Slides 12 e 13 - Ambiente de programação Tinkercad com a representação da lista de material para criar o semáforo

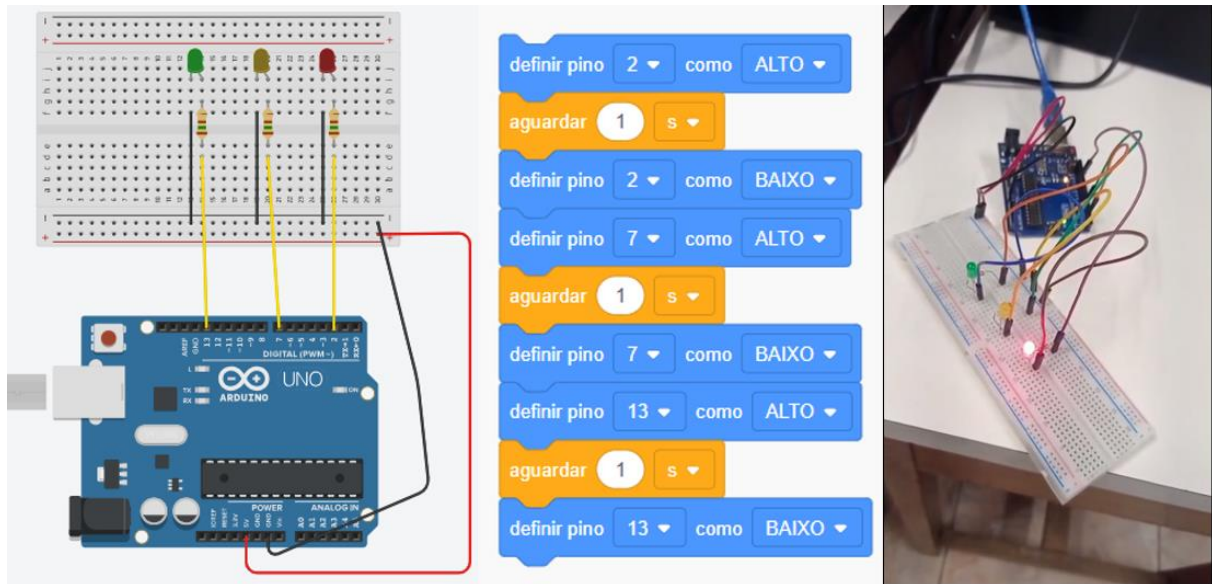


Fonte: Acervo da Autora (2024).

Após a montagem do semáforo no ambiente virtual, conforme será ilustrado na Figura 41, os discentes deverão explorar a aba "código" do simulador Tinkercad. Nesse ambiente, a linguagem utilizada será o C++, sendo possível programar tanto por meio de blocos quanto em formato de texto. Optar-se-á pela linguagem em blocos, por ser mais intuitiva e facilitar o entendimento do processo de programação. No momento correspondente ao slide 13, os discentes deverão instalar o Arduino nos computadores para dar continuidade à aula, iniciando a etapa prática de montagem do semáforo.

A Figura 41 deverá servir como referência para a montagem no simulador, a visualização da aba de códigos e a organização dos componentes na placa protoboard. Após essa etapa, os discentes deverão avançar da simulação virtual para a montagem física do protótipo, aplicando os conhecimentos adquiridos em um contexto real.

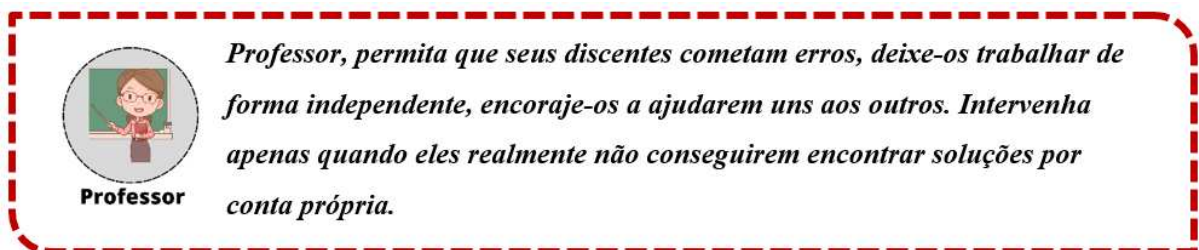
Figura 41: Imagem de como deve ficar aproximadamente a montagem no ambiente de simulação, na aba de códigos e a montagem física, usando os componentes do Arduino



Fonte: Acervo da Autora (2024).

A Figura 42, integrante do Produto Educacional, apresenta uma orientação pedagógica que enfatiza o papel do professor no contexto de uma aprendizagem ativa e significativa. Ela ressalta a importância de proporcionar aos estudantes a oportunidade de experimentar, cometer erros e aprender com seus próprios desafios. Nesse processo, o professor deve atuar como mediador, estimulando a autonomia dos discentes, incentivando a colaboração entre eles e intervindo somente quando for realmente indispensável para o avanço da aprendizagem.

Figura 42: Orientações para o docente



Fonte: Acervo da Autora (2024).

Etapa 02: Exploração dos princípios físicos.

Na segunda etapa, deverá ser utilizada a Figura 43 para explorar os princípios físicos envolvidos na ecolocalização, com o objetivo de compreender como animais, como morcegos e golfinhos, conseguirão se orientar no ambiente sem utilizar a visão. A questão-problema que norteará essa etapa será: Como os morcegos se orientam sem utilizar a visão? Deverá ser apresentada a definição de ecolocalização, explicando que se trata de uma forma de

comunicação utilizada por alguns animais, também conhecida como biossonar ou localização pelo eco. Essa adaptação será destacada como essencial para o reconhecimento do ambiente, especialmente por espécies com visão pouco desenvolvida ou que habitam locais com baixa luminosidade. Deverá ser discutido quais conceitos da Física estarão envolvidos nesse fenômeno, com ênfase no papel fundamental das ondas sonoras nesse processo.

Figura 43: Slides 17 e 19 – Conceitos físicos sobre ondas sonoras

✓ ETAPA 02:

Slide 17

COMO OS MORCEGOS SE ORIENTAM SEM UTILIZAR A VISÃO?

Slide 19

ECOLOGICALIZATION

Ocorre quando um animal emite uma onda sonora que rebate em um objeto, produzindo um eco que fornece informações sobre a distância e o tamanho desse objeto.

- O animal possui um órgão capaz de produzir um sinal acústico e apresenta a capacidade de interpretar o eco;
- Essa adaptação contribui para a identificação dos obstáculos e de presas no ambiente

Fonte: Acervo da Autora (2024).

A Figura 44 deverá ser utilizada como apoio didático para a explicação sobre a natureza das ondas sonoras, que serão classificadas como ondas mecânicas, longitudinais e tridimensionais. As ondas mecânicas serão descritas como aquelas que necessitam de um meio material para se propagarem — no caso, o ar. Elas se caracterizarão por depender das partículas do meio para transmitir energia mecânica de uma região para outra. O termo “longitudinais” será utilizado para explicar que a vibração responsável pela geração do som ocorrerá na mesma direção da propagação da onda, ou seja, as partículas do meio deverão se mover para frente e para trás ao longo do eixo da onda, comprimindo e rarefazendo as regiões vizinhas. Por fim, o conceito de “tridimensionais” será abordado para mostrar que as ondas sonoras se propagarão em todas as direções a partir da fonte emissora, preenchendo o espaço ao redor e formando um padrão de propagação esférica.

Figura 44: Slides 17 e 19 – Conceitos físicos sobre ondas sonoras

VAULA 02: Tema: Ondas Sonoras

ONDA MECÂNICA, LONGITUDINAL E TRIDIMENSIONAL

PREZISA DE UM MEIO DE PROPAGAÇÃO
POSSUI A PROPAGAÇÃO PARALELA À VIBRAÇÃO
PROPAGA-SE EM TODAS AS DIMENSÕES

SENTIDO DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS SONORAS

RAREFAÇÃO
COMPRESSÃO

VELOCIDADE DE PROPAGAÇÃO DO SOM

SOLID
LIQUID
GAS

| Sólidos | |
|---------------------|----------|
| Vidro (20 °C) | 5130 m/s |
| Alumínio (20 °C) | 5100 m/s |
| Líquidos | |
| Glicerina (25 °C) | 1904 m/s |
| Água do mar (25 °C) | 1533 m/s |
| Água (25 °C) | 1493 m/s |
| Mercurio (25 °C) | 1450 m/s |
| Gases | |
| Hidrogênio (0 °C) | 1286 m/s |
| Hélio (0 °C) | 972 m/s |
| Ar (20 °C) | 343 m/s |
| Ar (0 °C) | 330 m/s |

Slide 17 **Slide 19**

Fonte: Acervo da Autora (2024).

A seguir, é abordada a velocidade do som em diferentes materiais, ilustrando, por meio de animações e tabelas, como o som se propaga de forma variada em sólidos, líquidos e gases. Essa comparação os auxilia a compreender, como a densidade do meio influencia a velocidade da onda sonora

Na sequência, é explorado o espectro auditivo humano, identificando que os seres humanos detectam frequências entre 20 Hz e 20.000 Hz, enquanto sons abaixo e acima desse intervalo são classificados como infrassons e ultrassons, respectivamente. Para testar essa faixa auditiva, se utiliza um gerador de som online, representado na Figura 45, gerando frequências sonoras e observando a percepção auditiva individual.

Figura 45: Slides 21⁵ e 22 – da apresentação - “Ondas sonoras e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento”

QUÍMICA *Iniciação Científica* **FÍSICA**

ESPECTRO SONORO
[HTTPS://WWW.SZYNALSKI.COM/TONE-GENERATOR/](https://www.szynalski.com/tone-generator/)

Online Tone Generator

PLAY

440 Hz

PARA QUE MAIS OS SONS PODEM SER USADOS?

Medicina:
os aparelhos de ultrassonografia possuem diversas utilizações, como na gravidez para ver o desenvolvimento gestacional. Também é utilizado para ver o estado de alguns órgãos (como o fígado e rins), e verificar se há alguma anomalia;

Os ecos são mapeados por um sistema computadorizado, tornando possível identificar os tecidos e, então, formar a imagem ecográfica.

Ultrassom

Área de recepção
Área emissora

Slide 21 **Slide 22**

Fonte: Acervo da Autora (2024).

Por fim, deverá ser destacada a aplicação prática das ondas sonoras em diversas áreas do conhecimento e da tecnologia. Os sons desempenharão papéis importantes em

⁵ Fonte: Szynalski. Link: <https://www.szynalski.com/tone-generator/>.

diferentes setores da sociedade, demonstrando sua versatilidade e relevância. Na área da segurança, os discentes deverão compreender que sensores ultrassônicos serão empregados em sistemas de alarme tanto residenciais quanto automotivos, permitindo a detecção de movimentos indesejados. Na indústria automobilística, os sistemas de assistência à condução, como sensores de ré, de colisão e de detecção de pedestres, utilizarão tecnologias sonoras para aumentar a segurança nas vias.

Na pesquisa científica, os estudantes deverão reconhecer que a acústica será utilizada como ferramenta para monitorar o ambiente subaquático, estudar a biodiversidade e realizar análises da estrutura da Terra por meio de técnicas sísmicas. Já na indústria aeroespacial, o som deverá ser empregado em testes de resistência de materiais e estruturas, especialmente em condições extremas, como durante o lançamento de foguetes. Dessa forma, os discentes compreenderão que as ondas sonoras terão um amplo campo de aplicação, conectando ciência, tecnologia e sociedade.

Etapa 03: Desenvolvimento do protótipo do sensor de estacionamento

Na terceira etapa é desenvolvido o protótipo do sensor de estacionamento, começando pela separação dos materiais necessários, Figura 46, que incluem dois LEDs (um vermelho e um amarelo), dois resistores de 150 ohms, um *buzzer* ativo, um sensor ultrassônico, um Arduino Uno, uma protoboard e alguns jumpers macho.

Figura 46: Slides 21 e 22⁶ – da apresentação - “Ondas sonoras e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento”

ENTÃO VAMOS CRIAR O NOSSO SENSOR DE ESTACIONAMENTO

Montagem do Sensor de Estacionamento

Material:

- 2x LED's Vermelhos;
- 2x Resistores de 150 Ohms;
- 1x Buzzer Ativo;
- 1x Sensor Ultrassônico;
- 1x Arduino UNO;
- 1x Protoboard;
- Alguns Jumpers;

ENTÃO VAMOS CRIAR O NOSSO SENSOR



leds - Tensão 2V e corrente 20mA
Arduino - Tensão de 5V

Usando a Lei de OHM:
 $R = (5-2)/0,02$
 $R = 150\text{Ohms}$

<https://youtu.be/rs2psLngvSc>

Slide 24
Slide 25

⁶ O link a seguir permite o acesso do vídeo criado pela autora explicado como fazer o circuito e os códigos em blocos. “Tutorial: Como Programar um Sensor de Estacionamento no tinkercad Usando Blocos”
link: <https://youtu.be/rs2psLngvSc>.

Os discentes são incentivados a experimentar e testar diferentes configurações e códigos, permitindo que eles aprendam através da prática e resolvam problemas reais. Essa abordagem ajuda a desenvolver suas habilidades práticas e a confiança em eletrônica e programação.

Para finalizar, deverá ser apresentado aos discentes o funcionamento do sensor de estacionamento, com foco especial no sensor ultrassônico HC-SR04. As características desse sensor deverão ser explicadas da seguinte forma: VCC, pino de alimentação; Trigger, pino de disparo do pulso sonoro (entrada); Echo, pino de resposta do sensor (saída); e GND, pino de aterramento. Na Figura 47, deverá ser analisado o funcionamento do sensor, que se iniciará com a emissão de um pulso sonoro de alta frequência pelo pino Trigger. Esse pulso se propagará pelo meio à velocidade do som e, ao encontrar um objeto, será refletido de volta ao sensor por meio do pino Echo. A distância entre o sensor e o objeto deverá ser determinada com base no intervalo de tempo entre a emissão e a recepção do sinal (Δt).

Figura 47: Slides 26 e 27 – da apresentação - “Ondas sonoras e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento”

PREPARAÇÃO:

Como o sensor mede a distância?

O cálculo da distância entre o sensor e objeto é feito a partir do tempo da emissão e a recepção do sinal (Δt).
O CÁLCULO DA DISTÂNCIA É FEITO A PARTIR DO VALOR DA VELOCIDADE DO SOM, QUE É 344 M/S.

$$\Delta S = 343 * \Delta T/2$$

$$\Delta S = 343 * \frac{\Delta t}{2}$$

Slide 26

Slide 27

VCC – PINO DE ALIMENTAÇÃO
TRIG – PINO DISPARO DO PULSO SONORO (INPUT)
ECHO – PINO RESPOSTA DO SENSOR (OUTPUT)
GND – PINO DE ALIMENTAÇÃO

QUÍMICA Científica FÍSICA

Sensor ultrassônico - Feira de Ciências

Feira de Ciências
Sensor de estacionamento

MAIS VÍDEOS 0:00 / 1:21 JAQUELINE S. ROSA YouTube

Para a conclusão dessa aula os discentes participarão de uma feira de ciências para apresentação do projeto e o procedimento detalhado no vídeo "Sensor Ultrassônico - Feira de Ciências," disponível no YouTube⁷.

⁷ <https://www.youtube.com/watch?v=XShjushlllk&t=4s>

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta a discussão dos resultados obtidos ao longo da pesquisa, organizada em duas sequências didáticas. A Sequência Didática 1 é detalhada em quatro estágios: Pré-teste, Intervenção com preenchimento de relatório, Atividade Experimental, e Aplicação dos Pós-testes com análise dos resultados. Além disso, a sequência é analisada com base nas oito etapas da UEPS (Unidade de Ensino Potencialmente Significativa), considerando o Ganho de Hake ou ganho normalizado, e inclui uma reflexão sobre Educação Inclusiva com parecer da PAEE (Pessoa com Altas Habilidades ou Superdotação). A Sequência Didática 2 apresenta a avaliação e visão dos discentes sobre a atividade, análise com base nas etapas da UEPS e os resultados da participação na Feira de Ciências da UFV 2022, destacando o impacto da proposta no aprendizado e na integração prática dos conceitos abordados.

5.1 Sequência Didática 1

5.1.1 Desafios e Contexto da Pesquisa

No momento da coleta de dados, os estudantes já estavam há mais de 50 dias consecutivos sem professores nas disciplinas de exatas (Física, Matemática e Química), devido ao déficit de profissionais na área. Essa situação foi agravada pelo fato de muitos docentes evitarem atuar em escolas localizadas em regiões de difícil acesso. Além disso, conforme as especificidades da instituição, como o número limitado de turmas (apenas uma por série, com no máximo 25 estudantes), o processo de contratação de professores ainda é desafiador.

A turma escolhida para a intervenção foi o 3º ano do Ensino Médio, que possui 14 discentes, mas no dia da aplicação desta aula, apenas nove estavam presentes, que foram nomeados de discente “A” até “I”⁸. Dentre estes, dois são discentes com necessidades especiais, uma com deficiência intelectual (retardo mental) e o outro com baixa visão, deficiência intelectual moderada e Transtorno do Espectro do Autismo (TEA).

Em síntese, registra-se o pedido formalizado pela direção e supervisão da escola no sentido de que este projeto fosse igualmente adotado como método de avaliação dos discentes para o 4º bimestre. Nessa perspectiva, buscou-se assegurar uma avaliação justa e abrangente do

⁸ O **discentes** C esteve presente apenas no pré-teste, pois no pós-teste precisou se ausentar devido a uma consulta médica marcada por sua mãe. Essa ausência pode ser evidenciada na Seção 6.4 do Capítulo 6, Discussão dos Resultados, pois nos gráficos não haverá o comparativo das respostas do **discentes**.

desempenho, proporcionando uma visão abrangente de seu progresso discente. Os resultados foram devidamente encaminhados à escola.

5.1.2 Duração da intervenção

A aplicação da adaptação "Pêndulo simples e amortecido" ocorreu em um único dia letivo, durante as aulas de Física e Química na instituição de ensino. A Supervisão Pedagógica disponibilizou todos os horários disponibilizados, os quais foram consecutivos, com duas aulas antes do intervalo e uma após. Dessa forma, a utilização do produto educacional foi organizada em quatro estágios.

