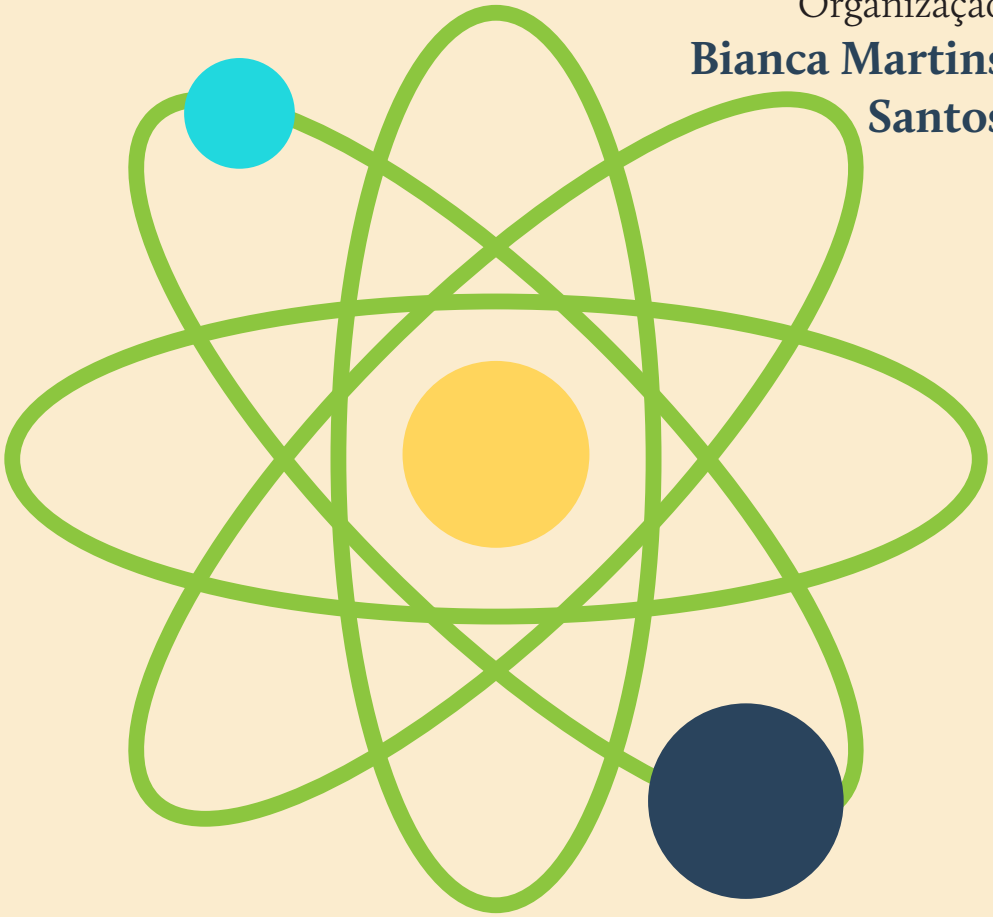


Organização
**Bianca Martins
Santos**



Produtos Educacionais para o Ensino de Física

Experiências na Educação Básica de
Rio Branco, Acre



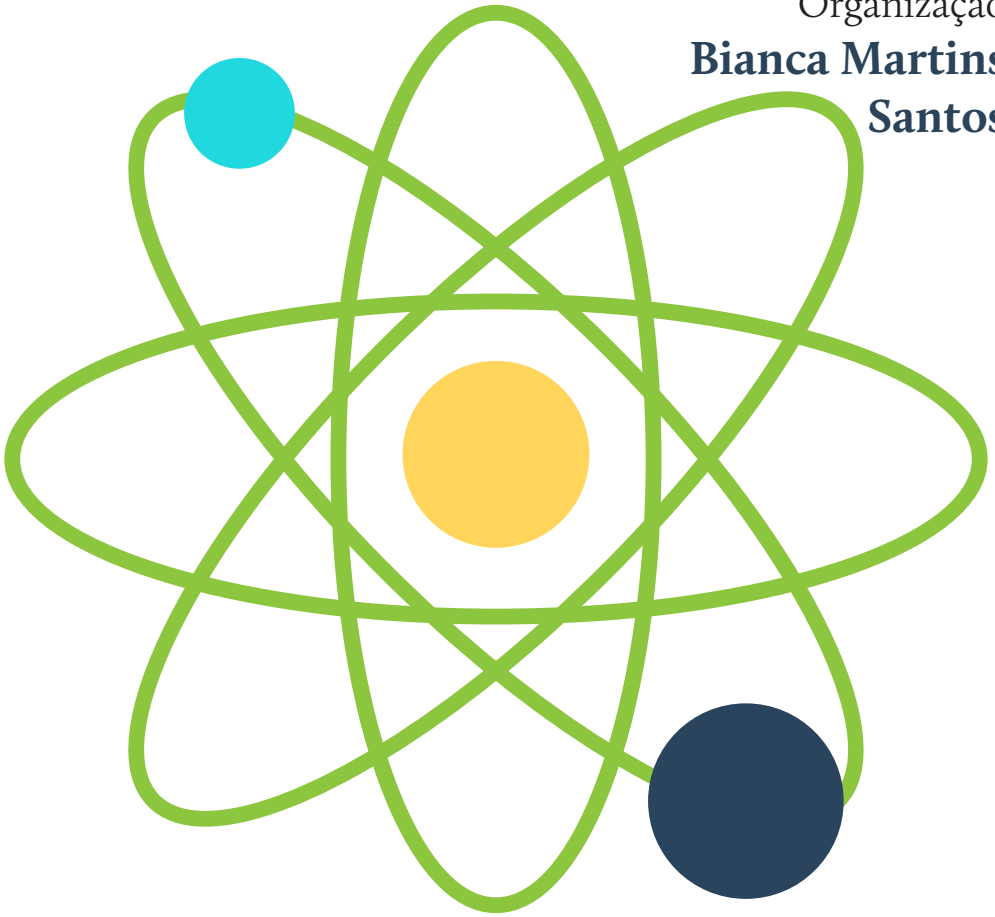
Edufac

Produtos Educacionais para o Ensino de Física: experiências na Educação Básica de Rio Branco, Acre

Bianca Martins Santos
Organizadora

Este livro nasce do compromisso com a formação continuada de professores de Física e da necessidade urgente de repensar esse ensino para o público da Educação Básica, especialmente em contextos geográficos e sociais muitas vezes negligenciados pelas grandes produções acadêmicas. A obra intenciona trazer algumas propostas de ensino que foram aplicadas na Educação Básica na cidade de Rio Branco, Acre. A escolha por esse espaço justifica-se por ser este um território rico em diversidade cultural, ambiental e histórica, mas que também enfrenta desafios no contexto educacional. O tema ora desenvolvido foi pensado a partir de vivências pedagógicas, investigações acadêmicas e experiências em sala de aula, e reúne contribuições de professores, pesquisadores e egressos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Acre (Polo 59), empenhados melhorar do ensino de Ciências e, em particular, da Física. A proposta é oferecer uma abordagem que dialogue com as experiências locais em sala de aula, valorize o conhecimento prévio dos estudantes e promova uma aprendizagem significativa, contextualizada e crítica. Ao longo dos capítulos, o leitor encontrará reflexões teóricas, propostas metodológicas, relatos de experiências e sugestões de práticas didáticas que podem ser adaptadas para diferentes níveis da Educação Básica. A intenção não é apresentar fórmulas prontas, mas sim abrir caminhos para um Ensino de Física que se torne mais acessível, instigante e conectado com os desafios das escolas públicas locais (adaptação com trechos da Apresentação).

Organização
**Bianca Martins
Santos**



Produtos Educacionais para o Ensino de Física

Experiências na Educação Básica de
Rio Branco, Acre



Edufac



Produtos Educacionais para o Ensino de Física: experiências na Educação Básica de Rio Branco, Acre

Bianca Martins Santos (org.)

ISBN 978-85-8236-150-4 • Feito Depósito Legal

Copyright©Edufac 2025

Editora da Universidade Federal do Acre (Edufac)

Rod. BR 364, Km 04 • Distrito Industrial

69920-900 • Rio Branco • Acre // edufac@ufac.br

Editora Afiliada



Diretor da Edufac

Gilberto Menchdes da Silveira Lobo

Coordenadora Geral da Edufac

Ângela Maria Poças

Conselho Editorial (Consedufac)

Adcleides Araújo da Silva, Adelice dos Santos Souza, André Ricardo Maia da Costa de Faro, Ângela Maria dos Santos Rufino, Ângela Maria Poças (vice-presidente), Alessandra Pinheiro Cavalcante Costa, Carlos Eduardo Garção de Carvalho, Claudia Vanessa Bergamini, Délcio Dias Marques, Francisco Aquinei Timóteo Queirós, Francisco Naildo Cardoso Leitão, Gilberto Mendes da Silveira Lobo (presidente), Jäder Vanderlei Muniz de Souza, José Roberto de Lima Murad, Maria Cristina de Souza, Sheila Maria Palza Silva, Valtemir Evangelista de Souza, Vinícius Silva Lemos

Comitê Técnico-Científico do Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Física (MNPEF • Ufac • Polo 59)

Bianca Martins Santos, Carlos Eduardo Garção de Carvalho, Eduardo de Paula Abreu, Esperanza Lucila Hernández Ângulo, Jorge Luis López Aguilar, Marcelo Castanheira da Silva, Mauro Antonio Andreato, Murilena Pinheiro de Almeida, Tiago de Jesus Santos

Coordenadora Comercial • Serviços de Editoração

Ornifran Pessoa Cavalcante

Projeto Gráfico/Diagramação e Arte da Capa

Rogério da Silva Correia

Símbolo da Física

Imagem de Hsaart do Pixabay

A revisão textual e das normas técnicas é de responsabilidade dos autores.

Universidade Federal do Acre

Biblioteca Central

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

P964p Produtos Educacionais para o Ensino de Física: experiências na Educação Básica de Rio Branco, Acre [recurso digital] / organização Bianca Martins dos Santos. – Rio Branco: Edufac, 2025.
199 p. : il. [5,88 MB]

ISBN: 978-85-8236-150-4
Vários autores.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Educação – Rio Branco (AC). 3. Produtos educacionais. I. Santos, Bianca Martins dos (org.). II. Título.

CDD: 530.07

Apresentação

O livro *Produtos Educacionais para o Ensino de Física: experiências na Educação Básica de Rio Branco, Acre* nasce do compromisso com a formação continuada de professores de Física e da necessidade urgente de repensar esse ensino para o público da Educação Básica, especialmente em contextos geográficos e sociais muitas vezes negligenciados pelas grandes produções acadêmicas.

A obra apresenta algumas propostas de ensino aplicadas na Educação Básica na cidade de Rio Branco, Acre. A escolha por esse campo se deu por se tratar de um território rico em diversidade cultural, ambiental e histórica, principalmente porque também enfrenta desafios no contexto educacional.

O tema ora desenvolvido foi pensado a partir de vivências pedagógicas, investigações acadêmicas e experiências em sala de aula, e reúne contribuições de professores, pesquisadores e egressos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Acre (Polo 59), empenhados melhorar do ensino de Ciências e, em particular, da Física. A proposta é oferecer uma abordagem que dialogue com as experiências locais em sala de

aula, valorize o conhecimento prévio dos estudantes e promova uma aprendizagem significativa, contextualizada e crítica.

Ao longo dos capítulos, o leitor encontrará reflexões teóricas, propostas metodológicas, relatos de experiências e sugestões de práticas didáticas que podem ser adaptadas para diferentes níveis da Educação Básica. A intenção não é apresentar fórmulas prontas, mas sim abrir caminhos para um Ensino de Física que se torne mais acessível, instigante e conectado com os desafios das escolas públicas locais.

Os capítulos 1 e 2 apresentam propostas de experimentos para o ensino de Física com materiais de baixo custo em temas de eletricidade e mecânica, respectivamente. Os capítulos 3, 4 e 5 abordam a experimentação com o auxílio do uso de recursos digitais para o Ensino Médio. Na mesma temática, o capítulo 6 apresenta uma proposta para o trabalho com a robótica, porém, com alunos do 1º e 5º ano do Ensino Fundamental. E o último capítulo traz reflexões sobre o Ensino de Física para alunos com deficiência visual, no contexto de uma ação de formação inicial para professores de Física.

Além de ser um livro destinado a professores em formação e em exercício, coordenadores pedagógicos, pesquisadores da área de ensino de Ciências e gestores escolares, também é um convite ao diálogo entre os saberes acadêmicos e os saberes da experiência, na construção coletiva de uma educação transformadora. Nesse sentido, espera-se que possa inspirar, provocar e, sobretudo, contribuir para uma prática docente mais consciente, criativa e comprometida com os contextos locais.

Bianca Martins Santos

Sumário

1 | Laboratório expositivo para alfabetização científica: carga e descarga de capacitores.....9

Fernando Cezar Rivarola Ramirez

Esperanza Lucila Hernández Angulo

Bianca Martins Santos

2 | Explorando a rampa de inclinação variável: transformações e conservação da energia mecânica.....34

Mario Luiz de Oliveira

Esperanza Lucila Hernández Angulo

Carlos Henrique Moreira Lima

Marcelo Castanheira da Silva

3 | Plataformas para o ensino de física.....61

Adenilson Avelino Franco

Carlos Henrique Moreira Lima

José Higino Dias Filho

Jorge Luis López Aguilar

**4 | Instrumentação de aulas de gravitação com
prática inovadora focada na Segunda Lei de
Kepler.....87**

Henrique Melo Coimbra

George Chaves da Silva Valadares

Jhnefêr da Silva Ribeiro

**5 | Desvendando a gravidade: explorando a queda
livre no Ensino Médio com o Arduino 104**

Thiago Chagas de Carvalho

Eduardo de Paula Abreu

Marcelo Castanheira da Silva

Carlos Henrique Moreira Lima

**6 | Construção lógica para ensino de eletricidade
utilizando a plataforma Scratch e o sensor
LDR.....134**

Lídia da Rocha Silva

Bianca Martins Santos

**7 | Inovações pedagógicas no ensino de física:
práticas em sala que visam o fortalecimento da
atuação inclusiva do docente 170**

Joisilany Santos Dos Reis

Valdemar Matos Paula

Bianca Martins Santos

Sobre a organizadora.....198

1 | Laboratório expositivo para alfabetização científica: carga e descarga de capacitores

Fernando Cezar Rivarola Ramirez¹
Esperanza Lucila Hernández Angulo²
Bianca Martins Santos³

-
- 1 Professor de Física vinculado à Secretaria de Estado de Educação, Cultura e Esportes (SEE/AC), <http://lattes.cnpq.br/9596531275202059>. E-mail: nando.ramirez@hotmail.com.
 - 2 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/3721345254231211>. E-mail: esperanza.angulo@ufac.br.
 - 3 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/4579645373015515>. E-mail: bianca.santos@ufac.br.

Introdução

A proposta de ensino aqui apresentada foi construída com base nas experiências da sala de aula de um dos autores do trabalho como professor de física do Ensino Médio da rede pública estadual na cidade de Rio Branco / Acre desde 2014, o qual buscava encontrar meios de tornar as aulas de física mais agradáveis e produtivas, procurando desenvolver atividades que facilitassem o trabalho por parte do professor e a aprendizagem por parte do aluno. Como resultado da reflexão sobre a realidade da sala de aula ao longo dos seus 10 anos de atuação, as ideias sobre proporcionar o ensino de física pensando na compreensão dos conceitos de forma acessível ficou cada vez mais latente, culminando no seu ingresso e conclusão do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) pela Universidade Federal do Acre (Ufac) - Polo 59, onde o presente trabalho foi delineado.

É necessário deixar de lado a posição do professor que “domina o conteúdo e considera tudo simples”; e passar a acompanhar o ritmo do processo de aprendizagem, verificando continuamente como o aluno corresponde às dinâmicas apresentadas nas aulas. Uma das ações que realizamos para poder observar e acompanhar o ritmo de aprendizagem dos discentes foi sugerir uma construção de instruir os alunos a refazer, ou reescrever os conceitos, utilizando uma linguagem própria do estudante e comum ao seu linguajar, com significados mais pessoais, para tentar entender os conteúdos trabalhados. A Sequência Didática (SD) construída envolveu a temática de eletricidade, e foi aplicada em uma escola pública de Rio Branco, Acre, local de atuação profissional de um dos autores do trabalho.

Os aparelhos elétricos a princípio utilizam a corrente elétrica para transformar a eletricidade em outra forma de energia útil. Os circuitos elétricos simples que são apresentados no Ensino Médio

mostram o resistor figurando como principal elemento agindo sobre a corrente, limitando a passagem dela em um circuito obedecendo a Lei de Ohm. Mas à medida que os circuitos começam controlar a passagem dela, amplificando, transformando em mais de uma forma de energia, modificando a corrente alternada para corrente contínua, passa a ter a necessidade de agir sobre a corrente de maneira diferente.

Os componentes eletrônicos que agem de maneira passiva sobre a corrente são os resistores, indutores e capacitores. Segundo Petruzella (2014) os resistores limitam a passagem da corrente elétrica, enquanto os indutores armazenam temporariamente a energia elétrica em um campo magnético e os capacitores armazenam a energia elétrica entre armaduras metálicas carregadas com cargas de sinais contrários, surgindo entre essas placas um campo eletrostático. Na SD proposta os conceitos abordados foram: campo elétrico; fluxo elétrico; lei de Gauss; superfícies equipotenciais; definição para capacitores e unidade de medida; funcionamento de um capacitor de placas planas e paralelas; e capacitor de placas paralelas.