No primeiro estágio, aplicou-se o pré-teste em 20 minutos, com o objetivo de avaliar o conhecimento prévio sobre o tema. No segundo estágio, realizou-se a intervenção, durante a qual os discentes preencheram um relatório por 80 minutos, registrando informações relevantes e reflexões sobre o conteúdo abordado. No terceiro estágio, executou-se a atividade experimental, com duração de 50 minutos, permitindo a aplicação prática dos conceitos aprendidos.

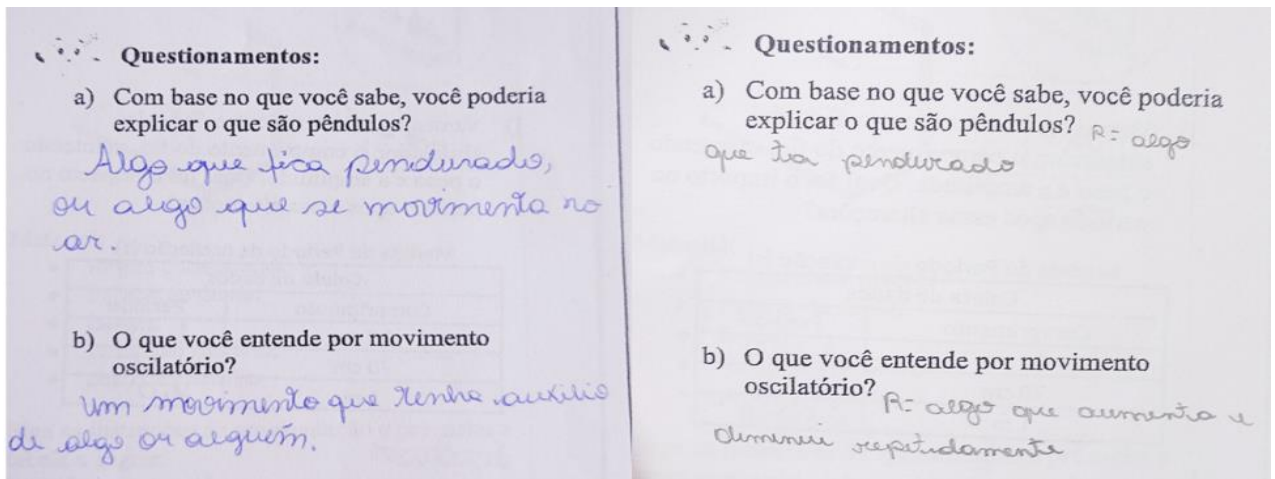
5.1.3 Primeiro Estágio: Pré-teste

Neste estágio, estabeleceu-se um período de 20 minutos, porém essa orientação temporal não foi compartilhada com os discentes, o que proporcionou flexibilidade para a realização do pré-teste. Embora tenha sido ressaltada a importância de abordar as questões com tranquilidade, incentivando-se os discentes a lerem cada pergunta com atenção, constatou-se que o pré-teste foi concluído em apenas 10 minutos no início da aula. Após a coleta dos testes, deu-se continuidade à próxima etapa, correspondente ao segundo momento: intervenção e preenchimento do relatório.

5.1.4 Segundo Estágio: Intervenção e preenchimento do relatório

Conforme mencionado anteriormente, a aula teve início com questões-problema. A Figura 48 ilustra uma das respostas, e, com base na explicação fornecida, os participantes puderam verificar se haviam respondido corretamente. Solicitou-se que não modificassem suas respostas iniciais, o que permitiu a comparação para a identificação de possíveis erros.

Figura 48: Respostas dos discentes “F” e “G” sobre os questionamentos feitos no início da aula.



Fonte: Acervo da autora (2024).

As duas primeiras questões tiveram o propósito de avaliar a capacidade dos discentes em formular uma explicação acerca do conhecimento sobre os termos "pêndulos" e "movimento oscilatório", com base em seus conhecimentos prévios. A seguir, estão as respostas de dois discentes:

Questão (a):

Discente “F”: *“Algo que está pendurado”*

Discente “G”: *“Algo que fica pendurado ou algo que se movimenta no ar”*

Questão (b):

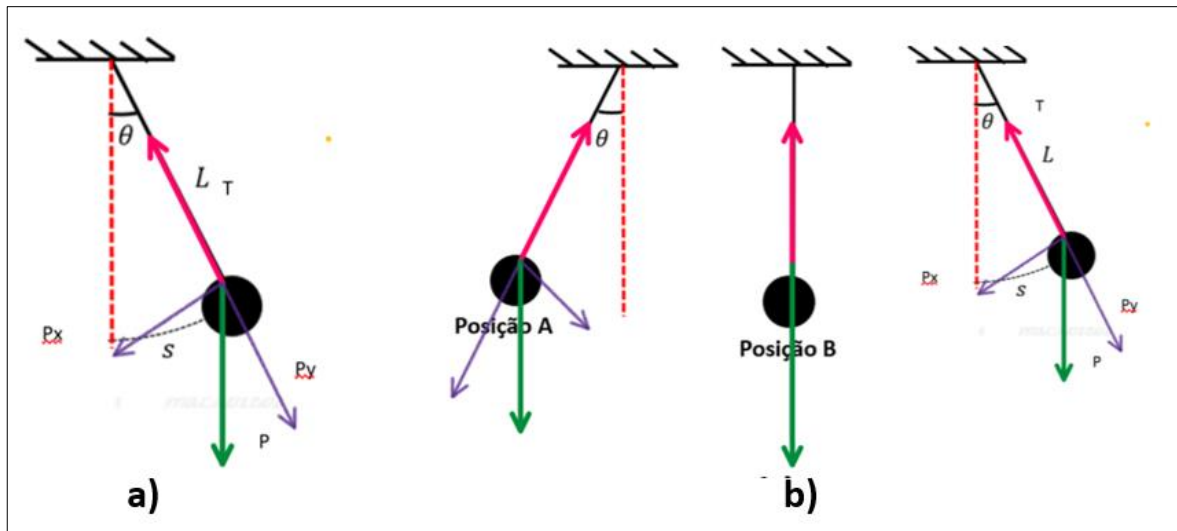
Discente “F”: *“Algo que aumenta diminui repetidamente”*

Discente “G”: *“Movimento que tem auxílio de algo ou alguém”*

Para dar continuidade ao relatório, foi realizada uma revisão dos conceitos-chave sobre *vetores*, uma vez que demonstraram dificuldades em relembrar o tema abordado, apresentada na Figura 49. Cabe ressaltar que a aula ocorreu na sala de informática, onde não havia um quadro branco tradicional. Optou-se, então, por utilizar o *OneNote*⁹, um aplicativo de anotações desenvolvido pela Microsoft. Como resultado, foram feitas capturas de tela das páginas relevantes utilizadas durante a explicação, tornando o conteúdo mais acessível e visualmente claro para os discentes.

⁹ Descrição detalhada na subseção 4.4.6 OneNote

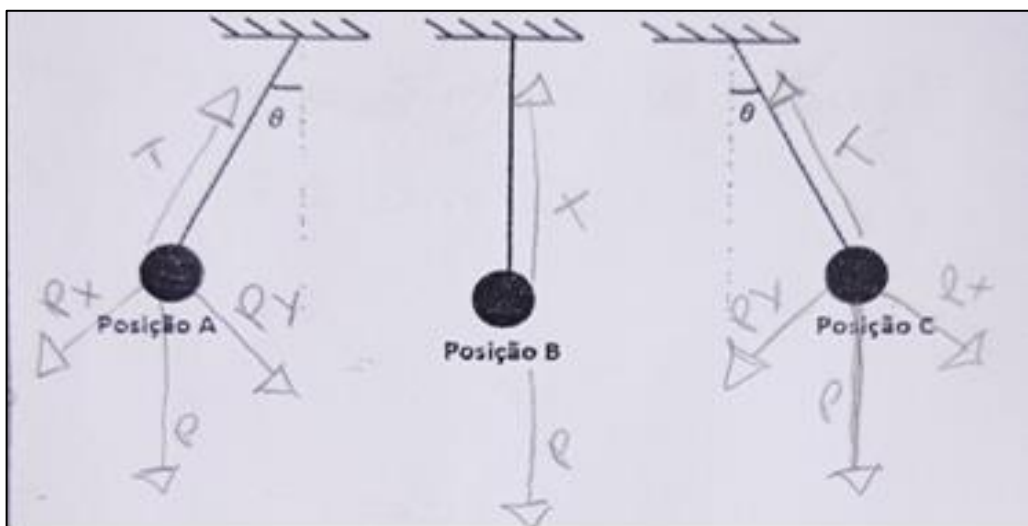
Figura 49: As imagens mostram a captura de tela do aplicativo OneNote



Fonte: Acervo da autora (2024).

Na Figura 49(a), a ilustração foi empregada para revisar o conceito de vetores, enquanto na Figura 49(b) encontra-se a captura de tela após a correção, fundamentada nas respostas dos discentes. Essa abordagem teve como objetivo assegurar a compreensão e a correção de possíveis equívocos. Na Figura 50, por sua vez, apresenta-se a resposta do discente "D", que se destacou como correta, contribuindo para a compreensão tanto do conceito de vetores quanto da variação das forças durante o movimento do pêndulo.

Figura 50: Ilustração da resposta do discente "D" à questão (b) do roteiro.

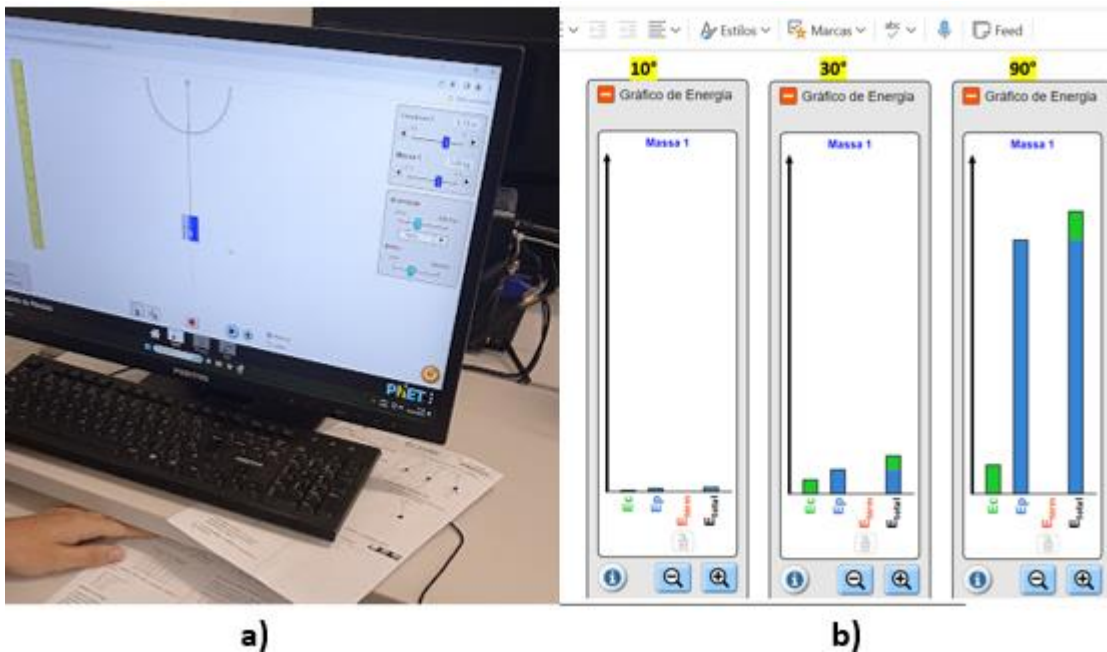


Fonte: Acervo da autora (2024)

Para resolver as questões seguintes, de (f) a (k), foi empregado o simulador PhET. Na Figura 51(a), um dos discentes estava utilizando a aba "INTRO" do simulador. Após se

familiarizarem com o simulador, na Figura 51(b), os discentes foram direcionados para a aba "ENERGIA", onde realizaram alterações no simulador, como variar a amplitude, o comprimento do fio e a massa do objeto. Destaca-se que a autora capturou a tela do aplicativo OneNote após cada modificação na amplitude, fato que permitiu a visualização e comparação das alterações por eles mesmos e que os levou à resposta da questão (g) do roteiro.

Figura 51: (a) Discente utilizando o simulador PhET para estudar o comportamento de um pêndulo simples na sala de informática. (b) Comparação dos gráficos de energia gerados pelo simulador para diferentes amplitudes do pêndulo: 10° , 30° e 90° , destacando a variação entre as energias cinética (E_c), potencial (E_p) e total (E_t).



Fonte: Acervo da autora (2024).

Durante o desenvolvimento da aula, quando os discentes, na guia "LAB", tiveram a oportunidade de ajustar diversas características do pêndulo - como o período (T), a massa (m) e o comprimento do fio (L) - chegaram às seguintes conclusões:

Discente "F" quando questionado, após preencher a tabela, qual conclusão chegou sobre o período de oscilação? respondeu: "ele é igual por que não tem resistência do ar."

O discente "A" respondeu à pergunta (i), na qual questionava o impacto da alteração da massa no período e respondeu: "O período não altera com a massa".

Para finalizar discente “D” apresentou sobre o impacto da alteração do comprimento do fio L sobre o período nas mesmas condições, respondeu: “*O período muda de acordo com o comprimento.*”

Na fase em que os discentes precisavam realizar cálculos simples para determinar a aceleração da gravidade com base nos dados do simulador, tornou-se evidente as dificuldades enfrentadas por esse grupo de estudantes em relação aos conceitos matemáticos. Foi necessário prestar assistência em cada etapa dos cálculos, desde relembrar as operações de potenciação até a estruturação e substituição correta dos valores na fórmula. Como mencionado anteriormente, a ausência de um professor pode ter influenciado o processo de aprendizagem.

A Figura 52 apresenta uma captura de tela do OneNote, ilustrando a situação mencionada. Nesta fase, um discente não respondeu à questão, enquanto outros quatro se limitaram a copiar a correção, o que sugere dificuldade em realizar a operação de forma independente. Na Figura 52(a), observa-se uma captura de tela do aplicativo OneNote mostrando a fórmula do período (T) utilizada para calcular a aceleração da gravidade (g) com os dados do simulador. Na Figura 52(b), consta a resposta manuscrita de um discente, com os cálculos realizados para determinar a aceleração da gravidade utilizando os mesmos dados do simulador.

Figura 52: (a) Captura de tela da explicação da questão (k) sobre o cálculo da aceleração da gravidade (g) e (b) a resposta de um discente, apresentando o resultado com duas casas decimais

a)

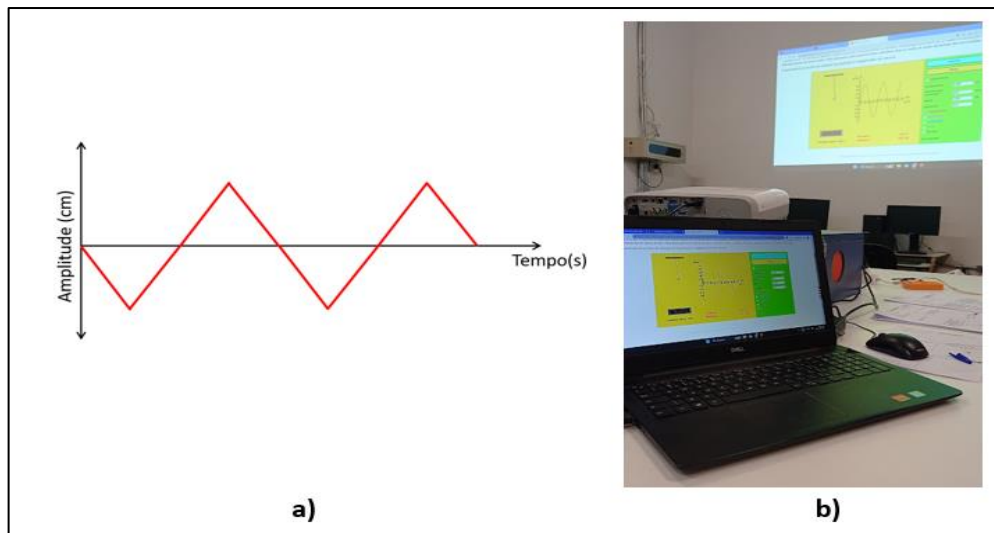
b)

Fonte: Acervo da autora (2024).

Na etapa teórica da aula, foi evidente um aumento significativo no interesse e na participação dos discentes quando interagiram com o simulador. Isso resultou em uma dinâmica mais leve e na aceleração do ritmo da aula. No entanto, ao iniciarem a fase de cálculos, tornou-se evidente que alguns discentes apresentavam dificuldades consideráveis, o que levou alguns a desistirem de participar devido à falta de conhecimento prévio adequado.

A Figura 53 mostra a criação do gráfico referente à questão (I). Nesse momento, a autora orientou os discentes a visualizar mentalmente o comportamento de uma folha de papel em branco ao ser posicionada sob um pêndulo e a imaginar o resultado desse movimento oscilatório representado graficamente, como demonstrado no simulador, mantendo as mesmas condições e desconsiderando a resistência do ar.

Figura 53: (a) Gráfico de amplitude versus tempo criado pelo discente como parte da atividade de análise de ondas. (b) Utilização do simulador Walter Fendt para comparar o gráfico gerado, projetando os resultados para toda a turma.



Fonte: Acervo da autora (2024).

Houve estudantes que tiveram dificuldade em descrever sua visualização mental da questão posta, no entanto o discente "A", tentou descrever e o resultado corresponde à Figura 53(a). Para consolidar essa etapa da aprendizagem, os discentes receberam orientações para verificar se as suas representações estavam corretas utilizando o simulador Walter Fendt na Figura 53(b).

5.1.5 Terceiro Estágio: Atividade experimental

A atividade experimental teve curta duração, pois o experimento já estava montado, o que permitiu que os discentes aprendessem a manipular o equipamento e realizar medições, como evidenciado na Figura 54. Três discentes ficaram responsáveis por medir o tempo, enquanto um manipulava o pêndulo e os demais registravam os dados para os cálculos posteriores.

A maior dificuldade enfrentada pelos discentes foi a manipulação da experiência. O discente "D", encarregado de fazer o pêndulo oscilar, expressou sua frustração após diversas tentativas, dizendo: *"Professora, eu desisto! Já estou ficando nervoso com esse trem!"*. Assim, o discente "C", que possui necessidades especiais, assumiu essa responsabilidade e, com um pouco mais de tempo e com a orientação da autora, conseguiu liberar o peso do ângulo de 10 graus com sucesso.