Observe que a eletricidade em geral, mais especificamente os circuitos elétricos e seus componentes, estão presentes no cotidiano de todos os alunos, mas apenas como algo útil para trazer facilidades às atividades diárias. A SD aplicada versa sobre trazer uma alfabetização científica sobre esse tema.

Descreve-se como problema de pesquisa a seguinte pergunta: como promover a alfabetização científica sobre o tema eletricidade em aulas de física envolvendo o visual e capacitores como prática experimental? O objetivo do trabalho é relatar a experiência sobre a proposição e aplicação de uma SD com enfoque no experimento de carga e descarga de capacitores, utilizando componentes de alta capacitância que proporcionam efeitos com lâmpadas e curtos-circuitos. Buscou-se também identificar os indicadores de alfabetização

científica, observando as anotações e esquemas que foram feitos pelos alunos durante as aulas.

Fundamentação teórica

Uma dificuldade encontrada pelos professores de física que atuam no Ensino Médio atualmente está em relacionar os conteúdos sugeridos, que deve preparar o aluno para exames externos a escola, como o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), e atender as necessidades formativas para o desenvolvimento das habilidades sugeridas pela Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018). A relação entre o perfil do aluno que está no Ensino Médio e a complexidade de conteúdos da física a serem estudados representam um desafio. Em geral, os estudantes apresentam dificuldades na leitura, interpretação textual, escrita (Terra *et al.*, 2024) e operações matemáticas básicas (Holanda; Freitas; Rodrigues, 2020). Contexto que motiva a aplicação de metodologias que possam estimular o aluno a desenvolver o interesse pelos estudos de ciências, superando suas dificuldades provenientes de outras áreas de conhecimento.

Para estimular os estudantes, precisamos analisar a situação do ensino de física e buscarmos encontrar meios para fomentar maior interesse nas aulas. Sasseron e Machado (2017) indicam que o conhecimento científico pode ser apresentado como uma possibilidade de extasiar aqueles que interagem com ele, assim como outras áreas de conhecimento, como a arte, literatura e a música. A maneira como a ciência é estruturada e apresentada parece algo pronto e acabado (Chalmers, 1993), embora seja, de fato, resultado de interação social, cultural e histórica desenvolvida ao longo de anos. Esse formato de ensino diminui o interesse pela área e passa o entendimento de que o conhecimento científico é algo distante e inacessível.

Para que a ciência seja apresentada além de algo produzido pela comunidade científica, o conhecimento deve ser mostrado em seu contexto de desenvolvimento, ou seja, como ele surge e é formado, destacando a prática científica e os aspectos sociais e culturais, sua organização e a maneira como impacta a nossa vida (Sasseron; Machado, 2017). Quando analisamos essa perspectiva, entendemos que essa maneira de apresentar a ciência difere do ensino que se apresenta pronto, com fórmulas, enunciados e leis de maneira fechada.

De acordo com o que sugere a BNCC (Brasil, 2018), é importante que seja oportunizado aos alunos condições de adquirirem conhecimentos necessários para desenvolverem as competências gerais e atingirem as dimensões do conhecimento nos objetivos conceituais (saber sobre a prática), procedimentais (saber fazer) e atitudinais (saber ser e conviver), conhecimentos esses que são as chamadas habilidades. Ainda de acordo com Sasseron e Machado (2017), um dos propósitos da escola é construir pontes entre a Ciência e o mundo que o aluno vive, sendo o professor o responsável pela construção dessa ponte.

A apresentação do conhecimento científico pronto é diferente da maneira como ele é construído, implicando numa separação entre teoria e prática, sem contextualização, acumulativa e linear (Gil; Vilches, 2001). Sasseron e Machado (2017) propõem que para superar problemas como esse, existe a necessidade de ensinar a física de maneira que aborda além dos conceitos físicos, os aspectos da natureza das ciências.

Nesta direção, fundamenta-se o trabalho no conceito de Alfabetização Científica apresentado por Sasseron e Machado (2017) como um processo que se inicia na vida de cada um e é organizado e sistematizado na escola, mas que não se restringe apenas à escola. Ao ensinar ciências com o objetivo de alfabetizar cientificamente, espe-

ra-se que o indivíduo possa utilizar e desempenhar ações resultantes da obtenção desse conhecimento em outras situações de sua vida.

O que se pretende com o ensino de ciências é uma formação cidadã que possa proporcionar às pessoas a possibilidade de resolver problemas e agir sobre o seu meio com base na construção de pareceres que tenham fundamento. Ser capaz de analisar a relevância de uma prescrição médica ou escolher mandatários representantes do povo, tomar decisões em que a coletividade será mais afetada do que a individualidade, são exemplos de decisões que podem ser melhor analisadas através da aplicação dos conhecimentos científicos.

A alfabetização científica no âmbito escolar não é de forma alguma pretensiosa demais em sugerir que as ciências naturais contribuem na construção dessas tomadas de decisões, principalmente quando ela for apresentada como a construção do conhecimento e dos métodos que levam a essa construção. Aplicar a alfabetização científica em confronto com as dificuldades anteriormente apresentada por professores do Ensino Médio requer escolha adequada de conteúdos e metodologias a serem empregadas.

Sasseron e Carvalho (2008) apresentam os Eixos estruturantes da alfabetização científica que trazem as características importantes em desenvolvimento de aulas que almejam a Alfabetização científica, que seriam:

compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais e a importância deles reside na necessidade exigida em nossa sociedade de se compreender conceitos-chave como forma de poder entender até mesmo pequenas informações e situações do dia-a-dia. O segundo eixo preocupa-se com a **compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática**, pois, em nosso cotidiano, sempre nos defrontamos com informações e conjunto de novas circunstâncias que nos exigem reflexões e análises considerando-se o contexto antes de proceder. Deste modo, tendo em mente a forma como as investigações científicas são realizadas, podemos encontrar

subsídios para o exame de problemas do dia-a-dia que envolvam conceitos científicos ou conhecimentos advindos deles. O terceiro eixo estruturante da AC compreende **o entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio-ambiente** e perpassa pelo reconhecimento de que quase todo fato da vida de alguém tem sido influenciado, de alguma maneira, pelas ciências e tecnologias. Neste sentido, mostra-se fundamental ser trabalhado quando temos em mente o desejo de um futuro saudável e sustentável para a sociedade e o planeta (Sasseron; Carvalho, 2008, p. 335 – grifos adicionados).

Para que esses processos que sugerem a alfabetização científica possam acontecer é necessário que haja incentivo para que o aluno se engaje frente às situações e problemas apresentados a ele. Esse engajamento consiste em aceitar e realizar a prática de maneira investigativa. Para que se possa verificar como o processo está envolvendo ou não o aluno, Sasseron e Carvalho (2008) sugerem os indicadores de alfabetização científica, que seria uma classificação das ações realizadas pelos alunos diante do problema proposto a eles. Esses indicadores sugeridos são:

1. A seriação de informações: esse indicador é percebido quando o aluno estabelece bases para a ação investigativa. Que podem ser anotações simples que iniciem a organização do trabalho de investigação.
2. A organização de Informações: neste indicador já existe uma discussão a respeito de um trabalho realizado. Isso pode acontecer buscando o arranjo das informações disponíveis no início ou na retomada de uma questão.
3. A classificação de informações: indicador verificado quando se busca as características comuns dos dados obtidos. Pode ser de forma hierárquica ou não, nesse indicador existe uma ordenação e relação dos elementos do trabalho.
4. O raciocínio lógico: É um indicador que ajuda a mapear a estruturação do pensamento que molda as falas dos alunos em uma aula, compreende a maneira como as ideias são desenvolvidas e apresentadas e está relacionada a forma como o pensamento é exposto.

5. O raciocínio proporcional: indicador que também apresenta a estrutura do pensamento do aluno, nesse caso, faz referência às relações existentes entre as variáveis.
6. O levantamento de hipóteses: esse indicador existe quando o aluno apresenta posicionamento sobre um tema, que pode ser afirmativo ou em forma de questionamentos, buscando compreender o que acontece ou é sugerido pelo tema.
7. O teste de hipóteses: esse indicador surge em seguida a etapa anterior, momento em que o aluno tentará confirmar ou descartar as hipóteses que surgiram através da experimentação ou teste das ideias construídas.
8. A justificativa: este indicador é percebido quando o aluno consegue uma afirmação que seja reafirmada ou garantida com informação que possa validar o raciocínio apresentado.
9. O indicador de previsão: nesse momento o aluno consegue perceber que uma ação ou fenômeno acontecerá como sequência de algo que está em andamento.
10. A explicação: quando o aluno realiza análises e consegue fazer relações com as informações obtidas e as hipóteses anteriores, com base nas justificativas encontradas, cogitando inclusive novas hipóteses, mas de maneira mais amadurecida por assim já conhecer o processo apresentado (Sasseron; Carvalho, 2008, p. 338-339).

A aula de física e seus conteúdos precisam de uma dinâmica que possa proporcionar essas situações. O aluno precisa ser provocado e instigado para questionar e investigar a natureza das ciências, a partir daí, desenvolver práticas que apresentem situações em que os indicadores de alfabetização científica estejam presentes. O conteúdo das aulas nem sempre aparece em uma sequência ou condição de serem aplicados e, imediatamente, proporciona o questionamento com as devidas investigações que naturalmente poderiam apresentar os indicadores de alfabetização científica. Assim, com base nos conceitos da alfabetização científica foi construída e aplicada uma sequência didática no tema de Eletrostática, mas que reúne vários conceitos da eletrodinâmica.

Produto educacional e metodologia de implementação

O produto educacional proposto trata-se de uma Sequência Didática (Quadro 1), de quatro momentos com a duração de 1 hora cada. Dentro do plano de curso da escola, as aulas de física do terceiro ano, iniciam-se com o conteúdo de eletrodinâmica por dois motivos: ao elaborar o plano de curso da escola os professores da disciplina entendem que a abordagem de eletrodinâmica por mais tempo e desde o início do ano favorece o aluno a ter mais contato com o conteúdo durante o ano letivo podendo entender e se envolver cada vez mais com o conteúdo, já que podemos apresentar circuitos e grandezas elétricas em várias outras oportunidades ao longo do curso.

Quadro 1: Momentos da Sequência Didática

Aula	Tema	Tempo
01	Problemática inicial: conceitos de eletrostática através de processos de eletrização	1 hora aula
02	Conceitos de força e campo elétrico.	1 hora aula
03	Representação do capacitor e suas aplicações: demonstração investigativa com o carregador e descarregador de capacitores.	1 hora aula
04	Atividade de apresentação e considerações sobre as aulas com exercícios	1 hora aula

Fonte: Elaborado pelos autores.

A aula introdutória dessa unidade de estudo é baseada nos conceitos da eletrostática, é iniciada com a apresentação do experimento de eletrização. Eletriza-se alguns objetos e apresentamos o conceito dos processos de eletrização que são possíveis: atrito, indução e contato. A apresentação do experimento consiste em utilizar um cano de PVC e uma sacola plástica. Atrita-se a sacola plástica contra o cano e aproxima-se de uma bolinha de papel pendurada em uma haste por um fio de cabelo e observa-se o processo de atração da bolinha para o

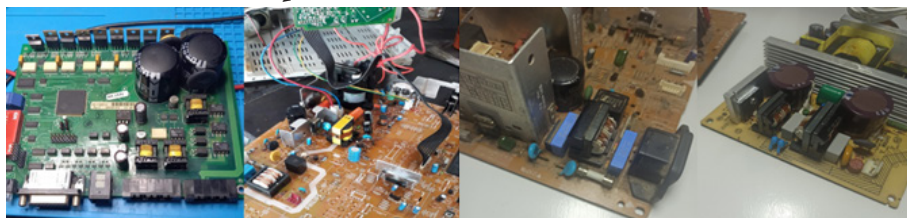
cano; em seguida permitindo-se que a bolinha encoste no cano, atrita-se novamente o cano de PVC na sacola plástica e aproximando-se novamente da bolinha verifica-se o processo de repulsão.

A intenção é mostrar que existe a presença de um campo e uma força, também explicar que houve a movimentação das cargas elétricas nos materiais, resultando no efeito de atração e repulsão do pêndulo. Nessa aula apresentamos, de maneira introdutória, as placas de circuitos eletrônicos visando manter a ligação com o conteúdo do momento 3 das aulas, quando vamos mostrar os capacitores e seu funcionamento de maneira prática. Esse momento representa a introdução da sequência didática, pretendendo que os alunos percebam o contexto prático da aplicação da eletricidade nos circuitos eletroeletrônicos e sua relação em uma situação específica que é o uso e descarte de aparelhos elétricos, sugerindo que o aluno precisa ter consciência sobre esse assunto.

Na segunda aula será trabalhado o conteúdo de eletrostática de forma expositiva, a saber os temas: A constituição da matéria; Processos de eletrização; Campo elétrico; Força elétrica; Tensão e energia potencial elétrica; Modelo de corrente elétrica nos metais. Tais temas estão presentes no livro de física em uso na escola (Gonçalves Filho; Toscano, 2016, p. 68).

A terceira aula está reservada para uma problematização inicial rápida sobre as placas de aparelhos eletrônicos, são apresentadas placas eletrônicas (Figura 1) encontradas em aparelhos eletrônicos descartados após a sua inutilização.

Figura 1: Exemplos de placas eletrônicas encontradas em sucatas que foram utilizadas na SD



Fonte: Acervo Fernando Cezar Rivarola Ramirez (2022).

Ao colocar essas placas em um ambiente de sala de aula para os alunos é interessante confrontar as imagens, que podem ser visualizadas na internet ou no livro didático, com o aspecto real dos componentes nas placas, sem esquecer que elas constituem lixo eletrônico, mas que ainda possuem elementos que podem funcionar na eletricidade.

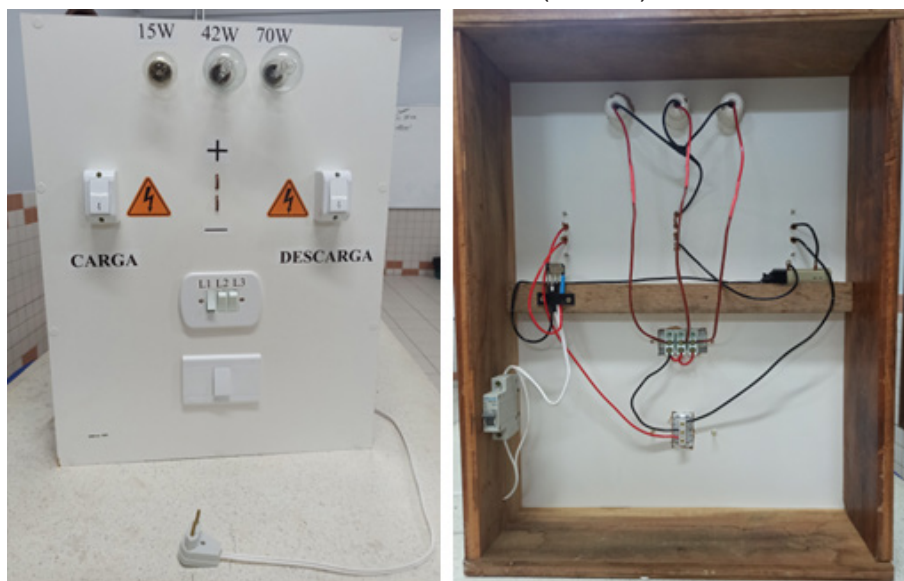
Utilizar os conceitos sobre funcionamento de Capacitores como elemento motivador e problematizador para instigar o aluno a desenvolver alguns dos indicadores da alfabetização científica. O componente capacitor é encontrado facilmente em sucatas de aparelhos eletrônicos, também podem ser adquiridos em lojas físicas especializadas, ou ainda através de sites de vendas via internet. São componentes que apresentam descrito em seu corpo as características elétricas de seu funcionamento, como: Capacitância; Tolerância; e Tensão de trabalho. O capacitor utilizado era do tipo eletrolítico polarizado. O modelo que utilizamos no experimento foi retirado de uma sucata de transmissor de rádio antigo.

A dinâmica para esse momento prevê o uso de um experimento em demonstração investigativa, uma estratégia que pode ser utilizada em sala de aula, principalmente quando o professor não tem a sua disposição material e número suficiente para ser trabalhado por todos os grupos ou quando apresenta algum grau de periculosidade. Trata-se também de uma abordagem adequada quando há pouco

tempo para abordar o conteúdo, pois esta atividade pode ser realizada em apenas uma aula (Sasseron; Machado, 2017, p. 54).

O experimento (Figura 2) que foi proposto para essa aula é uma montagem que pode carregar e descarregar um capacitor através de um circuito elétrico que contém uma fonte de tensão e lâmpadas ligadas em série para poder visualizar um fenômeno que sugere a movimentação das cargas elétricas. O detalhamento da montagem do experimento e uso estão descritos no produto educacional⁴. O esquema elétrico do circuito (Figura 3) foi feito utilizando o aplicativo gratuito da loja de aplicativos *Play Store* no sistema operacional *Android*, *Every Circuit*.

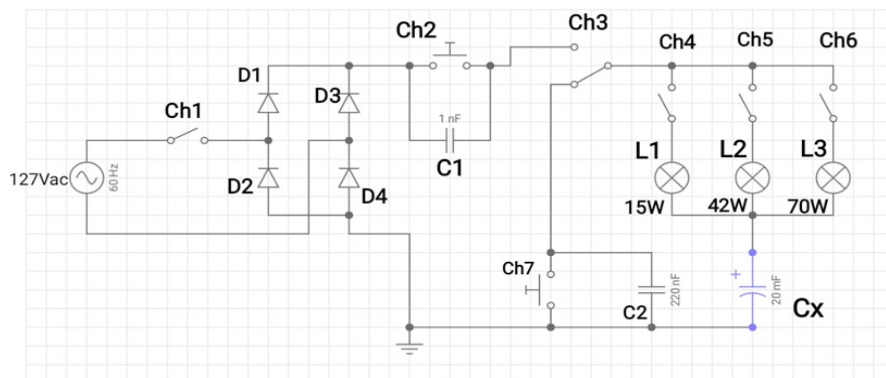
Figura 2: Parte da frente do experimento (esquerda) e a parte interna do circuito (direita)



Fonte: Acervo Fernando Cezar Rivarola Ramirez (2022).