Cabe destacar um momento em que os discentes perceberam uma diferença significativa: para os estudantes posicionados à frente do pêndulo, a linha parecia estar alinhada a um ângulo de 10 graus, enquanto para o responsável pela liberação do pêndulo - posicionado perpendicularmente ao experimento - esses mesmos 10 graus apresentavam uma percepção angular distinta.

Foi nesse instante que a autora questionou a qual referencial se deveria relacionar a medida do movimento do pêndulo. A maioria respondeu prontamente: "Para quem está medindo o tempo". Assim, deu-se prosseguimento às medições. Durante esse processo, enquanto o discente que soltava o pêndulo contava as oscilações, outros três cronometraram o tempo decorrido. O restante da equipe, sob a orientação da autora, anotava os resultados, calculava a média dividida pela quantidade de oscilações, determinando o período de cada oscilação.

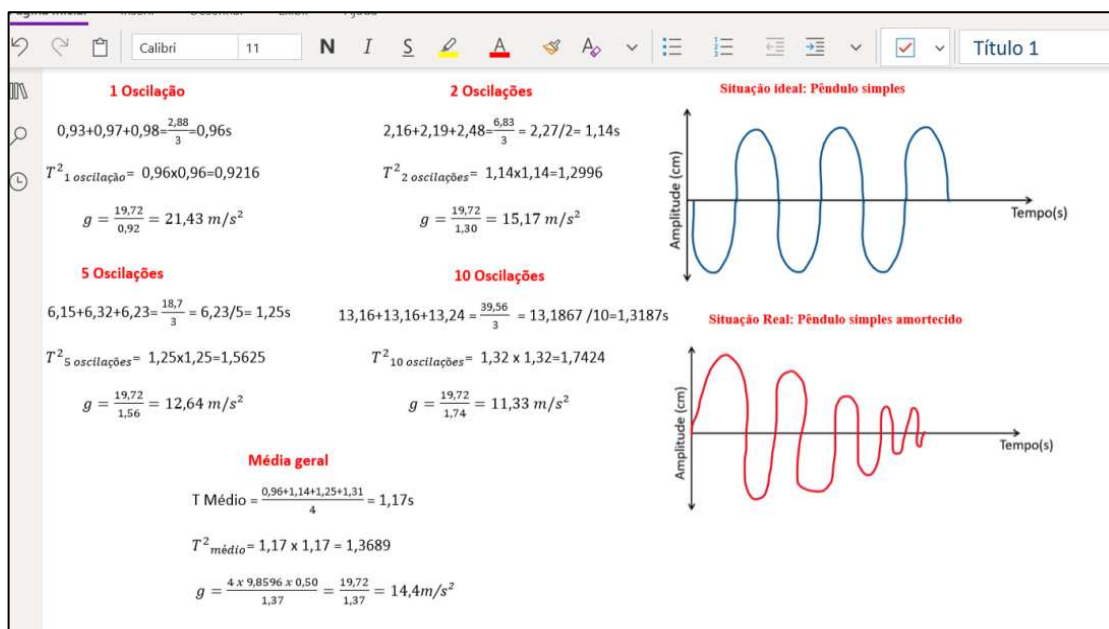
Figura 54: Fotos da realização do experimento pêndulo simples



Fonte: Acervo da autora (2024).

Para validar os cálculos, a autora conduziu uma correção conjunta com os discentes, resultando na criação de uma imagem contendo descrições detalhadas de cada medição. Nessa etapa, a autora empregou uma abordagem comparativa entre dois gráficos, conforme ilustrado na Figura 55: um considerando a resistência do ar e outro desconsiderando esse fator.

Figura 55: Correção e explicação dos cálculos realizados durante a atividade experimental para encontrar a aceleração da gravidade local



Fonte: Acervo da autora (2024).

Inicialmente, foi solicitado o cálculo dos períodos relacionados a cada medida de oscilação, permitindo que os participantes chegassem de forma independente à conclusão sobre qual medida seria a mais confiável para responder à questão (n), levantando o questionamento: "houve uma diferença significativa entre o valor calculado para a aceleração da gravidade e o valor padrão de $9,81 \text{ m/s}^2$?".

O discente “D” comentou: “Uai, mas se a gente tivesse feito só uma vez, o valor *“tava” errado demais.*” Quando vários outros terminaram seus cálculos, perceberam que chegavam à mesma reflexão, o que despertou a atenção de todos.

Aproveitando esse momento de reflexão e análise dos resultados obtidos pelos discentes, a autora ressaltou a importância dessa prática para a metodologia científica. Destacou-se especialmente como a repetição sistemática do experimento - até a obtenção de resultados consistentes - constituiu-se como etapa fundamental para a validação dos dados. Tal procedimento não apenas assegura a precisão das medições, mas também permite a eliminação de potenciais erros experimentais.

Como exemplo concreto, identificou-se que a medição de um ciclo único de oscilação apresentava a menor confiabilidade. O processo colaborativo entre os discentes, mediante o compartilhamento de experiências e interpretações, viabilizou uma compreensão coletiva acerca da relevância: (i) da replicação experimental e (ii) da análise criteriosa dos dados.

O encerramento do relatório teve como objetivo permitir que os discentes compartilhassem suas conclusões sobre a aula, respondendo às questões (O) e (P). Seguem as respostas de alguns estudantes:

Questão (O): Qual a diferença dos gráficos das duas situações: Situação ideal e situação real? Discente “A”: *“A resistência do ar atua no último e no primeiro não, por isso no último gráfico a linha vai achando o ponto de equilíbrio.”* Discente “E”: *“A diferença é que um não tem interferência do ar e o outro tem”* Discente “G”: *“Um tem a contribuição do ar e o outro não”*. Apenas um discente deixou esta questão em branco.

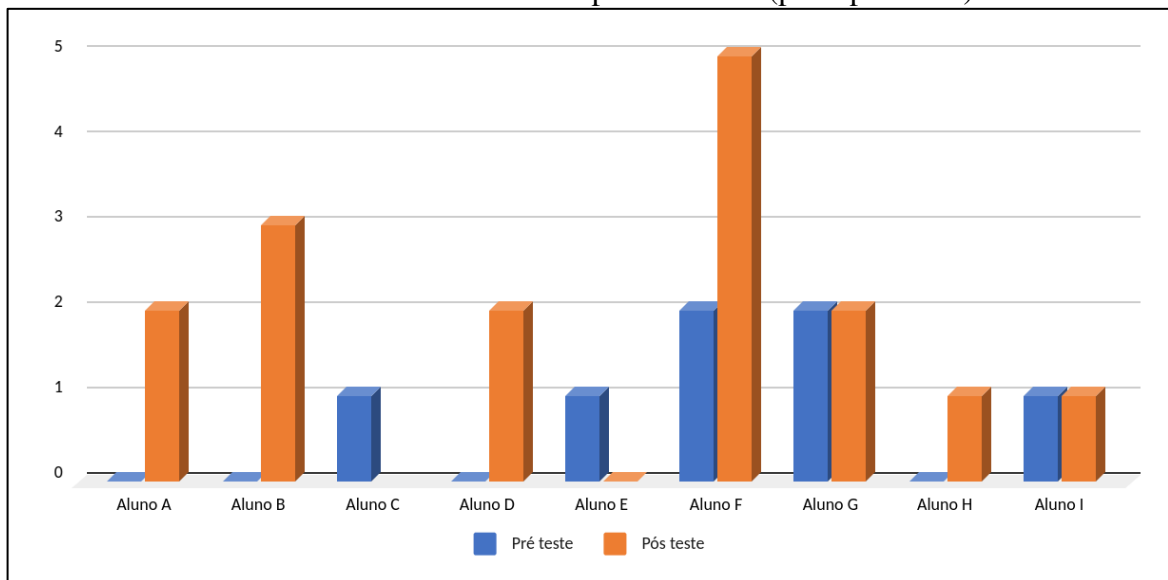
Questão (P): Releia todas as respostas de seu relatório sobre Pêndulo simples e amortecido e, em seguida, faça um breve resumo das conclusões que você tirou da aula. Discente “D”: *“Observamos que no pêndulo simples a resistência do ar não atrapalha deixando o pêndulo se movimentando sem parar. Já no pêndulo amortecido a resistência do ar trabalha no pêndulo fazendo parar”* Discente “I”: *“O pêndulo amortecido sempre tem a força*

do ar atrapalhando. O pêndulo simples não tem a resistência do ar” Discente “F”: “Pêndulo simples não tem a resistência do ar, e o amortecido tem o ar pra dar a diferença” Três estudantes optaram por não responder a esta pergunta.

5.1.6 Quarto Estágio -Aplicação dos pós-testes e resultados

O Gráfico 1 apresenta os resultados comparativos de acertos antes e após a intervenção pedagógica. No eixo das abscissas estão dispostos os discentes identificados de "A" a "I", enquanto no eixo das ordenadas se encontra a escala de acertos, com amplitude de 0 a 5 pontos. A análise dos dados revela um incremento significativo no desempenho da maioria dos discentes após a intervenção, patente pela elevação das barras correspondentes ao pós-teste (em laranja) quando comparadas às do pré-teste (em azul).

Gráfico 1: Número de acertos por discentes (pré e pós-teste)



Fonte: Acervo da autora (2024).

No pré-teste, observa-se que a maioria dos discentes (Discentes A, B, D, F, G, H, I) não obteve acertos, indicando um baixo nível de conhecimento inicial sobre o assunto. Isso é comum em testes aplicados antes de uma atividade educacional, já que seu objetivo é justamente diagnosticar o nível de conhecimento prévio.

No entanto, no pós-teste, os resultados são mais variados. Discentes como A, B e D apresentaram um ganho significativo, passando de 0 acertos no pré-teste para 2 ou 3 acertos no pós-teste. Isso indica que a intervenção educacional teve impacto positivo no aprendizado, que favoreceu a compreensão dos conceitos apresentados durante a atividade experimental.

Por outro lado, o desempenho do Discente E apresentou um resultado peculiar: enquanto ele acertou uma questão no pré-teste, no pós-teste não obteve acertos. Esse fato indica que, embora tivesse algum conhecimento prévio sobre o tema, ele pode ter enfrentado dificuldades específicas durante a atividade experimental, o que pode ter prejudicado seu avanço no aprendizado.

Quanto aos discentes estes H e I, demonstraram constância em seu desempenho, mantendo-se com um acerto tanto no pré-teste quanto no pós-teste. Essa constatação indica que, embora tenham participado ativamente da intervenção pedagógica, os efeitos em sua aprendizagem foram menos expressivos quando comparados aos demais participantes.

5.1.7 Ganho de Hake ou ganho normalizado (g)

Com os dados da tabela 6, que contém o desempenho dos discentes, foi utilizado o método de inferência estatística conhecido como Ganho de Hake.

Tabela 6: Número geral de acertos (pré e pós-teste)

| | Pré teste | | Pós teste | |
|------------------|---------------|------------|---------------|------------|
| | Nº de acertos | Percentual | Nº de acertos | Percentual |
| Discente A | 0 | 0 | 2 | 40 |
| Discente B | 0 | 0 | 3 | 60 |
| Discente D | 0 | 0 | 2 | 40 |
| Discente E | 1 | 20 | 0 | 0 |
| Discente F | 2 | 40 | 5 | 100 |
| Discente G | 2 | 40 | 2 | 40 |
| Discente H | 0 | 0 | 1 | 20 |
| Discente I | 1 | 20 | 1 | 20 |
| Média de Acertos | 6 | 15 | 2 | 40 |

Fonte: Acervo da autora (2024).

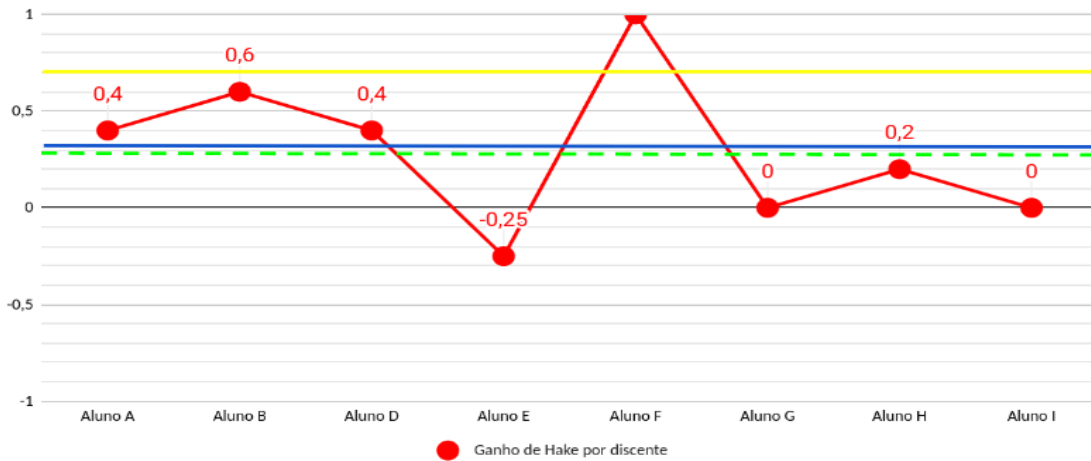
Passou-se ao cálculo do ganho normalizado (ganho de Hake), que culminou no seguinte resultado:

$$g = \frac{(40\% - 15\%)}{(100\% - 15\%)} = 0,3$$

O ganho normalizado da turma, calculado como 0,3, caracteriza-se como médio na escala de Hake, indicando que os discentes avançaram cerca de 30% do potencial máximo de ganho de aprendizado. Esse resultado sugere progresso, mas também aponta para limitações no alcance da eficiência máxima do ensino. Como o valor está no limiar inferior da categoria de médio ganho, ele reflete a necessidade de revisar as estratégias pedagógicas adotadas. Com

base nesse resultado, é possível realizar uma análise mais detalhada do ganho normalizado individual de cada estudante. Os resultados dessa análise são apresentados no Gráfico 2.

Gráfico 2: Ganho normalizado da turma (pré e pós-teste)



Fonte: Acervo da autora (2024).

Ao analisar o gráfico, observa-se que quatro estudantes (com ganhos -0,25, 0,2 e 0) ficaram abaixo da linha azul, indicando um ganho normalizado baixo ($g < 0,30$). Outros três discentes apresentaram ganhos entre a linha azul e a linha amarela, com valores de 0,4 e 0,6, o que representa um ganho médio ($0,30 \leq g < 0,70$). Apenas um discente ultrapassou a linha amarela, alcançando um ganho normalizado de 1, o que indica um alto ganho ($g \geq 0,70$).

Em relação ao ganho médio da turma (representado pela linha verde tracejada), constata-se que quatro discentes obtiveram um desempenho acima da média da turma, enquanto os demais ficaram abaixo dessa linha. Com base nesses dados, conclui-se que 50% dos discentes superaram o ganho médio da turma, indicando que a intervenção foi efetiva para a metade dos estudantes, enquanto os demais necessitam de reforço pedagógico para alcançar um nível satisfatório de compreensão do conteúdo.

5.1.8 Análise da sequência didática com base nas oito etapas da UEPS

A tabela 7 apresenta as conclusões e análise das oito etapas descritas no capítulo de fundamentação teórica, tendo a justificativa da escolha da sequência trabalhada com os discentes.

Tabela 7: As oito etapas da UEPS aplicadas na sequência didática sobre pêndulo simples e pêndulo amortecido

| Etapa | Descrição |
|-------|-----------|
|-------|-----------|

| | |
|---|---|
| 1. Definição do Tema | A escolha dos pêndulos como tema central foi acertada, pois são bases físicas observáveis no cotidiano e apresentam princípios fundamentais da física. |
| 2. Externalização de Conhecimentos Prévios | As atividades permitiram identificar e corrigir concepções equivocadas sobre os pêndulos, construindo uma base para a aprendizagem de novos conceitos. |
| 3. Proposição de Situações-Problema Introdutórias | As discussões e revisões ao longo da sequência didática estimularam o pensamento crítico, incentivando-os a questionar e aprofundar seu entendimento sobre os temas envolvidos. |
| 4. Apresentação do Conhecimento | A apresentação dos conceitos foi objetiva, com o uso de recursos didáticos adequados, facilitando a compreensão e tornando o conteúdo mais acessível. |
| 5. Complexidade e Problematização Crescentes | A progressão da complexidade dos temas foi fundamental para o aprendizado, permitindo que os discentes ampliem seus conhecimentos. No entanto, alguns se sentiram sobrecarregados em certos momentos, levando a ajustes na abordagem. |
| 6. Revisão e Consolidação Final | A revisão dos principais conceitos reforçou o aprendizado, consolidando os conhecimentos adquiridos durante a UEPS, permitindo uma conclusão abrangente do tema. |
| 7. Avaliação Contínua e Somativa | A avaliação formativa ao longo do processo de ensino-aprendizagem envolveu feedback contínuo, ajudando na identificação de áreas que precisaram de mais atenção. |
| 8. Reflexão sobre o Sucesso da UEPS | A análise da eficácia da UEPS revelou resultados promissores, baseando-se tanto nos feedbacks recebidos dos discentes quanto no desempenho médio registrado na escala de Hake. |

Fonte: Acervo da autora (2024).

Os resultados obtidos com a aplicação das UEPS na sequência didática sobre pêndulo simples e pêndulo amortecido destacam a importância dessa abordagem pedagógica para promover estimulação do aprendizado de Física. A utilização das UEPS não apenas melhorou o desempenho dos discentes, mas também contribuiu para o desenvolvimento de habilidades como análise crítica, entender, corrigir erros de conceitos e de cálculos, dentre outras, enriquecendo sua formação, preparando-os para enfrentar os desafios do mundo atual.

Na seção subsequente, será realizada uma análise pormenorizada dos potenciais ganhos de aprendizagem, tomando como base os desempenhos individuais observados nos testes diagnósticos pré-teste e avaliativos pós-teste.

5.1.9 Educação Inclusiva: parecer da PAEE

Conforme exposto na Seção 5.1 "Desafios e Contexto da Pesquisa", a aplicação da intervenção contou com a participação de dois discentes com necessidades educacionais especiais. Visando promover a inclusão e otimizar o processo de aprendizagem, a

pesquisadora posicionou-os estrategicamente em proximidade física, o que facilitou a mediação pedagógica durante as atividades. Cumpre ressaltar que esses discentes receberam acompanhamento especializado de uma docente de apoio, cuja atuação consistiu em:

Dessa forma a docente de apoio expressou suas impressões em relação interação e participação desses dois discentes: *"[...] Os discentes "B" e "C" demonstraram grande satisfação e se envolveram ativamente na atividade, interagindo com seus colegas de sala, contando com o valioso suporte e orientação da professora principalmente durante a interação com os simuladores e na etapa da aula que envolveu a realização da experiência. [...]"*

5.2 Sequência Didática 2

Este capítulo descreve o desenvolvimento, a aplicação e a análise da segunda sequência didática, que abordou o tema "Ondas Sonoras" por meio da construção de um protótipo de sensor de estacionamento. A proposta visou integrar teoria e prática, incentivando a criatividade e o engajamento dos estudantes. São apresentados os resultados da avaliação dos discentes, uma análise detalhada da sequência com base nas oito etapas das Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) e a experiência da participação dos discentes na Feira de Ciências da UFV em 2022, destacando os impactos educacionais e motivacionais dessa atividade.