4 Disponível em: <http://www2.ufac.br/mnpf/menu/produtos-educacionais/fernando-cezar-rivarola-ramirez.pdf>. Acesso em: 2 dez. 2024.

Figura 3: Esquema elétrico do carregador/descarregador de capacitores



Fonte: Elaborada pelos autores.

Para carga no capacitor, o circuito deve ser ligado diretamente à rede elétrica em tensão de 127 V em corrente alternada (percebemos aqui que temos a oportunidade de verificar um indicador de investigação: diferentes tipos de corrente, a observação). Logo o Disjuntor indicado como Ch1 liga o circuito até os diodos retificadores, que são componentes semicondutores de eletricidade, tem por característica permitir a passagem de corrente elétrica apenas em um sentido. Como a corrente alternada tem polaridade que alterna constantemente, os diodos semicondutores farão com que apenas um dos ciclos de onda da corrente alternada possa passar de acordo com a polarização que o diodo é colocado.

A essa montagem de diodos chama-se ponte retificadora de onda completa⁵. Nesse momento temos uma corrente pulsante, que não adota valores negativos, mas não se mantém com valores constantes. Para a retificação atingir a corrente contínua precisamos de um tipo de filtro para essa corrente pulsante, e aí temos mais uma

5 Ponte retificadora de onda completa é um circuito que converte corrente alternada (CA) em corrente contínua (CC) utilizando quatro diodos dispostos em configuração de ponte. Essa configuração permite a utilização dos dois semiciclos da onda CA, resultando em uma tensão de saída contínua mais eficiente em comparação com o retificador de meia onda.

aplicação dos capacitores, que por serem capazes de armazenar cargas elétricas e criar uma diferença de potencial entre suas placas devido o campo elétrico formado, ele mantém os valores estáveis durante os pulsos entre os picos da corrente pulsante, aproximando as características da corrente contínua após sua passagem e filtragem.

A ligação do capacitor em uma fonte retificadora é em paralelo com a tensão de entrada. Mas para o nosso circuito temos ainda um interruptor do tipo *Push button*, ou botão de apertar, que fecha o circuito apenas quando é pressionado e permanece pressionado. Essa cautela na montagem é um artifício de segurança, pois como trabalhamos com a tensão da rede elétrica é preciso garantir que em caso de acidente o interruptor abre o circuito. A chave comutadora Ch3 garante que apenas o circuito de carga possa funcionar. O capacitor em paralelo com Ch2 e Ch7 tem a função de evitar o surgimento de faíscas entre os terminais dos interruptores. Ao fechar ou abrir o circuito os capacitores já terão uma pequena carga amortecendo a passagem brusca dos elétrons, evitando assim o surgimento das indesejadas faíscas ou centelhas que podem estragar os interruptores.

Após Ch2 o circuito entra no interruptor triplo Ch4, Ch5 e Ch6 pela comutação de Ch3, que vão ligar uma ou mais lâmpadas ao circuito, sendo que cada interruptor liga uma lâmpada diferente. A outra extremidade da lâmpada encontra o Capacitor Cx que é um capacitor de grande capacidade de carga que então é ligado ao terminal negativo da ponte, retornando então para a fonte. Ao Conectar por contato, o capacitor de 20 mF (miliFarad) e pressionar o interruptor Ch2 temos a passagem de corrente elétrica durante o período de carga do capacitor. Acendendo a lâmpada equivalente no circuito.

Já o mecanismo da descarga do capacitor funciona da seguinte forma. Ao conectar por contato o capacitor Cx no circuito e fecharmos o interruptor Ch2 vamos carregar o capacitor conforme descrito anteriormente. Ao soltar o interruptor Ch2 e agora pressionar o in-

terruptor Ch3, ligamos o terminal positivo do capacitor ao terminal negativo dele através da lâmpada controlada pelo interruptor triplo. Então podemos usar a lâmpada de 15 W para carregar, observar o tempo de carga, e logo em seguida descarregá-lo via Ch3 e a mesma lâmpada (ou até mesmo usar lâmpadas diferentes nos processos) comparando assim a proximidade dos tempos de carga e descarga do capacitor.

Uma prática feita de descarga via curto-circuito nos terminais do capacitor provoca um efeito luminoso e acústico que chama bastante atenção (Figura 4). Com esses fenômenos de luz e som pretendeu-se atingir a curiosidade dos alunos, estimular o questionamento, criação de ideais, hipóteses e discussões que possam tornar o quarto momento uma aula em que os alunos possam divagar sobre o que se viu, sobre os conceitos estudados e sobre a problemática do lixo eletrônico. O experimento foi colocado no laboratório de ciências da escola à disposição dos alunos e a orientação dada a eles foi para de realizarem perguntas sobre o experimento, anotarem as sugestões sobre como funciona e para que serve.

Figura 4: Curto-circuito em um capacitor de 20mF carregado



Fonte: Acervo Fernando Cezar Rivarola Ramirez (2022).

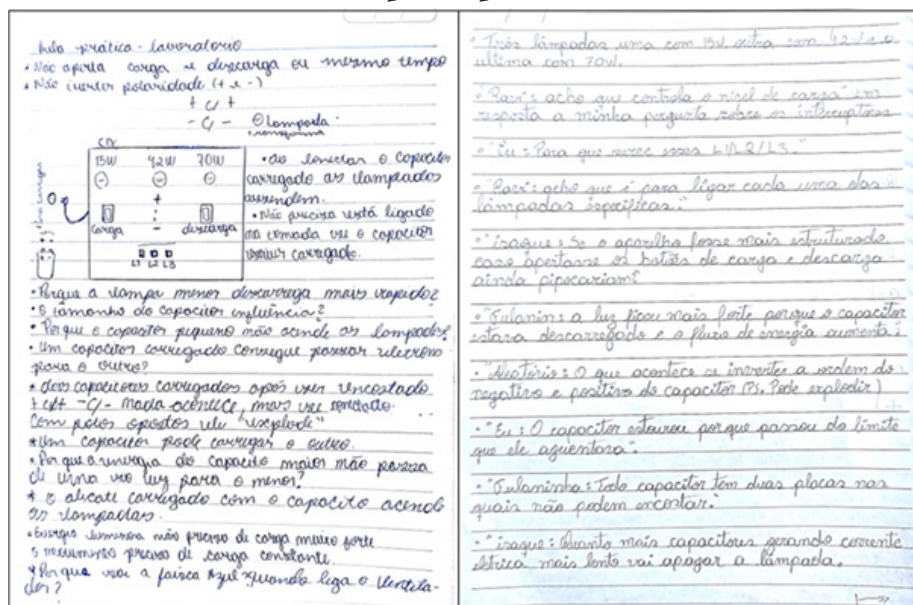
Os alunos inicialmente apenas observaram o aparelho e analisaram suas partes e o que provavelmente poderiam realizar no experimento. Em seguida, o professor realizou a primeira exibição do experimento: carga de capacitor. A carga ocorreu ao encostar os terminais de um capacitor nos contatos que existem na face do experimento respeitando a polaridade (+ e -). Ao ligar o interruptor de pressão a corrente elétrica que vem da rede elétrica alternada, esta passa pelos diodos e transforma-se em corrente pulsante, atravessa uma lâmpada incandescente criando um brilho intenso e chega aos terminais do capacitor. A lâmpada foi selecionada pelo interruptor triplo que permite escolher qual das três seria utilizada. Nesse momento o brilho da lâmpada vai diminuindo aos poucos e os alunos têm mais um momento para cogitar ideias e ter algum tipo de reação perante a situação que estavam visualizando. Após um intervalo de tempo, a lâmpada diminui o seu brilho até manter um brilho bem reduzido e por um tempo de cinco a dez segundo constante. Após essa apresentação recomendamos aos alunos realizarem suas anotações sobre dúvidas, ou ideias que eles tivessem sobre essa parte do experimento. Logo após, a chave seletora ch3 foi modificada para a função de descarga, e o interruptor de pressão Ch7 pressionado apresentou o processo de descarga do capacitor através do brilho da lâmpada novamente, que se iniciou intenso e foi apagando até reduzir totalmente o brilho. Novamente recomendamos aos alunos que realizassem suas anotações sobre o que pensaram a respeito do que visualizavam.