5.2.1 Desafios e Contexto da Pesquisa

O projeto foi oferecido para aproximadamente 60 discentes do ensino médio (1º, 2º e 3º anos), mas inicialmente apenas três estudantes demonstraram interesse em participar. Essa baixa adesão inicial pode ser atribuída à falta de familiaridade com o tema e, possivelmente, à dificuldade de perceber a relevância da robótica e da física em seu cotidiano.

Conforme o projeto avançou e os resultados começaram a ser obtidos, o interesse de outros discentes aumentou, o que indica o potencial motivador e atrativo da metodologia empregada. A baixa participação inicial, embora um desafio, possibilitou maior atenção individualizada aos discentes participantes.

5.1.2 Duração da intervenção

Essa aplicação ocorreu ao longo de quatro dias consecutivos. Como a escola funciona em tempo integral, foi possível contar com a colaboração de diversos professores. Além de utilizar os horários disponíveis devido à ausência de docentes da área de exatas, também contei com o apoio de outros professores que gentilmente cederam parte de suas aulas para viabilizar a participação dos três discentes selecionados na atividade. Essa cooperação entre os profissionais da escola foi essencial para a execução contínua e bem-sucedida da proposta pedagógica.

5.2.3 Avaliação e visão dos discentes

Neste projeto, não se adotou um sistema de avaliação tradicional, como o aplicado na maioria dos casos, que apresenta somente uma relação com provas e notas. Durante todas as atividades descritas na Seção 5.2, foram fornecidos feedbacks orientativos que visavam ajudar os estudantes a aprimorar e aumentar seu conhecimento sobre o que estava sendo ensinado. Em alguns casos, também foi importante deixar claro que seu comportamento ou sua vontade de aprender - a motivação - impacta diretamente na qualidade da aprendizagem.

Foi utilizado uma outra forma de feedback da descrita acima, onde podemos ver os resultados pela visão dos discentes, o que possibilita saber se o discente aprendeu ou não o proposto. Foram elaboradas as seguintes questões:

Sobre o projeto do sensor de estacionamento, descreva:

- a) Se o projeto alterou sua visão sobre o conteúdo "Física".
- b) E como foi sua experiência em participar da elaboração de todas as etapas do projeto?
- c) Para finalizar, dê sua opinião de qual foi a contribuição desse trabalho para sua vida escolar.

Inicialmente, a proposta era realizar um questionário de forma anônima, onde os participantes ficariam livres para responder às perguntas. Entretanto, como a escola é rural e estávamos em período de chuvas, não havia possibilidade de o transporte escolar buscá-los, pois as estradas estavam impraticáveis, impossibilitando a execução da ideia inicial. Dessa forma, optamos por enviar o questionário por meio de rede social.

Foram selecionadas respostas de diferentes discentes sobre o projeto do sensor de estacionamento. Quando questionado se o projeto alterou sua visão sobre o conteúdo de Física, o discente 01 respondeu: *"Após a elaboração e apresentação do nosso projeto, percebi que a física é muito além de cálculos sobre espaço e tempo. Ela, quando bem desenvolvida, pode*

contribuir com o desenvolvimento de toda a humanidade." Já o discente 02, ao relatar sua experiência em participar da elaboração de todas as etapas do projeto, afirmou: *"Foi gratificante e muito interessante para mim e meus colegas de sala."* Por fim, o discente 03, ao refletir sobre a contribuição do trabalho para sua vida escolar, declarou: *"Fiquei muito feliz e animado de ter ganho pela primeira vez um prêmio como esse, e de ter representado minha escola na feira da UFV, experiência que me incentivou ainda mais em focar nos meus objetivos e não desistir deles."*

5.2.4 Análise da sequência didática com base nas oito etapas da UEPS

A Tabela 8 apresenta as conclusões e a análise das oito etapas descritas no capítulo de fundamentação teórica. Essa sequência, que envolveu o uso de Arduino e conceitos de ondas sonoras, foi cuidadosamente estruturada para promover uma aprendizagem significativa e interativa, considerando os desafios do contexto educacional e as necessidades dos discentes.

Tabela 8: As oito etapas da UEPS aplicadas na sequência didática sobre "Ondas sonoras e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento"

| Etapa | Descrição |
|---|---|
| 1. Definição do Tema | A escolha do tema de ondas sonoras e Arduino foi acertada, pois envolveu conceitos físicos fundamentais e utilizou tecnologia de fácil acesso para os discentes. |
| 2. Externalização de Conhecimentos Prévios | Durante as atividades, os discentes puderam revisar e corrigir concepções equivocadas sobre ondas mecânicas e ecolocalização, preparando-os para novos conceitos. |
| 3. Proposição de Situações-Problema Introdutórias | A discussão sobre o funcionamento do sensor de estacionamento estimulou os discentes a questionarem os conceitos de ondas sonoras, promovendo o pensamento crítico. |
| 4. Apresentação do Conhecimento | Os conceitos foram apresentados de forma prática, com o uso de Tinkercad e Arduino, facilitando a compreensão dos discentes ao integrar teoria e prática de forma acessível. |
| 5. Complexidade e Problematização Crescentes | A complexidade aumentou ao integrar sensores ultrassônicos e programação, o que ajudou no aprofundamento do conhecimento, embora alguns discentes tenham se sentido desafiados em certos pontos. |
| 6. Revisão e Consolidação Final | A revisão dos conceitos de ecolocalização e ondas sonoras ao final da sequência ajudou a consolidar o aprendizado, permitindo uma compreensão mais integrada e aplicável. |
| 7. Avaliação Contínua e Somativa | A avaliação foi formativa e contínua, com feedback constante durante as atividades, permitindo que os discentes refletissem sobre suas dificuldades e ajustassem sua compreensão. |
| 8. Reflexão sobre o Sucesso da UEPS | A sequência didática mostrou-se bem-sucedida, uma vez que os discentes, além de compreenderem os conceitos trabalhados, conseguiram reproduzi-los e buscaram aplicá-los durante a apresentação do projeto na feira de ciências. O domínio demonstrado pelos estudantes chamou a atenção dos |

| | |
|--|--|
| | visitantes da feira, resultando no reconhecimento do trabalho e na conquista de uma premiação. |
|--|--|

Fonte: Acervo da autora (2024).

A tabela 8, apresenta os resultados da aplicação das UEPS na sequência didática sobre ondas sonoras com uso de Arduino ressaltam a importância dessa abordagem para a estimulação do aprendizado de Física. A abordagem UEPS se mostrou extremamente valiosa, pois facilitou a integração de tecnologias no ensino de Física e proporcionou uma aprendizagem contextualizada, conectando os discentes com temas do cotidiano.

5.2.5 Participação na feira de Ciências da UFV 2022

A Feira de Ciências é um evento tradicionalmente promovido por instituições acadêmicas, com o objetivo de divulgar a ciência e as carreiras científicas junto à comunidade, além de estimular o interesse dos estudantes pelas áreas de conhecimento científico. No Departamento de Física da UFV, a Feira de Ciências faz parte de um conjunto de atividades de extensão que visa estreitar as relações entre o ensino básico e superior, promovendo a integração entre os diversos níveis de educação e estimulando o crescimento das atividades científicas.

Segundo o Departamento de Física (DPF) da UFV, as atividades de extensão começaram com a criação do Parque da Ciência na segunda metade da década de 1990. Desde então, o Departamento tem se destacado por suas ações voltadas à promoção do conhecimento científico e à capacitação de profissionais da educação. Além da Feira de Ciências, diversas outras iniciativas seguem sendo desenvolvidas com o objetivo de engajar a comunidade escolar e acadêmica, promover a divulgação das carreiras científicas e destacar a importância da ciência no desenvolvimento da sociedade. Na Figura 56, há o resultado dos discentes que participaram do projeto, o projeto conseguiu o 1º lugar na feira de ciências¹⁰.

¹⁰ O resultado da mostra está disponível para visualização no seguinte link:

https://drive.google.com/file/d/1wqlOASsrU7c2PjszsTuyH_i-aKwZyheT/view.

Nele, encontra-se a descrição do projeto "1º Protótipo: Radar Ultrassônico", juntamente com os nomes dos discentes, da professora e da escola.

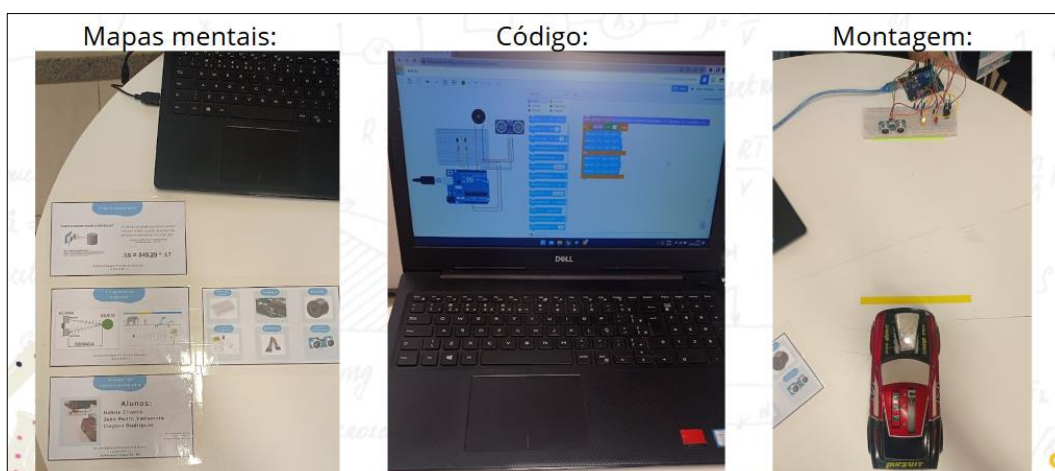
Figura 56: Feira de Ciências UFV, Mostra Científica 2022



Fonte: <https://feiradeciencias.ufv.br/mostra-cientifica/>.

O resultado de todo o trabalho desenvolvido em sala de aula foi amplamente demonstrado durante a Feira de Ciências da UFV, onde a organização, o domínio do conteúdo e a segurança apresentada pelos discentes durante a apresentação, foram notáveis. Para a exposição, foi montado um espaço dedicado ao sensor de estacionamento, mostrado na Figura 57. Sobre uma mesa, os discentes fixaram mapas mentais que ilustravam os conceitos e o funcionamento do sensor. Em um computador, era exibido o código de programação utilizado para o funcionamento do dispositivo. Além disso, um modelo prático do sensor foi montado, com um carro em miniatura e o Arduino conectado à protoboard, exibindo todo o circuito eletrônico necessário para o funcionamento do sistema.

Figura 57: Organização dos materiais para participação da feira



Fonte: Acervo da autora (2024).

Esse projeto contou com o apoio de toda a comunidade escolar, bem como dos pais, que se uniram para garantir a participação de seus filhos no evento. O empenho coletivo resultou na conquista do primeiro lugar na Feira de Ciências da UFV. Na Figura 58, a premiação recebida, simbolizando o reconhecimento pelo esforço e dedicação de todos os envolvidos.

Figura 58: Premiação recebidas pelos discentes



Fonte: Acervo da autora (2024).

Dessa forma, o trabalho desenvolvido na escola resultou em um engajamento significativamente superior ao inicialmente previsto. Durante o evento, os estudantes que permaneceram na instituição estabeleceram contato frequente com os participantes por meio de videochamadas, acompanhando suas vivências e experiências. Observou-se, ainda, a satisfação dos discentes ao terem a oportunidade de sair do ambiente rural e competir em um contexto educacional e social completamente distinto. A visita ao campus universitário proporcionou aos estudantes uma visão mais ampla das possibilidades acadêmicas e profissionais que poderiam alcançar ao ingressarem em uma universidade. Ao retornarem à comunidade, esses discentes compartilharam as novas perspectivas adquiridas, contribuindo para inspirar outros jovens a vislumbrar um futuro mais promissor.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como objetivo investigar, documentar e divulgar práticas pedagógicas no ensino de Física, enriquecendo o processo de ensino-aprendizagem e promovendo intervenções pedagógicas significativas. O estudo incluiu o desenvolvimento de duas sequências didáticas baseadas nas Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS), destinadas a facilitar o acesso de professores do Ensino Médio a abordagens centradas na aprendizagem dos discentes.

A investigação enfrentou alguns desafios no contexto da escola pública estadual, localizada em um distrito rural de Governador Valadares, que incluíram a desmotivação dos discentes em relação à Física, agravada pela ausência de aulas regulares devido à falta de professores contratados. Além disso, os estudantes apresentam dificuldades em conteúdos da área de exatas, resultando em uma disposição limitada para o engajamento na disciplina.

As sequências didáticas foram estruturadas de maneira acessível, dispensando conhecimentos prévios ou abstrações complexas, o que auxiliou para motivar os discentes e promover sua participação nas atividades propostas. Essa estratégia revelou-se crucial, considerando os déficits acumulados nas áreas de Matemática, Física e Química devido à carência de docentes.

Como abordado no tópico de fundamentação didática, não é fácil avaliar se a aprendizagem foi significativa. Entretanto, durante este trabalho, as duas sequências didáticas foram avaliadas de formas distintas. A primeira sequência, intitulada "Pêndulo Simples e Amortecido", apresentou um resultado médio na escala de Hake, classificado como ganho médio, evidenciando a eficácia da UEPS em promover a aprendizagem. Esse desempenho demonstra que a unidade conseguiu equilibrar de forma eficaz a transmissão de conhecimentos e a construção ativa do saber pelos estudantes. A análise dos feedbacks qualitativos, combinada com os resultados quantitativos, permite concluir que a metodologia adotada contribuiu para tornar o processo de ensino-aprendizagem mais significativo e transformador.

Já a segunda sequência, intitulada "Ondas Sonoras e a Criação de um Protótipo de Sensor de Estacionamento", enfrentou algumas dificuldades iniciais, mas conseguiu despertar o interesse dos discentes, especialmente após a introdução da possibilidade de participação em uma feira de ciências na UFV e a realização de atividades práticas. A avaliação dessa sequência foi baseada no domínio demonstrado pelos discentes ao explicarem, com clareza e segurança, o trabalho desenvolvido durante a apresentação do projeto na feira. O interesse e o engajamento

resultaram em uma experiência significativa, destacando-se pelo reconhecimento do público visitante e pela conquista de uma premiação. Esse resultado não apenas evidenciou a eficácia da sequência didática, mas também reforçou a motivação dos discentes ao perceberem a relevância prática de seus esforços e a valorização de seu empenho por um público externo.

Este estudo pode contribuir com práticas pedagógicas que fortalecem um ambiente de ensino mais estimulante e desafiador. As UEPS desenvolvidas oferecem subsídios para que outros professores adotem práticas pedagógicas mais significativas no ensino de Física, adaptadas a diferentes contextos e demandas.

Dessa forma, espera-se que os resultados apresentados neste estudo possam fomentar reflexões e práticas pedagógicas que priorizem a aprendizagem significativa, além de estimular a realização de novas pesquisas voltadas ao aprimoramento contínuo do ensino de Física, promovendo um ambiente educacional mais inclusivo, motivador e adaptado às necessidades dos discentes.

REFERÊNCIAS

- AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.
- AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. Psicologia Educacional . Tradução e adaptação da 2.^a edição do original Educational Psychology . 1.ed. em português. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- ARANTES, Alessandra Riposati; MIRANDA, Márcio Santos; STUDART, Nelson. Objetos de Aprendizagem no Ensino de Física: usando simulações do PhET. A Física na Escola, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010.
- BRASIL. M. Educação. Base Nacional Comum Curricular, 2017.
- BRASIL. M. Educação. Base Nacional Comum Curricular, Computação complemento a BNCC, 2022.
- BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica. Brasília: MEC, SEB, DICEI, 2013.
- BRASIL, M. Educação. Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais: Ciências Naturais / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília : MEC / SEF, 1998. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>> Acesso em: 23/07/2023
- DINIZ, Allan. Implementação Do Método Peer Instruction Em Aulas De Física No Ensino Médio. Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, Viçosa MG, 2015.
- GASPARIN, João Luiz. Uma didática para a pedagogia histórico - crítica. –3^a ed. Rev. Campinas SP: Autores associados, 2005 – (Coleção contemporânea)
- HAKE, R. R. Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. American Journal of Physics, Maryland, v. 66:1, p. 64-74, 1998.
- HALLIDAY, D., RESNICK, R., & WALKER, J. (2012). Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica. (R. S. de Biasi, Trad. e Rev. Téc.). Rio de Janeiro: LTC.
- HALLIDAY, D., RESNICK, R., & WALKER, J. (2012). Fundamentos de física, volume 1: Mecânica. (R. S. de Biasi, Trad. e Rev. Téc.). Rio de Janeiro: LTC.
- LIBÂNEO, José Carlos. Didática. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2013.
- LUCKESI, Cipriano Carlos. Avaliação da aprendizagem escolar: estudos e proposições. 22. Ed. São Paulo: Cortez, 2011.
- MILBRATZ, Sandro. O formalismo matemático no ensino de física e a motivação para o aprendizado: uma análise sobre o uso de estratégias de resolução de problemas. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Física)– Instituto Federal de Santa Catarina, Jaguará do Sul – SC, 2013. Disponível em:

https://repositorio.ifsc.edu.br/bitstream/handle/123456789/2751/TCC_LIC2013SandroMilbratz.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 25 out. 2024.

MORAIS, Joelson de Sousa. A prática reflexiva na formação inicial de professores à luz de narrativas (auto)biográficas: lições de uma experiência na pandemia. In: BRANDT, Andressa Grazielle; MAGALHÃES, Nadja Regina Sousa; SILVA, Filomena Lucia Gossler Rodrigues da. Didática e formação de professores: desafios e perspectivas da articulação entre teoria e prática: volume 2. 1. ed. Curitiba-PR: Editora Bagai, 2021.

MOREIRA, M. A. A teoria da aprendizagem significativa e sua implementação em sala de aula. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2006.

Moreira, M.A. e Masini, E.F.S. Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes. 1982.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa: a teoria e textos complementares. São Paulo: Editora Livraria da Física. 2011.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa, organizadores avisos, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino particularmente importantes . Porto Alegre: Instituto de Física, UFRGS, 2012.

MOREIRA, M. A. Teorias de Aprendizagem. São Paulo: E.P.U.,1999.

MOREIRA, M. A. Unidades de ensino potencialmente significativas – UEPS. In. SILVA, Marcia Gorette Lima da. MOHR, Adriana. ARAÚJO, de. 45(orgs). Temas de ensino e formação de professores de ciências. Natal: EDUFRN, 2012. p.45-71.

NUSSENZVEIG, H. M. Curso de física básica, 2: fluidos, oscilações e ondas, calor (5a ed.). São Paulo: Blucher. (2014).

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS: ENSINO MÉDIO. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Brasília. 2020.

Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros Curriculares Nacionais. Introdução. Brasília: MEC/SEF, 1997

SILVA, Adailton Ferreira da; DUARTE, Newton Azevedo. Atividades experimentais no ensino de física: Um recurso didático para aproximação entre ciência e cotidiano. Anais do CIET: EnPED, São Carlos, SP, 2018. Disponível em: <<https://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/356/526>>. Acesso em: 29 out. 2024.

SILVA, Joabson. Você sabe o que são Unidades de Ensino Potencialmente Significativas?. Uesb Notícias, 8 maio 2023. Disponível em: <https://www.uesb.br/noticias/voce-sabe-o-que-sao-unidades-de-ensino-potencialmente-significativas/>. Acesso em: 25 out. 2024.

SILVA, Marcia Gorette Lima da; MOHR, Adriana; ARAÚJO, Magnólia Fernandes Florêncio de. Temas de ensino e formação de professores de ciências. Organização Marcia Gorette Lima da Silva, Adriana Mohr, Magnólia Fernandes Florêncio de Araújo. Natal, RN: EDUFRN, 2012.

SILVA, Patricia Alves Da. Dificuldades de aprendizagem no ensino de física: uma revisão de literatura. Anais VII ENALIC... Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: <<https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/52053>>. Acesso em: 25/10/2024.

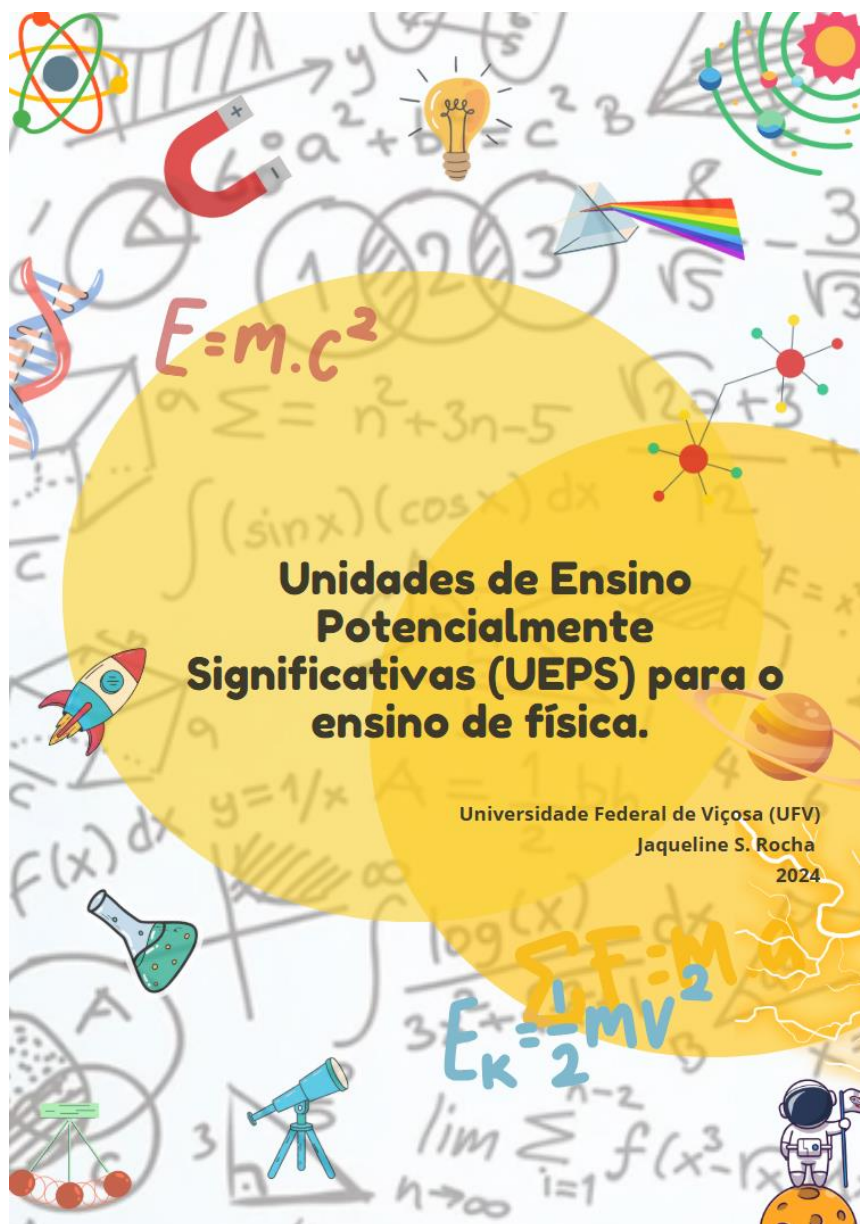
UNESCO BRASIL. Ensino de Ciências: o futuro em risco. 2005. Disponível em: <<http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001399/139948por.pdf>>. Acesso em: 01 jun. 2023.

Vygotsky L. S. (1978). *Mind in Society - The Development of Higher Psychological Processes*. Cambridge MA: Harvard University Press.

ZARA, R. Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de física. In: ENCONTRO NACIONAL DE INFORMÁTICA E EDUCAÇÃO, 2., 2011, Cascavel. Anais. Cascavel: UNIOESTE, 2011. p. 265-272.

APÊNDICE

APÊNDICE A: Produto Educacional
Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para o ensino de física.



O material produzido está disponibilizado no seguinte endereço eletrônico:
<https://sites.google.com/view/jaquelinerochamnpef/p%C3%A1gina-inicial> .

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA
POLO 14

JAQUELINE DA SILVA ROCHA

Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para o ensino de
física.

Viçosa
2024

Jaqueline da Silva Rocha

Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS) para o ensino de física.

APÊNDICE A - PRODUTO EDUCACIONAL

Este produto educacional é parte integrante da dissertação: PROSPECÇÃO E ANÁLISE DE MATERIAIS DIDÁTICOS E ABORDAGENS EDUCACIONAIS PARA O ENSINO DE FÍSICA, desenvolvida no âmbito do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, polo 14 – UFV-MG, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador:
Álvaro José Magalhães Neves

Viçosa
2024

Apresentação do produto educacional

O Produto Educacional - PE desenvolvido consiste em um conjunto de materiais didáticos destinados ao ensino de física, com foco em abordagens didáticas com perspectivas enriquecedoras, tendo como centralidade a aprendizagem do discente. Idealizado e elaborado pela mestrandia Jaqueline da Silva Rocha, o produto é destinado a professores do ensino médio, buscando proporcionar uma abordagem dinâmica e interativa para o aprendizado dos conceitos fundamentais da física.

A proposta deste é tornar o ensino da física mais acessível e interessante, utilizando recursos digitais e experimentos que possam ser facilmente reproduzidos em sala de aula. Busca-se estimular a curiosidade dos discentes e sua compreensão dos fenômenos físicos, contribuindo para o desenvolvimento de habilidades críticas e analíticas.

Este produto estabelece suas bases teóricas nas contribuições do autor, David Ausubel, por meio do uso de Unidades de Ensino Potencialmente Significativas (UEPS). O objetivo principal é analisar e documentar uma experiência sobre material didático elaborado para as aulas de Física no Ensino Médio, visando colaborar com práticas que facilitam o trabalho docente.

A primeira sequência, " Pendulo Simples e Amortecido" é uma adaptação para o ensino médio, da aula ministrada pelo docente Eduardo Nery Duarte de Araújo¹¹, da UFV. Essa sequência adota uma abordagem de ensino baseada em experimentos, permitindo que os discentes observem experimentos antes de discutir os conceitos teóricos.

A segunda sequência, desenvolvida pela autora da dissertação, aborda ondas mecânicas, intitulada "Ondas sonoras e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento". Essa aula utiliza o ensino baseado em experimentos e aprendizagem baseada em projetos, promovendo a aprendizagem por meio de pesquisa e experimentação, com o desenvolvimento de habilidades computacionais e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento utilizando o Arduino.

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

¹¹ Essa aula, intitulada "Movimento Harmônico Simples e Amortecido", foi obtida por meio de uma entrevista e originalmente desenvolvida para o ensino superior. Diante disso, foi necessário adaptá-la para o contexto do ensino médio, garantindo sua adequação ao nível de conhecimento dos estudantes e aos objetivos pedagógicos dessa etapa de ensino.

A.1 Pêndulo Simples e Amortecido

Esta aula adota uma abordagem fundamentada no "Ensino Baseado em Experimentos", que busca envolver os discentes de forma prática e visual, permitindo que observem um experimento sendo realizado antes de discutir os conceitos teóricos relacionados. O público-alvo é composto por discentes do Ensino Médio. No decorrer do texto, são apresentadas as habilidades da BNCC, bem como os objetivos específicos da apresentação, os requisitos prévios para uma melhor compreensão do conteúdo e, por último, são detalhados o material de estudo. É importante ressaltar que, nesta aula, há orientações detalhadas sobre como o professor pode interagir com o discente, funcionando como um manual exclusivo para o docente.

A.1.1 Habilidades da BNCC

Tabela 1: Relação entre as habilidades da BNCC.

| Habilidades da BNCC para o ensino médio | |
|---|--|
| Código alfanumérico | Habilidades |
| (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. |
| (EM13CNT303) | Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações. |
| (EM13CNT204X) | Elaborar explicações, previsões e realizar cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais. |
| (EM13CNT205) | Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências. |

Fonte: Adaptação da BNCC – Base Nacional Comum Curricular.

A.1.2 Objetivos :

Relembrar as propriedades básicas dos vetores:

- Vetores têm magnitude (tamanho) e direção.
- Adição e subtração de vetores graficamente e usando componentes.
- Decomposição e remontagem de vetores: Um vetor pode ser dividido em componentes ao longo de eixos ortogonais.

Aplicar os conhecimentos já adquiridos sobre conservação de energia em sistemas

Oscilatórios:

- **Sistemas Oscilatórios:** São sistemas que repetem regularmente o mesmo padrão de movimento ao longo do tempo, como um pêndulo ou uma mola vibrante.
- **Conservação de Energia:** Em sistemas oscilatórios conservativos, a energia mecânica (soma da energia cinética e potencial) permanece constante ao longo do tempo. À medida que a energia cinética aumenta, a energia potencial diminui e vice-versa.
- **Cálculo da aceleração da gravidade (g):** Os discentes devem realizar medições práticas do comprimento do fio e do período do pêndulo, bem como realizar os cálculos necessários para determinar o valor da aceleração da gravidade.

Entender a ideia de Amortecimento e Movimento Oscilatório:

- **Amortecimento** ocorre quando a energia é gradualmente dissipada de um sistema oscilatório.
- **Fenômenos físicos no movimento oscilatório:** No caso de um pêndulo, a força restauradora (como a gravidade ou a força da mola) traz o sistema de volta à posição de equilíbrio quando perturbado. Isso leva a oscilações repetidas.

A.1.3 Objetivos Instrucionais:

Ao completar essa sequência didática sobre pêndulo simples e amortecido o discente deve ser capaz de:

- **Identificar um pêndulo simples:** os discentes serão capazes de definir e identificar, distinguindo-o de outros tipos de movimentos oscilatórios.
- **Analisar a dinâmica do pêndulo:** os discentes deverão ser capazes de explicar a relação entre força gravitacional, massa e comprimento de um pêndulo simples, bem como entender como esses fatores influenciam seu movimento.
- **Calcular o período de um pêndulo simples:** os discentes deverão ser capazes de aplicar a fórmula correta para calcular com base no seu comprimento, e compreender como essa fórmula se relaciona com o cálculo da aceleração da gravidade.

- Relacionar Amplitude e Energia: os discentes deverão ser capazes de descrever como a amplitude afeta sua energia potencial e cinética, bem como entender como a energia é transferida entre essas formas durante o movimento.
- Explorar a influência do ângulo inicial: os discentes deverão ser capazes de analisar como o ângulo inicial afeta sua trajetória e o período de oscilação, utilizando exemplos práticos.
- Realizar experimentos e observações: Após a aula, deverão ser capazes de projetar e conduzir experimentos simples com pêndulos, coletar dados relevantes e realizar observações para verificar as propriedades discutidas em sala de aula.
- Aplicar o conceito de estudado em contextos reais.

A.1.4 Desenvolvimento:



Professor

A sequência de ensino delineada para esta aula presume que o estudante já adquiriu conhecimento prévio sobre os tópicos enumerados a seguir: grandezas vetoriais, o conceito de frequência e período, princípios das forças de Newton e conceitos de energia. Geralmente, esses assuntos são explorados ao longo do primeiro ano no nível médio.

- *Professor, no anexo estão os links para a "Apresentação da aula sobre o Pêndulo Simples Amortecido" em PDF e PowerPoint para edição, bem como relatório de atividades a ser seguido pelos discentes.*

Ao iniciar a aula, distribua o relatório representado pela Figura 1, para preenchimento e oriente os discentes a responderem cada questionamento de forma colaborativa.

Figura 1: Parte do relatório que os discentes usaram para acompanhar e preencher durante a aula.

Grupo:

Tema: Pendulo Simples e Amortecido

Questionamentos:

a) Com base no que você sabe, você poderia explicar o que são pêndulos?

B – A bolinha está no ponto de equilíbrio;

Posição A Posição B Posição C

Fonte: Acervo da autora.

A.1.4.1 Apresentação:

Nesta seção, cada slide é detalhado com sua respectiva explicação, acompanhada de orientações para o professor. Além disso, são fornecidas diretrizes sobre como conduzir a apresentação e interagir com os discentes. O objetivo é garantir que o conteúdo seja transmitido de maneira clara, o que facilita a compreensão e promove um ambiente de aprendizado produtivo.

Slides 01 e 02:

O slide 01 apresenta informações sobre a instituição, o nome da professora responsável e destaca o tema da aula prática, que é sobre o Pêndulo Simples e Amortecido.

Figura 02: Páginas 01 e 02 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

Slide 01

Slide 02

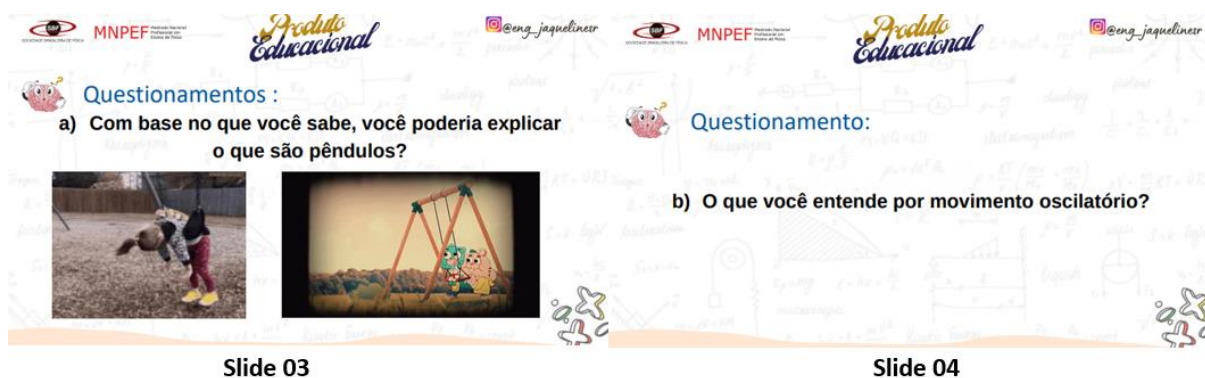
Fonte: Acervo da Autora (2024).

No slide 02, o professor tem a oportunidade de explicar que o trabalho deve ser realizado individualmente ou em grupo. Os discentes devem seguir a ordem da apresentação para o preenchimento, o que garante uma organização adequada e facilita a compreensão do conteúdo.

Slides 03 e 04:

Estes slides apresentam dois questionamentos que podem ser utilizados pelo professor durante a aula prática. O primeiro questionamento solicita aos discentes que expliquem o que são pêndulos, com base no conhecimento prévio. Essa pergunta visa verificar a compreensão inicial dos discentes sobre o tema e pode servir como uma introdução à discussão sobre pêndulos.

Figura 03: Páginas 03 e 04 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”



Fonte: Acervo da Autora (2024).

Slides 05 e 06:

Apresentam uma introdução sobre a utilização de movimentos e eventos periódicos na medição do tempo ao longo da história.

Figura 04: Páginas 05 e 06 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”



Fonte: Acervo da Autora (2024).

Slides 07 e 08:

Abordam as profissões relacionadas ao estudo do pêndulo, incluindo físicos, matemáticos, engenheiros e astrônomos. Mencionam aplicações práticas da teoria do pêndulo, como na engenharia de pontes, onde os engenheiros estudam a oscilação natural das estruturas para garantir sua segurança e estabilidade. Um exemplo prático dessa aplicação é a Ponte Rio-Niterói, que não balança mais devido ao uso da teoria do pêndulo na engenharia estrutural.