Na quarta aula foi realizada a devolutiva dos alunos sobre a execução das aulas. As anotações feitas nos cadernos, os roteiros construídos para as atividades e observações que realizaram com os estímulos do momento 01 dessa sequência.

Resultados e discussões

A aplicação da sequência didática foi dividida em quatro momentos de aula, totalizando quatro horas/aula em cada turma. Esta foi realizada dentro do plano de curso da escola na disciplina de física, atingindo o total de 97 alunos. Como resultado da aplicação da sequência didática era esperado encontrar os indicadores de alfabetização científica em torno de temas de física abordados e a atividade investigativa com experimento de carga e descarga de capacitores. Os dados coletados para análise foram as anotações dos cadernos dos alunos e seus esquemas de estudo, e a observação de como foram as aulas.

Figura 5: Imagens de quatro exemplos de anotações feitas por estudantes participantes das aulas



Na Figura 5 estão apresentados quatro exemplos das anotações dos estudantes durante a aula. As perguntas realizadas por eles ao longo da apresentação geraram os debates nos quais eles expressavam as possíveis respostas, o que segundo Cervo, Bervian e Silva (2002) podemos apresentar como a definição de hipótese, que seria a suposição da explicação para a causa ou até mesmo uma lei destinada a explicar, mesmo que provisoriamente um fenômeno até que os fatos a venham contradizer ou afirmar, o que seria feito no próprio experimento da sala de aula.

Uma situação que foi comum nas quatro vezes que estivemos no laboratório foram curiosidades relacionadas a quantidade de lâmpadas que havia no experimento, o motivo para elas serem diferentes, a quantidade de interruptores, e ao executar o experimento, a

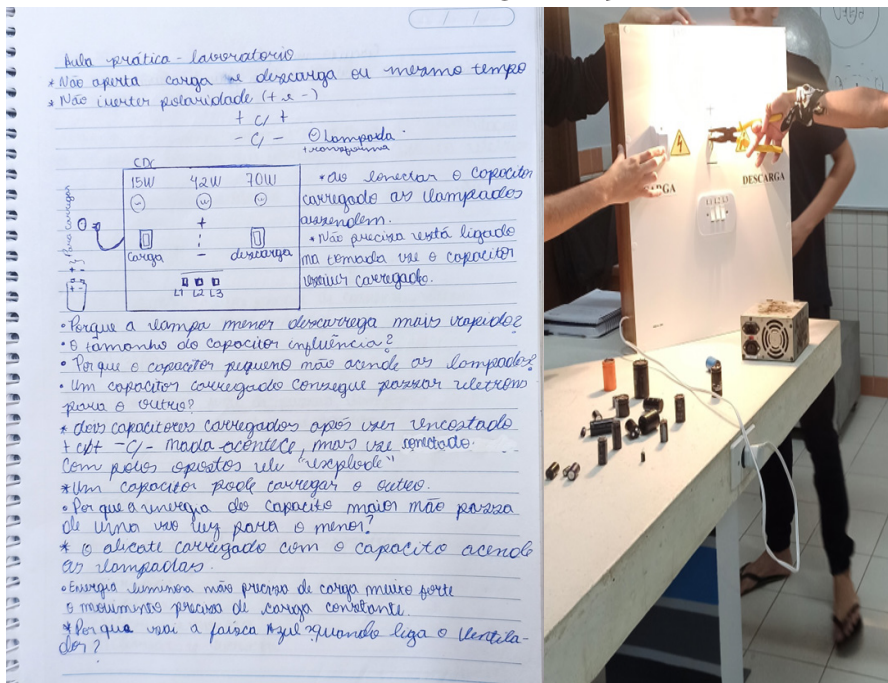
variação de tempo em que o brilho da lâmpada permanecia intenso até se apagar. Neste momento podemos associar os indicadores de teste de hipóteses.

Durante as aulas também foi observado que os alunos não associaram de maneira direta o conceito de campo elétrico e por várias vezes confundiram as unidades de medida Volts e Watts, que na verdade é uma das situações que se pretendia evitar com a aula prática, já que o aluno tem a interação com o experimento e visualiza situações. Sendo necessário em aulas posteriores o professor revisar os conceitos envolvidos e esclarecer as dúvidas e os termos corretos.

O teste de hipóteses feito pelos alunos sobre o tempo de carga e descarga dos capacitores de acordo com a variação do brilho da lâmpada que estiver ligada ao experimento foi realizado pelos próprios alunos, independente dos procedimentos que estavam sendo utilizados pelo professor. Assim eles testaram as hipóteses apresentadas no início da aula. A dinâmica que desenvolveram incluiu manusear o experimento e agilizar entre eles alguém que medisse o tempo de carga e descarga. Nesse momento de interação aconteceu um imprevisto, na ansiedade de ver como o experimento funcionava mesmo estando ligado à rede elétrica, os alunos por curiosidade apertaram o interruptor de carga e descarga ao mesmo tempo, causando um curto-circuito sobre a ponte retificadora de diodos. Nesse momento os alunos mostraram-se assustados, embora tenha sido um momento em que o dispositivo de proteção (disjuntor) acionou e abriu todo o circuito, o excesso de corrente atravessou a ponte retificadora sem passar pelas lâmpadas. Devido este imprevisto, as aulas foram suspensas por um período e depois do professor ajustar o circuito, uma chave comutadora foi adicionada para que apenas uma parte do circuito pudesse ser ligada por vez, ou carga ou descarga, evitando assim, incidentes futuros.

O fato de terem os diferentes capacitores sobre a bancada despertou a curiosidade dos alunos que passaram a questionar se os capacitores menores também faziam o mesmo efeito nas lâmpadas, situação que eles mesmo testaram, e pediram a explicação sobre o porquê funcionava diferente do efeito causado pelos capacitores de tamanhos maiores. Poucos se preocuparam com a unidade de medida, mas observaram que alguns capacitores apresentavam os “Volts” menores, e só então perceberam que havia mais informações no corpo do capacitor.

Figura 6: Imagens de um exemplo de anotações feitas por estudantes participantes das aulas (esquerda). Teste de hipótese do alicate nos terminais de carga de capacitor (direita)



Fonte: Acervo Fernando Cezar Rivarola Ramirez (2022).

Percebemos também que a representação simbólica do experimento constitui uma maneira de tentar associar informações que foram apresentadas nas aulas. Na Figura 6 (esquerda) é possível iden-

tificar algumas explicações colocadas pelo estudante sobre o fenômeno observado, aqui o indicador da justificativa pode ser associado. Observe que o questionamento sobre a maneira de acender a luz das lâmpadas sem o uso do capacitor também apareceu, e consequentemente no debate que acontecia, alguns alunos arriscaram falar que o alicate sendo de metal poderia “dar curto” e estourar tudo (Figura 6, direita). Todas estas argumentações surgiram mesmo sem o conceito de ligação em série ter sido abordado até então.

Observando os debates e as conversas nas aulas (Figura 7) percebemos que a evidência que mais se aproximou do indicador de previsão e explicação foi o fato de os alunos associarem a carga e descarga acontecer de maneira diferenciada para cada tamanho de capacitor, e por iniciativa dos alunos, realizaram os testes e marcaram o tempo, prevendo em que situações ocorreriam as variações maiores ou menores no brilho das lâmpadas.

Figura 7: Momentos de interação entre os estudantes e o manuseio do experimento



Fonte: Acervo Fernando Cezar Rivarola Ramirez (2022).

Considerações finais

As aulas no laboratório mesmo que sejam aulas com conteúdo chamados de tradicionais, elas diferem ao movimentam os alunos e os retiram da configuração de sala de aula e cadeiras enfileiradas, criam expectativas que terão uma aula menos monótona, ou seja, o simples fato de terem uma aula no laboratório anima a turma. Ao utilizarmos o experimento de carga e descarga de capacitores e valores altos de capacitância, criamos um efeito visual e acústico com o curto-circuito ao descarregar os capacitores, que são de 20 mF e carregados diretamente com uma tensão de 127 V retificados da rede de energia elétrica e usamos esse recurso em aulas que trabalhamos no terceiro ano do Ensino Médio em anos letivos anteriores.

O uso desse primeiro experimento em anos anteriores servia para animar os alunos, mas também para explicar princípios de um circuito elétrico simples, sobre relação das grandezas elétricas envolvidas e uma aplicação prática de eletrodinâmica e eletrostática, explorando o conceito de campo elétrico e transformação de energia elétrica em outras formas de energia. Para aperfeiçoar o experimento de maneira que possa ser aplicado como produto educacional realizamos algumas alterações. O primeiro experimento era apresentado encostando o capacitor diretamente aos contatos de carga sem um interruptor para o circuito, no momento da descarga retirava a lâmpada do soquete e ligava aos terminais do capacitor de maneira direta, apenas a situação de curto circuitar o capacitor carregado permanece o mesmo, pois o experimento passou pela reformulação, agora tem interruptores e chave comutadora para carga e descarga, além de ter as três lâmpadas já instaladas melhorando a dinâmica da aula.