Figura 05: Páginas 07 e 08 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

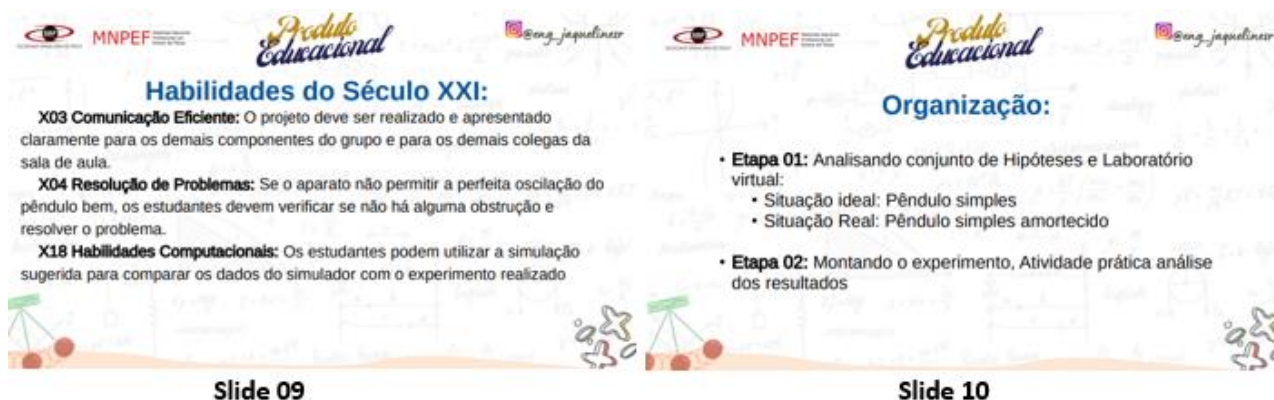


Fonte: Acervo da Autora (2024).

Slides 09 e 10:

No slide 09, o professor tem a oportunidade de detalhar para os discentes as habilidades específicas que serão desenvolvidas durante a atividade proposta.

Figura 06: Páginas 09 e 10 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”



Fonte: Acervo da Autora (2024).

No slide 10, o professor pode explicar aos discentes que serão analisadas duas situações: uma em que o movimento é ideal, utilizando um simulador em um ambiente controlado, e outra em que será observado o movimento real, por meio da montagem do experimento.

Slides 11 e 12:

No slide 11 os discentes têm a oportunidade de analisar a primeira etapa da atividade, que não considera os efeitos da resistência do ar e analisar o conjunto de hipótese para descrever o movimento, que são:

- Ao soltar o objeto de uma posição inicial ele faz um movimento periódico.
- A aceleração da gravidade é constante durante o movimento;
- A resistência do ar é desprezível;
- A massa do fio é muito menor que a massa do objeto e as dimensões do objeto são muito menores que as dimensões do fio;

Figura 07: Páginas 11 e 12 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

Slide 11

ETAPA 01:

Conjunto de Hipótese para descrever a situação 01:

- Ao soltar o objeto de uma posição inicial ele faz um movimento periódico.
- A aceleração da gravidade é constante durante o movimento;
- A resistência do ar é desprezível;
- A massa do fio é muito menor que a massa do objeto e as dimensões do objeto são muito menores que as dimensões do fio;

Slide 12

ETAPA 01:

Análise Vetorial - Quais forças atuam no sistema?

Diagrama de um pêndulo simples em um ângulo θ com comprimento L e deslocamento s . Forças atuantes: tensão \vec{T} ao longo do fio, peso \vec{P} verticalmente para baixo, e componentes do peso \vec{P}_x e \vec{P}_y .

Fonte: Acervo da Autora (2024).

No slide 12, peça aos discentes que representem em seu relatório as forças atuantes sobre a esfera no momento em que ela começa a se mover. Em seguida, promova uma discussão sobre as diferentes forças envolvidas no fenômeno. Se necessário, faça uma breve revisão do conceito de vetor para auxiliar na compreensão.

Slides 13 e 14:

No slide 13, os discentes darão continuidade à análise vetorial das forças, agora considerando cada ponto descrito nos relatórios. Oriente-os a representar os vetores nas seguintes situações:

- A: A esfera atinge a amplitude no lado esquerdo.
- B: A esfera está no ponto de equilíbrio.
- C: A esfera atinge a amplitude no lado direito.

Figura 08: Páginas 13 e 14 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

Slide 13

ETAPA 01:

Análise Vetorial - Sua vez

Diagrama mostrando três posições de um pêndulo: Posição A (ângulo β à esquerda), Posição B (ponto de equilíbrio), e Posição C (ângulo θ à direita).

Slide 14

ETAPA 01:

Dados do estudo vetorial:

Definidos o eixo x e y, podemos concluir segundo a Figura 3:

1. Peso no eixo x: $\vec{P}_x = mg \sin \theta$
2. Peso no eixo y: $\vec{P}_y = mg \cos \theta$

Como estamos considerando uma situação ideal: $\vec{F}_a = 0$

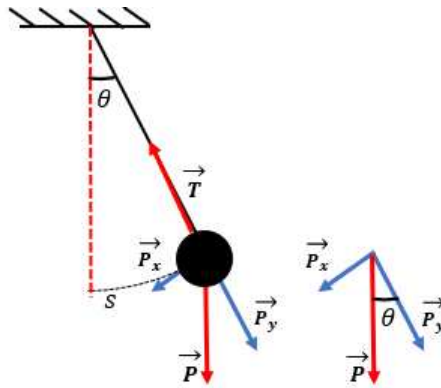
3. Cálculo da Tensão no fio: $\vec{F}_t = \vec{T} = mg \cos \theta$

* Equação para encontrar o valor de amplitude s , usando arco da circunferência: $s = \frac{R \cdot \alpha}{180}$

Fonte: Acervo da Autora (2024).

No slide 14, o professor tem a oportunidade de analisar, com base nas ilustrações preenchidas pelos discentes, as forças que atuam no pêndulo, que são:

Figura 09: Representação das forças que atuam sobre o pêndulo



Fonte: Acervo da Autora (2024).

Definidos o eixo x e y, :

Equação 1: Peso no eixo x

$$P_x = mg \sin \theta$$

Equação 2: Peso no eixo y

$$P_y = mg \cos \theta$$

Como estamos considerando uma situação ideal (ambiente controlado no simulador):

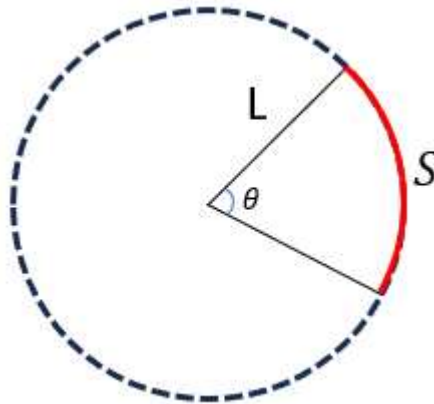
$$F_R = 0$$

Equação 3: Cálculo da Tensão no fio

$$T = mg \cos \theta - m \cdot a_r$$

Ainda podemos com a partir desta Figura 10 calcular comprimento do arco de circunferência, identificado como S , que corresponde à amplitude alcançada pelo peso P em um movimento circular. Nela, observa-se um círculo que representa a trajetória do peso, um ângulo que é expresso em graus, que define a abertura do arco em relação ao centro da trajetória, e um raio L , correspondente à distância do centro até o peso. O arco destacado em vermelho indica o deslocamento percorrido ao longo da circunferência.

Figura 10: Comprimento do arco de circunferência que é a nossa amplitude alcançada pelo peso P



Fonte: Acervo da Autora (2024).

Equação 4: Equação para encontrar o valor de amplitude S, usando arco da circunferência

$$S = \frac{\theta \cdot \pi \cdot L}{180}$$

Slides 15 e 16:

Agora, os discentes, utilizando computadores, utilizarão o simulador PhET. Neste momento, o professor pode aproveitar para explicar sobre esse tipo de tecnologia educacional, destacando seus benefícios no aprendizado de conceitos científicos complexos de forma visual e intuitiva.

Os discentes iniciarão a análise respondendo à questão f) do relatório, utilizando o simulador. Devem utilizar a aba "INTRO" do simulador para iniciar essa análise, onde poderão explorar o comportamento do pêndulo simples em diferentes condições e configurar o ambiente experimental de acordo com as orientações da atividade.

Figura 11: Páginas 15 e 16 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”



Fonte: Acervo da Autora (2024).

Slides 17 e 18:

Neste momento, os discentes devem acessar a aba "ENERGIA" do simulador, onde irão capturar telas para facilitar a comparação dos resultados obtidos ao alterarem os dados.

No próximo slide, os discentes avançam para a última aba, "LAB", onde preenchem uma tabela com os dados mostrados na tela e também registrados no relatório. Nesta etapa, os discentes consolidam os resultados obtidos, organizando-os de forma tabular para melhor visualização e compreensão dos dados experimentais.

Figura 12: Páginas 17 e 18 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”



Fonte: Acervo da Autora (2024).

Slides 19 e 20:

Na aba "LAB", os discentes responderão às questões h), i) e j) do relatório. Usarão os dados experimentais registrados nas tabelas e as observações feitas durante a atividade para

fundamentar suas conclusões sobre o comportamento do pêndulo simples em diferentes condições.

Figura 13: Páginas 19 e 20 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

Slide 19

ETAPA 01: Questões

h) Após preencher a tabela, qual conclusão você chegou sobre o período de oscilação?

i) Volte ao simulador e altere a massa para 50g, 1kg e 1,5kg. Qual foi o impacto no período após essas alterações?

| Medida do Período de oscilação (s) | |
|------------------------------------|---------|
| Coleta de dados | |
| Massa | Período |
| 50g | |
| 1kg | |
| 1,5kg | |

Slide 20

ETAPA 01: Questões

j) Vamos agora alterar outro dado do simulador, o comprimento do fio, mantendo o peso e a amplitude. Qual foi o impacto no período após essas alterações?

| Medida do Período de oscilação (s) | |
|------------------------------------|---------|
| Coleta de dados | |
| Comprimento | Período |
| 30 cm | |
| 70 cm | |
| 1 m | |

Fonte: Acervo da Autora (2024).

Slides 21 e 22:

Baseados nos dados anotados e na revisão já aplicada, peça aos discentes para calcular a aceleração da gravidade utilizando os dados do simulador. Solicite que criem um gráfico baseado no movimento do pêndulo no simulador para confrontar os resultados obtidos. Para essa comparação, sugira a abertura do simulador Walter Fendt, que oferece uma abordagem diferente para o estudo fornecendo resultados complementares aos do PhET.

Figura 14: Páginas 21 e 22 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

Slide 21

ETAPA 01: Cálculos:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Equação 5: Expressão para Período T

Onde na Equação 1:

- T é o período de oscilação [s];
- L é o comprimento do fio [m];
- g é a aceleração da gravidade [m/s²].

k) Calcule a aceleração da gravidade com os dados do Simulador.

l) Esboce como você acha que seria o gráfico da amplitude em função do tempo.

Slide 22

ETAPA 01: Conferindo os Cálculos em outro Simulador

https://www.walter-fendt.de/html5/phen/pendulum_en.htm

Fonte: Acervo da Autora (2024).

Para calcular a aceleração da gravidade deve ser usada a Equação 5: Expressão para Período T

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Onde:

- T é o período de oscilação [s];
- L é o comprimento do fio [m];
- g é a aceleração da gravidade [m/s²];

Slides 23 e 24:

No slide 23, após os discentes responderem à pergunta L, que solicita o esboço do gráfico da amplitude em função do tempo, verifique o resultado apresentado por eles e compare-o com o gráfico exibido pelo simulador. Esse momento é ideal para corrigir possíveis equívocos.

Figura 15: Páginas 23 e 24 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

The image shows two slides from a presentation. Slide 23 is titled 'ETAPA 01: Conferindo os Cálculos em outro Simulador' and features a screenshot of a 'Pêndulo Simples' simulator. The simulator interface includes a pendulum diagram, a graph showing a sinusoidal wave, and various control parameters. Slide 24 is titled 'ETAPA 01: Conjunto de Hipótese para descrever a situação 02:' and lists three hypotheses: 'Ao soltar o objeto de uma posição inicial ele faz um movimento periódico.', 'A aceleração da gravidade é constante durante o movimento;', and 'A resistência do ar não é desprezível.'. It also includes a note: 'A massa do fio é muito menor que a massa do objeto e as dimensões do objeto são muito menores que as dimensões do fio;'.

Fonte: Acervo da Autora (2024).

No slide 24, será examinado o próximo cenário, no qual será levado em conta a influência da resistência do ar.

Slides 25 e 26:

Para exemplificar uma situação em que podemos notar a resistência do ar, o slide 25 utiliza a ilustração de um carro parado e mesmo em movimento, mostrando o efeito sobre a

mão do ocupante quando ela é colocada para fora. No slide 26, os discentes poderão representar essa nova força nos próprios relatórios.

Figura 16: Páginas 25 e 26 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”



Fonte: Acervo da Autora (2024).

Para introduzir a análise da resistência do ar, propõe-se um experimento mental que permite uma reflexão didática sobre esse fenômeno.



Aluno

Imagine-se dentro em um carro imóvel. Ao estender sua mão para fora do carro, qual tipo de força você consegue perceber atuando sobre sua mão?

Agora, suponha que o carro, que antes estava parado, comece a se mover e gradualmente aumente sua velocidade. Você ainda mantém sua mão estendida para fora do carro. O que acontece com sua mão nessa situação?

A partir dessa analogia, é possível compreender que, na prática, um objeto oscilante não mantém um movimento perpétuo. A resistência do ar atua como uma força dissipativa, reduzindo gradualmente a amplitude das oscilações. Com o tempo, essa influência faz com que o movimento perca energia até que o objeto atinja o equilíbrio e cesse completamente sua oscilação.

Slides 27 e 28:

Nos slides 27 e 28, está a representação para os discentes montarem o experimento e o material usado.

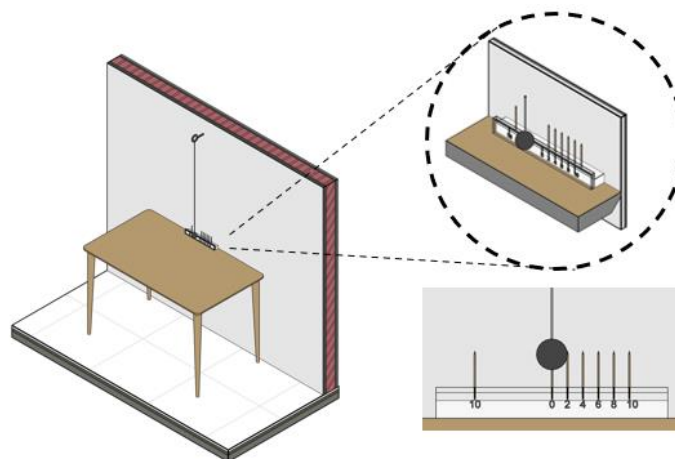
Figura 17: Páginas 27 e 28 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”



Fonte: Acervo da Autora (2024).

A Figura 18 apresenta todos os detalhes da montagem da experiência realizada no vídeo. Nela, uma régua foi colocada apoiada sobre um pedaço de isopor, onde foram inseridos alguns palitos de dente para facilitar a visualização das marcações de espaçamento. Além disso, um peso de chumbo foi fixado em uma parede com uma linha (Barbante ou Anzol), representando assim o pêndulo.

Figura 18: Representação da experiência montada no vídeo



Fonte: Acervo da Autora (2024).

Slides 29 e 30:

A tabela 2, presente no slide 29 deverá ser preenchida no decorrer da experiência, seguindo as orientações:

- Para iniciar a coleta de dados os discentes devem posicionar a esfera na marcação de 10cm.
- Tentar sincronizar as medições para depois iniciar a coleta de dados;
- Realizar a coleta de dados para uma, duas, cinco e dez oscilações, registrando os resultados na Tabela 2.
- Terminada a coletas de dados, calcular (g)
- Vamos a construção do gráfico da Amplitude em função do tempo;

Tabela 2: Coleta de dados para cálculo de (g)

| Coleta de dados | | |
|----------------------------------|-------|--------|
| Medida do tempo de oscilação (s) | | |
| Oscilações | Tempo | Tmédio |
| 1 oscilação | | |
| 2 oscilações | | |
| 5 oscilações | | |
| 10 oscilações | | |
| | MÉDIA | |

Fonte: Acervo da autora (2024).

Figura 19: Páginas 29 e 30 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”

Slide 29

ETAPA 02: **Análise dos dados:**
Siga as instruções da apresentação e preencha a tabela a seguir:

| Coleta de dados | | |
|----------------------------------|-------|--------|
| Medida do tempo de oscilação (s) | | |
| Oscilações | Tempo | Tmédio |
| 1 oscilação | | |
| 2 oscilações | | |
| 5 oscilações | | |
| 10 oscilações | | |
| | MÉDIA | |

Slide 30

ETAPA 02: **Análise dos dados:**
Refaça o gráfico com base nas observações realizadas durante a experiência.

Gráfico: Amplitude (cm) vs Tempo(s)

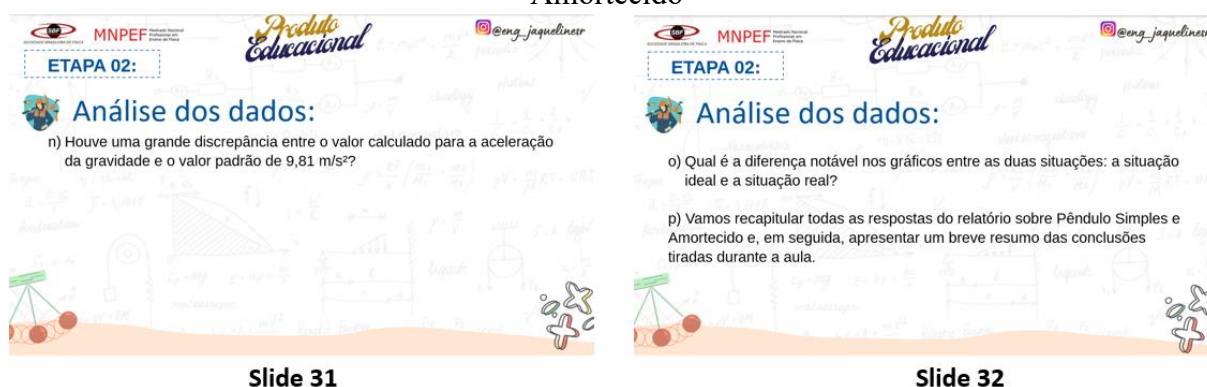
Fonte: Acervo da Autora (2024).

Esta atividade prática permitirá observar e registrar o comportamento do pêndulo simples, analisando a variação da amplitude ao longo do tempo devido à resistência do ar. Com essas informações, os discentes poderão refazer o gráfico, agora levando em conta esse efeito.

Slides 31 e 32:

Para finalizar, os discentes irão calcular, com os dados obtidos na atividade experimental, uma nova aceleração da gravidade. Irão comparar esse resultado com o do simulador. Por fim, os discente farão um breve resumo do que foi estudado nesta aula e anotarão suas conclusões. Essa etapa é fundamental para consolidar o aprendizado e permitir que os discentes reflitam sobre os conceitos e resultados obtidos durante a atividade.