Ao buscar promover a alfabetização científica estamos preocupados que o aluno entenda o conteúdo, mas que ele possa se apropriar do conhecimento e aplicá-lo de maneira consciente em seu co-

tidiano. O experimento retirou o aluno de uma aula em que ele pode se desviar das ações do professor, pois na sala de aula nem sempre o acompanhamento dos alunos se dá por completo, alguns alunos sempre ficam afastados e acabam por fazerem o básico para obter as notas de aprovação, ficando as aulas de ciências apenas como um momento que passou no Ensino Médio.

Como resultado da aplicação da sequência didática foi possível observar os indicadores de alfabetização científica nos registros dos alunos participantes da aula. Os dados coletados através da observação ajudaram nos debates gerados em sala de aula e durante a demonstração do experimento, ainda nos ajudaram a perceber o diálogo entre a sequência didática proposta com a BNCC (Brasil, 2018) e as orientações do currículo único do Estado do Acre (Acre, 2022), através de uma análise qualitativa, comparando os indicadores de alfabetização científica com as anotações apresentadas pelos alunos durante uma aula com tema acerca da eletrostática. Vale destacar que a aplicação da SD se deu em uma escola de Ensino Médio de tempo integral, o qual pretende fazer com que o aluno invista tempo com disciplinas de estudo orientado, por exemplo, específicas para alfabetização científica.

Ao promover a alfabetização o aluno precisa aplicar o que aprendeu, e no caso do nosso experimento, não buscamos que o aluno conheça e aprenda tudo sobre capacitores, mas perceba importância de ter métodos de estudo que partem de um momento investigativo, no qual precisamos agir como estudantes-cientistas que observam, anotam, avaliam seus dados, apresentam ideias que evoluem para hipóteses que precisam ser testadas, comprovadas ou não, aperfeiçoadas, ter o conhecimento e ser consciente para explicar e prever seu uso no cotidiano. Atendendo o que temos como orientação na BNCC (Brasil, 2018) e no Currículo Único de Referência do Estado do Acre (Acre, 2022), buscamos desenvolver as habilidades

atendendo às competências através de uma aula que visou promover a alfabetização científica (Sasseron; Machado, 2017). A maneira como os alunos atenderam as orientações do professor, anotando e se preparando para uma atividade de avaliação satisfaz nossa intenção de reforçar o método de estudo, e com relação ao conteúdo de física, o experimento se mostrou eficiente para auxiliar o aluno a lembrar dos fenômenos estudados.

O experimento de carga e descarga de capacitores foi útil para a dinâmica da aula sugerida, ou seja, o estudo do campo elétrico e visualização de uma situação de campo elétrico, além de dar uma ideia do movimento das cargas elétricas em um circuito, podendo também ser utilizado para estudar o circuito em série, ou paralelo, relações de transformação de energia e variação de intensidade de corrente de acordo com a intensidade do brilho de lâmpadas de diferentes potências.

Referências

ACRE. Governo do Estado. **Currículo de Referência Único do Acre**, 2022.

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

CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino; SILVA, Roberto da. **Metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Pearson Universidades, 2002.

CHALMERS, Alan. **O que é ciência, afinal?** São Paulo: Brasiliense, 1993.

GIL, Daniel; VILCHES, Amparo. Una alfabetización científica para el siglo XXI. Obstáculos y propuestas de actuación. **Investigación**

en la Escuela, [S. l.], n. 43, p. 27–37, Sevilha/Espanha, 2001. DOI: <https://doi.org/10.12795/IE.2001.i43.03>. Disponível em: <https://revistascientificas.us.es/index.php/IE/article/view/7667>. Acesso em: 1 fev. 2025.

GONÇALVES FILHO, Aurélio; TOSCANO, Carlos. **Física: interações e tecnologia**. 3 ed. São Paulo: Leya, 2016.

HOLANDA, Marcos Douglas Medeiros de; FREITAS, Izabela Barbosa; RODRIGUES, Ana Cláudia da Silva. Matemática no Ensino Médio: dificuldades encontradas nos conteúdos das quatro operações básicas. **Revista de Iniciação à Docência**, v. 5, n. 2, Jequié/BA, 2020. DOI: <https://doi.org/10.22481/rid-uesb.v5i2.7160>. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/rid/article/view/7160>. Acesso em: 1 fev. 2025.

PETRUZELLA, Frank. **Eletrotécnica II**. Tradução Rafael Silva Alípio. Porto Alegre: AMGH, 2014.

SASSERON, Lúcia Helena; CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. Almejando a alfabetização científica no Ensino Fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 13, n. 3, p. 333-352, Porto Alegre/RS, 2008. Disponível em: <https://ienci.if.ufrgs.br/index.php/ienci/article/view/445>. Acesso em: 2 dez. 2024.

SASSERON, Lúcia Helena; MACHADO, Vitor Fabrício. **Alfabetização científica na prática: inovando a forma de ensinar física**. São Paulo: Livraria da Física, 2017.

TERRA, Israel Coutinho; ANDRADE, Caroline Mércia Resende; LEÃO, Karine Aparecida de Oliveira; PAULA, Lorena Marina de; NONATO, Gleides Ander. Desafios na leitura e escrita dos alunos do Ensino Médio: identificação e estratégias de intervenção. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, [S. l.], v. 10, n. 6, p. 1598-1612, São Paulo, 2024. DOI: <https://doi.org/10.51891/rease.v10i6.14359>. Disponível em: <https://periodicorease.pro.br/rease/article/view/14359>. Acesso em: 2 dez. 2024.

2 | Explorando a rampa de inclinação variável: transformações e conservação da energia mecânica

Mario Luiz de Oliveira⁶
Esperanza Lucila Hernández Angulo⁷
Carlos Henrique Moreira Lima⁸
Marcelo Castanheira da Silva⁹

6 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/4690467608330468>.
E-mail: mario.oliveira@ufac.br.

7 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/3721345254231211>.
E-mail: esperanza.angulo@ufac.br.

8 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/1962882039619648>.
E-mail: carlos.lima@ufac.br.

9 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/7144949691918084>.
E-mail: marcelo.silva@ufac.br.

Introdução

Os professores, tanto da Educação Básica quanto do Ensino Superior, enfrentam frequentemente o desafio de associar o uso de conceitos matemáticos em abordagens que sejam aplicáveis ao estudo da Física. Essa tarefa exige transformar a compreensão teórica em algo perceptível, capaz de relacionar os fenômenos físicos aos conceitos que os descrevem.

Isso leva a alguns questionamentos: Como tornar os conteúdos significativos para os alunos? Como fazê-los perceber a conexão entre os princípios físicos e os modelos matemáticos, bem como entender a relevância desses conteúdos para o cotidiano? Dessa forma, se torna necessário mostrar que os conceitos de Física não são apenas fórmulas desprovidas de utilidade prática, mas sim ferramentas poderosas para interpretar fenômenos diários.

Conforme estabelece a Lei 9394/1996 - Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Brasil, 1996), o Ensino Médio deve preparar o estudante para a cidadania, o trabalho e o desenvolvimento intelectual, com uma forte ênfase na relação entre teoria e prática. A implementação da Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018) reforçou a necessidade de uma abordagem integrada no ensino de Ciências da Natureza, com destaque para o tema “Energia e suas transformações”.

No contexto da BNCC, as disciplinas de Física, Química e Biologia são integradas e iniciam seus estudos com o conceito de energia. Isso representa um grande desafio, especialmente considerando as limitações trazidas pelo ensino remoto durante a pandemia da Covid-19 (Brasil, s.d.), doença do coronavírus 2019, quando professores precisaram adaptar suas práticas pedagógicas a novas metodologias.

Neste cenário, esse trabalho propõe o desenvolvimento de um material didático com o propósito de facilitar a apropriação dos conceitos de energia mecânica no Ensino Médio, utilizando uma rampa de inclinação variável. A pesquisa deste trabalho se baseou na teoria de Vygotsky (Vygotsky, 1984; 1987; 2009; Vygotsky; Leontiev, 1988) que enfatiza a mediação simbólica e a interação social no processo de aprendizado.

O objetivo geral desta proposta é elaborar um produto educacional que possa ser utilizado por professores de Física no Ensino Médio para abordar os conceitos, transformações e conservação da energia.

Os objetivos específicos incluem a construção de uma rampa de inclinação variável e o desenvolvimento de uma sequência didática que oriente a aplicação em sala de aula.

Ao propor a utilização de uma ferramenta prática e integrada como a rampa de inclinação variável, essa proposta busca oferecer aos professores uma alternativa metodológica capaz de enriquecer o processo de ensino-aprendizagem, conectando teoria, prática e contexto cotidiano.

Fundamentação teórica

Esta pesquisa utilizou os princípios teóricos da Teoria de Aprendizagem de Vygotsky, com destaque para os conceitos de apropriação, mediação simbólica e o papel da linguagem, que envolve o uso de instrumentos, signos e símbolos. Esses conceitos foram aplicados na construção de um recurso didático, a rampa de inclinação variável, projetada para explorar os fundamentos da energia mecânica no Ensino Médio.