Figura 20: Páginas 31 e 32 da apresentação da aula sobre “Pêndulo Simples e Amortecido”



Fonte: Acervo da Autora (2024).

A.1.5 Vídeo orientador

A criação do vídeo visou oferecer aos professores acesso a recurso dinâmico e acessível, complementando os conceitos fundamentais abordados na aula sobre pêndulos simples e amortecidos, conforme apresentado nos slides anteriores. O vídeo está disponível nos anexos desta aula, para facilitar o acesso e a utilização pelos professores durante o planejamento de suas aulas.

A.1.6 Anexos: Link para acesso



Anexos

<https://sites.google.com/view/jaquelineerochamnpef/p%C3%A1gina-inicial>

- Experimento com Pêndulo simples;
- Apresentação da Adaptação da aula pêndulo simples e amortecido;
- Relatório para uso dos discentes;
- Vídeo disponível no youtube com uma breve explicação da apresentação e da aula adaptada Pêndulo simples e amortecido.

A.2 Ondas sonoras e a criação de um protótipo de sensor de estacionamento

A metodologia empregada nesta aula está embasada no “Ensino Baseado em Experimentos” e na “Aprendizagem Baseada em Projetos”. Propõe um ambiente facilitador da aprendizagem por meio de pesquisa e experimentação, promovendo o desenvolvimento de habilidades computacionais por meio da robótica educacional com a inclusão da programação e a utilização de um simulador de circuitos eletrônicos. Com base nesse conhecimento adquirido, a partir da observação do meio ambiente natural e do comportamento de certos animais, como os morcegos, os estudantes, neste ambiente de simulação, têm a oportunidade de criar um protótipo de sensor de estacionamento utilizando o Arduino. Isso possibilita a integração das áreas de Ciências e Tecnologia.

No decorrer do texto, são delineados os objetivos específicos da apresentação, os requisitos prévios para uma melhor compreensão do conteúdo e, por último, detalhamos o material de estudo. É importante ressaltar que, nesta aula, há orientações detalhadas sobre como o professor poder interagir com o discente, funcionando como um manual exclusivo para o docente.

A.2.1 Habilidades da BNCC

Tabela 3: Relação entre as habilidades da BNCC para a atividade de Robótica educacional e ondas sonoras

| Habilidades da BNCC para o ensino médio | |
|--|--|
| Código alfanumérico | Habilidades |
| Computacionais | |
| (EM13CO11) | Criar e explorar modelos computacionais simples para simular e fazer previsões, identificando sua importância no desenvolvimento científico. |
| (EM13CO16) | (EM13CO16) Desenvolver projetos com robótica, utilizando artefatos físicos ou simuladores. |
| Ciências da Natureza e suas Tecnologias | |
| (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. |
| (EM13CNT307) | Analisar as propriedades específicas dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis. |
| (EM13CNT308) | Analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, redes de informática e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos. |

Fonte: Adaptação da BNCC – Base Nacional Comum Curricular.

A.2.2 Objetivos:

- Reconhecer a importância do desenvolvimento científico e tecnológico: entender como as ondas sonoras são fundamentais em diversas aplicações, desde a medicina até a indústria.
- Promover a compreensão do comportamento de animais que utilizam a ecolocalização, como morcegos e golfinhos.
- Conhecimento da tecnologia de ultrassom para evitar colisões: Os discentes devem adquirir conhecimento sobre a tecnologia de ultrassom e como é usada para evitar colisões entre veículos e obstáculos.

A.2.3 Objetivos Instrucionais:

Ao completar essa sequência didática o discente deve ser capaz de:

- Analisar a natureza das ondas sonoras: Explicar as características fundamentais, incluindo amplitude, frequência, velocidade e comprimento de onda.
- Descrever o processo de propagação do som: Explicar como se propagam através de diferentes meios.
- Analisar a amplitude e a intensidade do som: Explorar como a amplitude está relacionada com a intensidade ou volume do som percebido.
- Aplicar conceitos de ondas sonoras na tecnologia: Compreender como são usadas em várias aplicações tecnológicas, como ultrassom, sonar e microfones.

A.2.4 Desenvolvimento:



Professor

Professor, esta sequência didática foi dividida em três etapas distintas:

Etapa 01: Introdução a um ambiente de programação e seus conceitos fundamentais.

Etapa 02: Exploração dos princípios físicos por meio de questionamentos.

Etapa 03: Desenvolvimento do protótipo do sensor de estacionamento.

É importante destacar que seria benéfico se os discentes já tivessem estudado sobre ondulatória, porém isso não é um pré-requisito, uma vez que os conceitos apresentados nesta aula são de fácil compreensão.

O material produzido está disponibilizado no seguinte endereço eletrônico:

<https://sites.google.com/view/jaquelinerochamnpf/p%C3%A1gina-inicial>.

A.2.4.1 Etapa 01: Introdução ao ambiente de programação



Aluno

Vamos iniciar nossa aula de hoje com uma pergunta:

O que é programação?

Gostaria de ouvir as suas percepções sobre esse tema. Quando vocês escutam a palavra “programação”, o que lhes vem à mente?



Professor

Espera-se que os discentes exponham seus conhecimentos sobre o assunto. A partir das respostas, conduza a discussão para a linha correta de raciocínio, levando-os refletir onde se vê programação em seu cotidiano e os aproximar da linguagem do futuro.



Aluno

Agora iremos assistir um vídeo:

O que são linguagens de programação?

Figura 21: Vídeo – O que são linguagens de programação?



Fonte: Youtube pelo link: <https://www.youtube.com/watch?v=pYux8zKyVX4>.

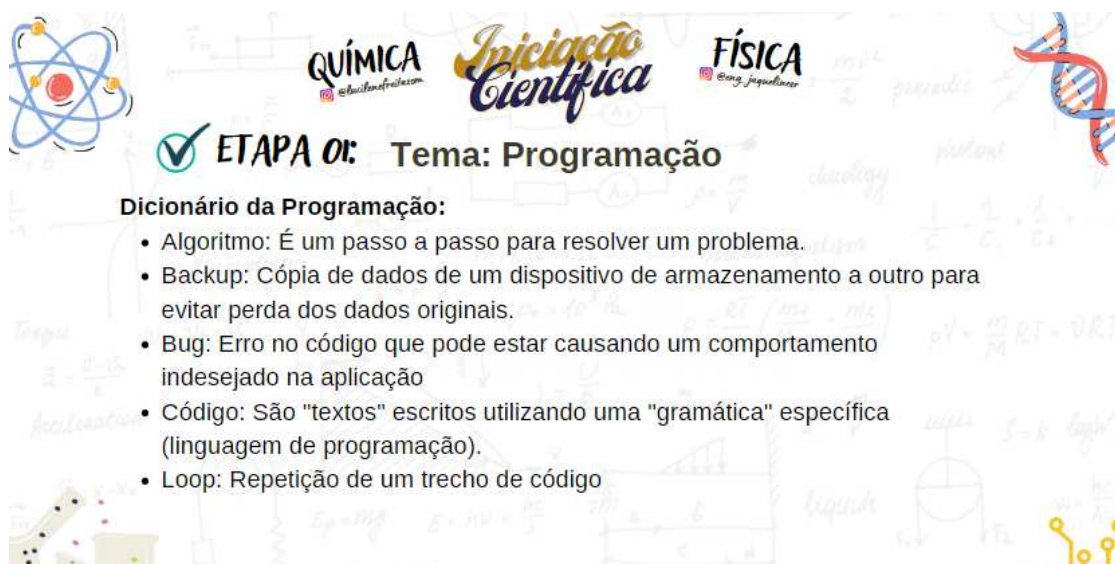
Vocês já tiveram a oportunidade de conhecer ou ouvir falar sobre essas linguagens presentes no vídeo?

A programação permeia nosso cotidiano e se revela como a linguagem do futuro. À medida que a tecnologia se entrelaça cada vez mais em nossas vidas, o domínio dessa habilidade se torna inestimável no mercado de trabalho. Com isso em mente, adentramos agora as três áreas de maior promessa no cenário de programação e tecnologia:

- Desenvolvedores;
- Analistas/cientistas/Engenheiros de dados;
- Especialistas machine learning e Inteligência artificial.

Observando a apresentação e a Figura 22, apresento a vocês o dicionário da linguagem de programação, com os principais termos do ambiente de programação.

Figura 22: Print da apresenta da aula contendo um Dicionário da linguagem de programação



Fonte: Acervo da Autora (2024).

Dando continuidade a Etapa 01, iremos conhecer Tinkercad uma ferramenta online de design de modelos 3D e simulação de circuitos elétricos, desenvolvida pela Autodesk, que será a ferramenta usada durante o projeto.



Professor

Professor, você deve estar familiarizado com a plataforma de programação. Os discentes não necessitam se registrar para utilizá-la. Você pode criar uma sala de aula e adicionar os discentes pelo nome, assim eles terão acesso à plataforma. É importante ressaltar que todo o ambiente é gratuito e

extremamente intuitivo. Encoraje os discentes a explorarem e se familiarizarem com a plataforma.

Além disso, você pode aprender a utilizar a plataforma por meio de um tutorial disponível no youtube.



Aula 02 - Construção de um Semáforo com Arduino no Tinkercad

Link: <https://www.youtube.com/watch?v=B8qtqMHzvD8>.

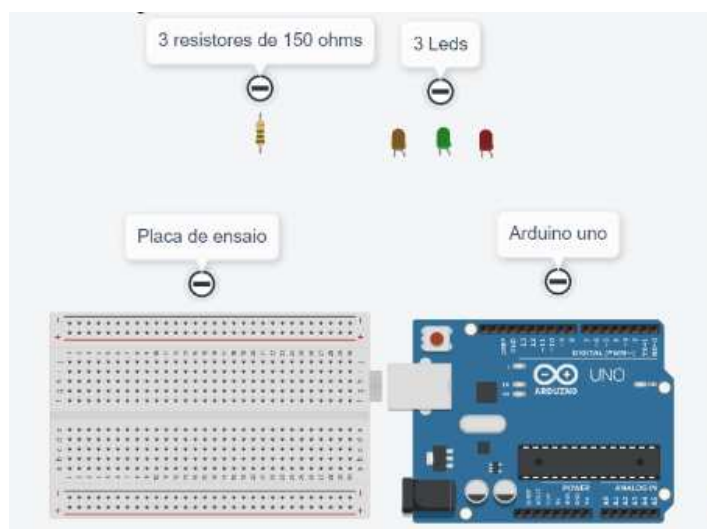


Aluno

Nesta etapa, desenvolveremos um semáforo com o objetivo de aprofundar nosso conhecimento sobre o ambiente. Para concretizar esse projeto, será necessário utilizar os elementos listados abaixo, conforme ilustrado na Figura 23. A figura descreve os materiais e sua representação no ambiente virtual, indicando quais se assemelham ao material que separaremos para criar nosso semáforo com o Arduino.

- Led's;
- Resistor;
- Protoboard (Placa de ensaio);
- Jumper macho para Protoboard Arduino (cc);
- Kit Arduino (cc);

Figura 23: Ambiente de programação Tinkercad com a representação da lista de material para criar o semáforo



Fonte: Acervo da Autora (2024).



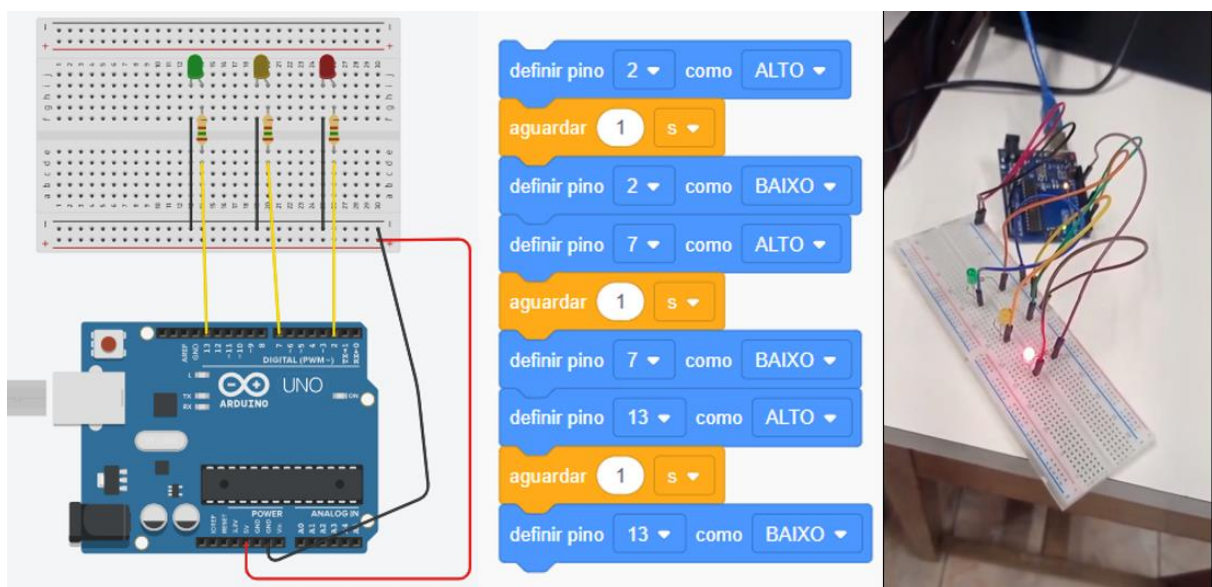
Professor

Professor, você deverá avaliar se é viável para a aula explicar o motivo pelo qual o resistor é de 150 Ohms. No tópico “Anexos” está o link para pasta com um texto de apoio, “Por que usar um resistor de 150 ohms para leds em projetos com Arduino?”

Após montarmos nosso semáforo no ambiente virtual, conforme ilustrado na Figura 23, vamos explorar a aba "código". No simulador Tinkercad, a linguagem disponível é o C++. É importante observar que temos a opção de escrever o código em formato de texto ou utilizar blocos. Optaremos por utilizar a linguagem em blocos, pois ela é mais intuitiva e simplifica o processo.

Use a Figura 24 como modelo para a montagem no simulador, a aba de códigos e a montagem na placa protoboard. Vamos passar da montagem do protótipo e sair do ambiente de simulação para o físico.

Figura 24: Imagem de como deve ficar aproximadamente a montagem no ambiente de simulação, na aba de códigos e a montagem física, usando os componentes do Arduino



Fonte: Acervo da Autora (2024).

**Professor**

Professor, permita que seus discentes cometam erros, deixe-os trabalhar de forma independente, encoraje-os a ajudarem uns aos outros. Intervenha apenas quando eles realmente não conseguirem encontrar soluções por conta própria.

Observação: Todos os materiais de apoio, como códigos e vídeos estão no tópico “Anexos”. Eles perceberão que este protótipo não pode funcionar sem uma conexão entre o computador e a placa Arduino. Para que isso ocorra peça a eles que instalem o Arduino no computador.

**Aluno**

Como podemos observar, não se trata apenas de criar um circuito; é necessário desenvolver um código, que o Arduino reconheça e integre em seu ambiente. Agora, a responsabilidade está com vocês para fazer esse semáforo funcionar!

A.2.4.2 Etapa 02: Exploração dos princípios físicos.

**Aluno**

Questão problema: Como os morcegos se orientam sem utilizar a visão?

Vamos falar um pouco sobre a Ecolocalização. Ela pode ser definida como uma forma de comunicação, utilizada por alguns animais, como morcegos e golfinhos. Pode ser chamada de biossonar ou localização pelo eco, sendo uma importante adaptação, que permite o reconhecimento do ambiente sem o auxílio da visão. Esses animais conseguem gerar um mapa de localização, pois têm uma visão pouco desenvolvida ou vivem em ambientes com baixa luminosidade.

Mais quais os conceitos Físicos estão envolvidos na ecolocalização?

As ondas sonoras desempenham um papel fundamental nesse processo. Vamos agora explorar um pouco mais esse tópico.

Acompanhe a apresentação que contém imagens e animações.

As ondas sonoras são classificadas como ondas mecânicas, longitudinais e tridimensionais. Ondas mecânicas são aquelas que requerem um meio material para se propagarem, no nosso caso, o ar. Elas se caracterizam por necessitar de partículas do meio para transmitir a energia mecânica de uma região para outra, como representado na Figura 25.

O termo "longitudinais" refere-se à direção de propagação das ondas sonoras. Elas são longitudinais porque a vibração que gera o som ocorre na mesma direção em que a onda se propaga. Isso significa que as partículas do meio se movem para frente e para trás ao longo do eixo da onda, comprimindo e rarefazendo as regiões adjacentes.

Por fim, o atributo "tridimensionais" indica que as ondas sonoras se propagam em todas as direções a partir da fonte sonora. Isso significa que o som se espalha em um espaço tridimensional ao redor da fonte, preenchendo todas as áreas ao seu redor, criando um padrão de disseminação esférica.

Figura 25: Sentido de propagação das ondas sonoras



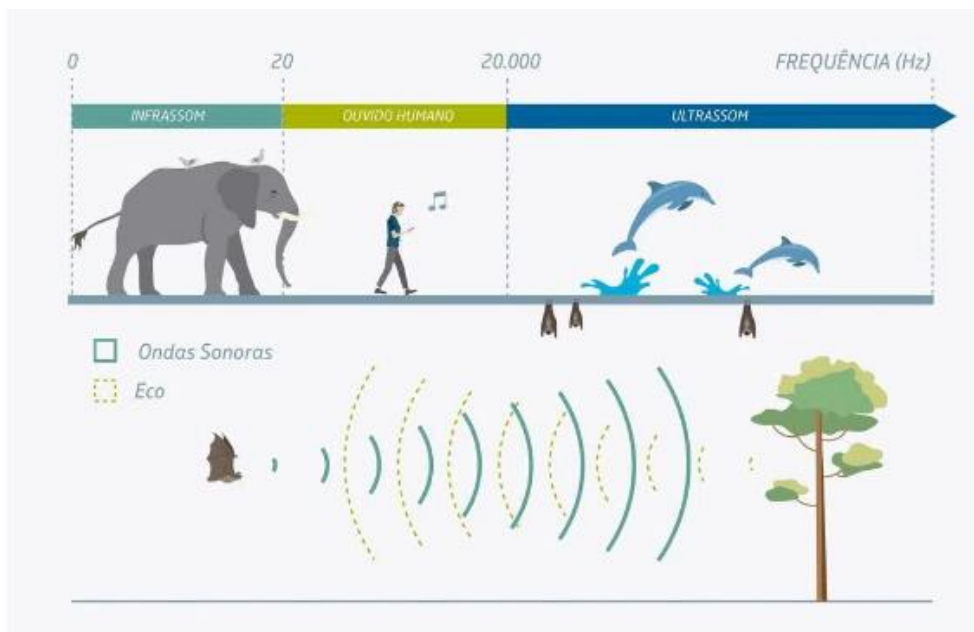
Fonte: Física ondulatória. Link: https://culturalivre.com/ondas_sonoras_refracao_do_som_reflexao_difracao_interferencia.

Vamos abordar questão da velocidade do som em diferentes meios. A animação presente na apresentação ilustrará como o som se propaga através de materiais sólidos, líquidos e gasosos. Além disso, disponibilizamos uma tabela que apresenta a velocidade do som em diversos outros meio.

Perceba que, no início desta aula, mencionamos que os golfinhos e morcegos conseguem se localizar usando a ecolocalização, ou seja, o ultrassom. Mas e nós, humanos, até que faixa conseguimos ouvir?

Observe a Figura 26, onde temos representado o espectro sonoro com suas diferentes faixas.

Figura 26: As ondas sonoras são percebidas em frequências diferentes por humanos e animais



Fonte: Conhecimento Científico. Link: <https://conhecimentocientifico.r7.com/ondas-sonoras/>.

Os seres humanos têm a capacidade de detectar frequências sonoras que variam entre 20 e 20.000 hertz (Hz). Essa faixa de audição é uma característica fascinante dos sistemas auditivos humanos, que nos permite perceber uma ampla gama de sons no ambiente ao nosso redor. Quando a frequência do som é inferior a 20 Hz, ele é classificado como infrassom. Por outro lado, quando a frequência ultrapassa os 20.000 Hz, é categorizado como ultrassom.

Vamos testar isso?



Professor

Com o auxílio do gerador de som online, representado pela Figura 27 é possível gerar algumas frequências sonoras e observar quantos discentes conseguem escutar o som gerado.

Figura 27: Gerador de tons on-line



Fonte: szynalsk. Link: <https://www.szynalski.com/tone-generator/>.



Aluno

Os sons possuem variedade de aplicações, desempenhando papéis em diferentes setores da sociedade. Além dos exemplos mencionados, há outras maneiras pelas quais os sons são utilizados:

- **Segurança e detecção:** Os sistemas de segurança em residências e empresas frequentemente empregam sensores ultrassônicos para detectar movimentos indesejados. Eles também são usados em alarmes de automóveis.
- **Indústria automobilística:** Além dos sensores de ré, os sistemas de assistência à condução, como os sensores de colisão e os sistemas de detecção de pedestres, dependem de tecnologias sonoras para melhorar a segurança nas vias.
- **Pesquisa científica:** Na ciência, a acústica é uma ferramenta valiosa para estudar o ambiente subaquático, monitorar a biodiversidade e estudar a composição da Terra através de técnicas sísmicas.
- **Aeroespacial:** Na indústria aeroespacial, o som é usado para testar a resistência de materiais e estruturas em ambientes extremos, como lançamentos de foguetes.

A.2.4.3 Etapa 03: Desenvolvimento do protótipo do sensor de estacionamento

Então vamos criar o nosso sensor de estacionamento.

Separar o material para a montagem do sensor, que são: dois leds e vermelho e outro amarelo, dois resistores de 150 ohms onde foi usada a lei de OHM para chegar ao valor da

resistência em cada led, um Buzzer Ativo, um sensor ultrassônico, um Arduino uno, uma protoboard de 400 pontos e alguns jumpers macho.



Professor

Esta fase costuma ser mais rápida do que se espera, pois, como os discentes já tiveram contato com o ambiente na proposta de criação do semáforo, nesta etapa eles já possuem autonomia para desenvolver o circuito do sensor.

O link a seguir permite o acesso do vídeo criado pela autora explicado como fazer o circuito e os códigos em blocos.



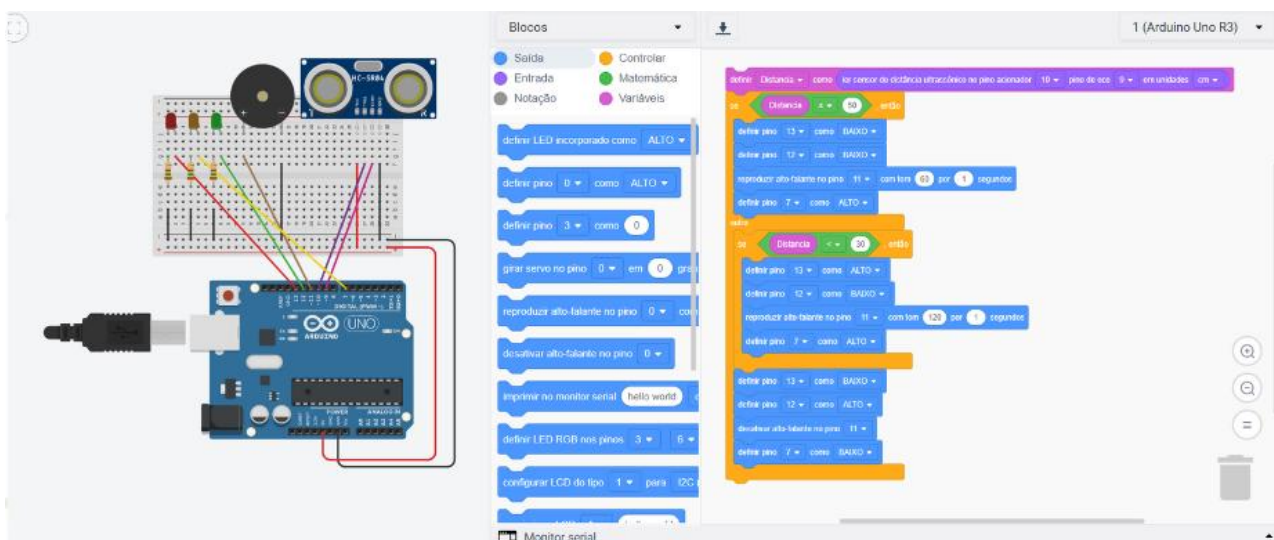
“Tutorial: Como Programar um Sensor de Estacionamento no tinkercad Usando Blocos”

link: <https://youtu.be/rs2psLngvSc>.

A montagem e desmontagem de circuitos muitas vezes envolvem tentativa e erro. Os erros são oportunidades de aprendizado, pois os discentes podem entender melhor os conceitos e problemas relacionados à eletrônica e à programação através da resolução de problemas reais. Permitir que eles experimentem e testem diferentes configurações e códigos é uma maneira eficaz de ajudá-los a desenvolver habilidades práticas e a ganhar confiança.

A Figura 28 é um exemplo visual de como o circuito deve ser montado e como o código deve ser organizado. Pode ser usada como elemento visual, que é útil para os discentes, pois eles podem usar como um guia para suas próprias montagens e codificação.

Figura 28: circuito e código criado por um dos discentes durante a aula



Fonte: Acervo da Autora (2024).



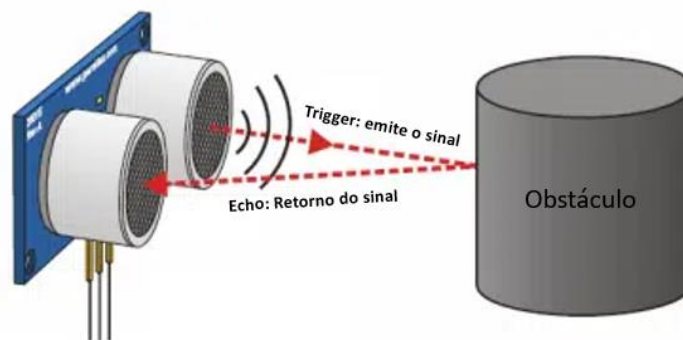
Para finalizar vamos entender como funciona o sensor de estacionamento, ou mais especificamente a peça, sensor ultrassônico (HC-SR04).

As características do sensor são:

- VCC – Pino de alimentação
- Trigger – Pino disparo do pulso sonoro (Input)
- Echo – Pino resposta do sensor (Output)
- GND – Pino de alimentação

Na Figura 29, pode-se observar o funcionamento do sensor, que se inicia com a emissão de um pulso sonoro de alta frequência (pino Trigger). Esse pulso sonoro se propaga pelo meio na velocidade do som. Quando esse pulso sonoro encontra um objeto específico, é refletido de volta para o sensor (pino Echo). A determinação da distância entre o sensor e o objeto é calculada com base no intervalo de tempo entre a emissão e a recepção do sinal (Δt).

Figura 29: Esquema do funcionamento do Sensor Ultrassônico composto por dois autofalantes. Um emite o sinal trigger e quando se encontra um obstáculo ele retorna ao sensor pelo Echo



Fonte: Adaptação da autora - <https://portal.vidadesilicio.com.br/hc-sr04-sensor-ultrassonico/>.

Usando a velocidade do som no ar que é 344,00 m/s podemos calcular a distância com a seguinte fórmula exibida na Figura 30 da apresentação.

Figura 30: Apresentação – Como calcular a distância entre o sensor e o obstáculo, por meio da seguinte equação, a velocidade do som = 340 m/s

PREPARAÇÃO:

Como o sensor mede a distância?

O cálculo da distância entre o sensor e objeto é feito a partir do tempo da emissão e a recepção do sinal (Δt).

O CÁLCULO DA DISTÂNCIA É FEITO A PARTIR DO VALOR DA VELOCIDADE SOM, QUE É 344 M/S.

$$\Delta S = 343 * \Delta T / 2$$

$$\Delta S = 343 \cdot \frac{\Delta t}{2}$$

VCC – PINO DE ALIMENTAÇÃO
TRIG – PINO DISPARO DO PULSO SONORO (INPUT)
ECHO – PINO RESPOSTA DO SENSOR (OUTPUT)
GND – PINO DE ALIMENTAÇÃO

Fonte: Acervo da Autora (2024).



Professor

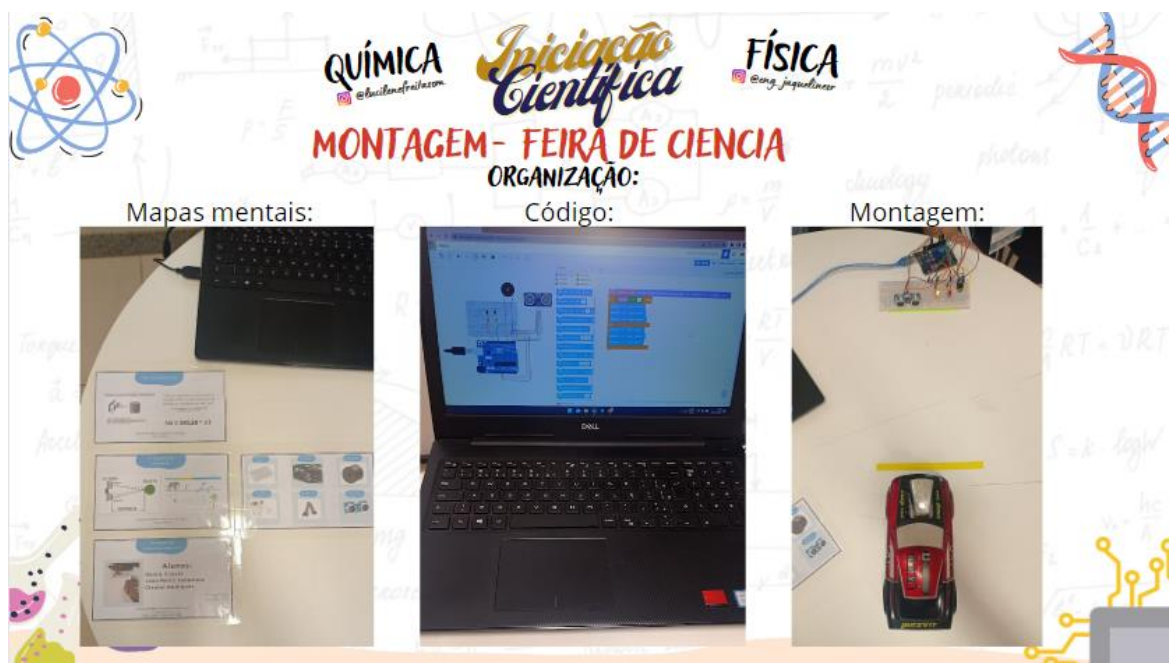
Esta aula/projeto pode ser apresentada conforme ilustrado na última imagem, na qual os discentes criaram mapas mentais para uso próprio e para exibição durante a apresentação. Para isso, organizamos uma mesa na qual os mapas mentais foram fixados. Além disso, um notebook com o programa Tinkercad aberto, juntamente com a simulação e o código-fonte.

O procedimento está disponível no vídeo:



"Sensor Ultrassônico - Feira de Ciências" no YouTube, acessível através do seguinte link: <https://www.youtube.com/watch?v=XShjushlllk&t=1s>.

Figura 31: Exemplo de como apresentar o projeto



Fonte: Acervo da Autora (2024).

A.2.5 Anexos: Links para acesso



Anexos

<https://sites.google.com/view/jaquelinerochamnpf/p%C3%A1gina-inicial>

- Pasta com todos os arquivos da aula.
- Vídeo: Construção de um Semáforo com arduino no Tinkercad
- Vídeo: Construção de um sensor de estacionamento com Arduino no TINKERCAD
- Vídeo: Sensor ultrassônico - Feira de Ciências

REFERÊNCIAS

ARANTES, Alessandra Riposati; MIRANDA, Márcio Santos; STUDART, Nelson. Objetos de Aprendizagem no Ensino de Física: usando simulações do PhET. *A Física na Escola*, São Paulo, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010.

AKIGIFS. GIFs Animados: Raio (Lightning Bolt). Publicado em 2013. Disponível em: <http://akigifs.blogspot.com/2013/10/gifs-animados-raio-lightning-bolt-raios.html>. Acesso em: 07 de agosto de 2023.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular, 2017.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular, Computação complemento a BNCC, 2022.

CONHECIMENTO CIENTÍFICO. Ondas Sonoras. Disponível em: <https://conhecimentocientifico.r7.com/ondas-sonoras/>. Acesso em: 03 de Junho de 2023.

CULTURA LIVRE. Ondas Sonoras: Refração do Som, Reflexão, Difração e Interferência. Disponível em: https://culturalivre.com/ondas_sonoras_refracao_do_som_reflexao_difracao_interferencia. Acesso em: 03 de Junho de 2023.

ENGEREY. Saiba o que é um surto elétrico e como se proteger dele. Disponível em: <https://www.engerrey.com.br/blog/saiba-o-que-e-um-surto-eletrico-e-como-se-proteger-dele>. Acesso em: 06 de agosto de 2023.

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2012). *Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica*. (R. S. de Biasi, Trad. e Rev. Téc.). Rio de Janeiro: LTC.

LIMA, Ana Luiza Lorenzen. Íons; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/quimica/ions.htm>. Acesso em 20 de junho de 2023.

KNIGHT RANDALL, D., Física, Five Easy Lessons Strategies for Successful Physics Teaching Editora Addison Wesley, 2004.

MACÊDO, Josué Antunes de. Simulações computacionais como ferramenta auxiliar ao ensino de conceitos básicos de eletromagnetismo: Elaboração de um roteiro de atividades para professores do ensino médio. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

MUNDO EDUCAÇÃO. Benjamin Franklin. Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/historia-america/benjamin-franklin>. Acesso em: 30 maio 2023.

NASCIMENTO, Maria Isabel. Benjamin Franklin. Histedbr. Disponível em: <https://www.histedbr.fe.unicamp.br/navegando/glossario/benjamin-franklin>. Acesso em: 30 maio 2023.

Nussenzveig, H. M. (2014). Curso de física básica, 2: fluidos, oscilações e ondas, calor (5a ed.). São Paulo: Blucher.

PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS: ENSINO MÉDIO. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica, Brasília. 2020.

PhET. (s.d.). Sobre as simulações PhET. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/about

SANTOS, Marco Aurélio da Silva. Raios; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/raios.htm>. Acesso em 20 de junho de 2023

SABA, M. M. F. A Física das Tempestades e dos Raios. Física na Escola, v. 2, n. 1, p. 19–22, 2001. Disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol2/Num1/raios.pdf>. Acesso em: 30 maio 2023.

VÁLIO, Adriana Benetti Marques et al. Ser Protagonista - Física - 3º Ano. SM, 2016.

Vida de Silício. HC-SR04: Sensor Ultrassônico. Disponível em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/hc-sr04-sensor-ultrassonico/>. Acesso em: 2022.

ZARA, R. Reflexão sobre a eficácia do uso de um ambiente virtual no ensino de física. In: ENCONTRO NACIONAL DE INFORMÁTICA E EDUCAÇÃO, 2., 2011, Cascavel. Anais. Cascavel: UNIOESTE, 2011. p. 265-272.

APÊNDICE B: PARTICIPAÇÃO EM EVENTOS

A participação em eventos acadêmicos tem sido uma experiência enriquecedora, possibilitando não apenas a troca de conhecimentos, mas também o fortalecimento de redes acadêmicas e o aprofundamento das discussões sobre o ensino de Física. Em 2022, tive a oportunidade de apresentar recortes deste trabalho no *IV Simpósio de Pós-Graduação em Ensino de Física*, promovido pela Universidade Federal de Viçosa, onde compartilhei reflexões e resultados iniciais com outros pesquisadores e professores.

No ano de 2023, participei do *SIA - Simpósio de Integração Acadêmica*, também na UFV, ocasião em que aprofundei o diálogo sobre as práticas pedagógicas desenvolvidas. Em novembro do mesmo ano, apresentei o trabalho no *XXV SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física*, um evento de grande relevância no cenário nacional, que reuniu pesquisadores de diversas instituições para debater inovações e desafios no ensino da Física.

Os certificados de participação nesses eventos, bem como mais detalhes sobre as apresentações, estão disponíveis no site do produto educacional no endereço eletrônico: <https://sites.google.com/view/jaquelinerochamnpf/p%C3%A1gina-inicial>.

Figura B.1- Certificado de participação no IV Simpósio de Pós-Graduação em Ensino de Física, em 2022



Fonte: Acervo da autora (2024).

Figura B.2- Certificado de participação no SIA - Simpósio de Integração Acadêmica, em 2023



Fonte: Acervo da autora (2024).

Figura B.3- Certificado de participação no XXV SNEF - Simpósio Nacional de Ensino de Física, em 2023



Fonte: Acervo da autora (2024).