Vygotsky e o processo de aprendizagem

Lev Semynovich Vygotsky, psicólogo bielo-russo, foi um dos principais representantes da corrente sociointeracionista, que defende que o desenvolvimento humano é um processo histórico-social mediado, no qual instrumentos e signos são fundamentais para a construção do conhecimento. Vygotsky transcendeu a Psicologia de sua época, explorando questões educacionais com profundidade ao integrar conhecimentos de áreas como Artes, Literatura, Semiótica e Educação. A abordagem interdisciplinar permitiu uma visão ampla dos processos psicológicos, como apontado por Freitas (1996), que destacou a influência de diferentes campos do saber no trabalho de Vygotsky.

Entre os interesses do autor estavam os mecanismos psicológicos na criação literária e as questões semiológicas relacionadas a símbolos, signos e imagens poéticas. A teoria propõe que a construção de ferramentas educacionais deve estar conectada ao contexto social e cultural dos estudantes, bem como ao momento histórico da ciência. Nesse sentido, o ensino de Física, por exemplo, não ocorre de maneira isolada, mas em interseção com fatores sociais, culturais e históricos. Para Vygotsky, a mente humana é uma construção coletiva, moldada por interações sociais e mediada por instrumentos e signos, como a linguagem. Essa perspectiva orienta as atividades de ensino e aprendizado, que devem considerar esses elementos para promover o desenvolvimento cognitivo.

Moysés (2012), citando Leontiev, colaborador de Vygotsky, enfatiza que a mediação do comportamento por instrumentos foi uma premissa fundamental para o desenvolvimento das investigações do autor. Ferramentas pedagógicas que permitem interagir com a natureza e medir grandezas desempenham um papel essencial na formação de conceitos, desenvolvimento de estruturas mentais superiores e apropriação do conhecimento científico no ambiente escolar.

Vygotsky também defendia a primazia da aprendizagem sobre o desenvolvimento cognitivo. A cultura seria um componente intrínseco à natureza humana, internalizado por meio de interações interpessoais e transformado em processos intrapsíquicos. A Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), conceito central em sua teoria, representa o espaço entre o nível de desenvolvimento real e o potencial, que pode ser alcançado com mediação adequada. Assim, a escola deve ensinar a aprender, mobilizando as capacidades dos alunos além do desenvolvimento já consolidado.

Para Vygotsky, o desenvolvimento cognitivo é um processo dinâmico e interdependente, profundamente influenciado pelo contexto social, cultural e histórico. Ele argumentou que a aprendizagem pode impulsionar o desenvolvimento, contrariando visões predominantes de sua época. A interação social é um elemento fundamental nessa perspectiva, sendo mediada por instrumentos e signos que atribuem significado ao conhecimento, também destacou a diferença entre conceitos espontâneos, adquiridos na experiência cotidiana, e conceitos científicos, construídos no ensino formal. A relação entre esses conceitos segue uma dinâmica em que os espontâneos se desenvolvem de baixo para cima e os científicos de cima para baixo.

No ensino de Física, a construção do conhecimento científico envolve uma mobilização dialética entre linguagem, interações sociais e cultura, conectando o aprendizado formal aos contextos socioculturais de aplicação. Dessa forma, a teoria de Vygotsky oferece uma base sólida para práticas pedagógicas que integram desenvolvimento individual e coletivo, mediadas por ferramentas culturais e interações significativas.

Base Nacional Comum Curricular – Ciências da Natureza e suas Tecnologias

A BNCC, na Competência Específica 1 de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, destaca o objetivo de analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos a partir das interações entre matéria e energia, com foco na proposição de ações que otimizem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em escalas local, regional e global (Brasil, 2018). Essa competência enfatiza a compreensão crítica dessas interações, especialmente em relação aos impactos no desenvolvimento de processos e produtos, bem como em atividades cotidianas.

No Ensino Médio, o estudo de “Matéria e Energia” é aprofundado através de situações-problema, que promovem a aplicação de modelos mais abstratos para explicar, analisar e prever efeitos das interações entre matéria e energia (Brasil, 2018). A BNCC também sublinha a importância da elaboração, interpretação e aplicação de modelos explicativos em fenômenos naturais e sistemas tecnológicos, destacando o reconhecimento de regularidades, transformações e invariantes como elementos essenciais do trabalho científico (Brasil, 2018).

A dimensão investigativa das Ciências da Natureza ganha relevância nesse nível de ensino. A BNCC propõe que os estudantes desenvolvam habilidades relacionadas aos procedimentos e instrumentos da investigação científica, como identificar problemas, formular perguntas, selecionar informações, propor e testar hipóteses, construir argumentos, planejar e realizar experimentos, analisar dados e comunicar conclusões. Essas etapas visam capacitar os alunos para intervenções fundamentadas em análise crítica de dados e informações sobre temas relacionados à área (Brasil, 2018). Assim, o desenvolvimento do pensamento científico é atrelado a aprendizagens específicas que têm aplicação prática em contextos diversos,

fortalecendo a conexão entre teoria e prática no cotidiano dos estudantes.

No que se refere ao Projeto de Vida, ele é apresentado pela BNCC como um elemento curricular voltado para orientar os estudantes em suas escolhas pessoais, acadêmicas e profissionais. Funcionando como uma “bússola”, o Projeto de Vida visa fomentar o protagonismo e a autonomia, ajudando os jovens a reconhecerem suas habilidades, preferências e metas, além de incentivá-los a enfrentar desafios com esperança e determinação. Com foco na formação integral, essa iniciativa busca desenvolver competências fundamentais, como cooperação, domínio tecnológico, capacidade argumentativa, compreensão da diversidade e análise crítica da realidade.

A BNCC enfatiza que, ao apoiar os estudantes na construção de seus Projetos de Vida, a escola contribui para o reconhecimento das juventudes como sujeitos únicos, auxiliando-os a identificar suas potencialidades e a importância de sua participação na sociedade. Por meio de interações mediadas e intencionais, os jovens têm a oportunidade de crescer pessoal e coletivamente em um ambiente que valoriza a diversidade e promove o desenvolvimento integral.

Embora o produto educacional explorado neste contexto não seja especificamente um Projeto de Vida, mas um projeto de ensino e aprendizagem, ele carrega o potencial de contribuir para mudanças significativas nos métodos de ensino e aprendizado. Além de oferecer ferramentas teóricas para professores e estudantes, o projeto fortalece o desenvolvimento integral dos jovens, preparando-os para planejar e alcançar seus objetivos com base em uma formação sólida e crítica.

Transformações e Conservação da Energia Mecânica

A energia mecânica, as transformações e a conservação, são temas centrais na Física, que busca compreender os fenômenos mais fundamentais da natureza. A Física abrange estudos desde partículas subatômicas até o Universo como um todo, utilizando leis gerais para descrever fenômenos em diversas escalas. Esse conhecimento tem permitido não apenas a compreensão dos fenômenos naturais, mas também o desenvolvimento de materiais e tecnologias que impulsionam outros campos científicos e o progresso da humanidade.

No ensino de Física, conforme a BNCC, um dos temas principais é a relação entre matéria e energia. A Mecânica, área que estuda os movimentos e suas causas, introduz a força como elemento fundamental (Resnick; Halliday, 1979). A força, uma grandeza vetorial, é responsável por causar, modificar ou extinguir movimentos. De acordo com a segunda lei de Newton, a força resultante (\vec{F}) é proporcional à aceleração (\vec{a}) de um corpo de massa (m) determinada.

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a}. \quad (1)$$

O trabalho (W) realizado por uma força constante é definido como o produto escalar entre a força aplicada e o deslocamento (d) do objeto, sendo influenciado pelo ângulo (ϕ) entre a força e o deslocamento.

$$W = F \cdot d \cdot \cos\phi. \quad (2)$$

Dependendo do valor desse ângulo, o trabalho pode ser motor, nulo ou resistente.

Em situações em que a força varia, o trabalho é calculado por meio da integral da força ao longo do deslocamento, onde x_1 e x_2 são as posições inicial e final, respectivamente.

$$W = \int_{x_1}^{x_2} F(x).dx. \quad (3)$$

A energia cinética de um corpo é determinada pela expressão:

$$K = \frac{m.v^2}{2}, \quad (4)$$

onde v é a velocidade. O teorema do trabalho e energia cinética estabelece que o trabalho realizado pela força resultante sobre um corpo é igual à variação de sua energia cinética. Assim, o trabalho realizado em um sistema está diretamente ligado às mudanças na energia cinética do corpo.

Forças conservativas, como a força gravitacional e a força elástica, são aquelas cujo trabalho independe do caminho percorrido, dependendo apenas das posições inicial e final. Para essas forças, é possível associar uma energia potencial ao sistema, que se transforma em energia cinética conforme o movimento ocorre. Exemplos incluem a energia potencial gravitacional, calculada por

$$U_g = m.g.h, \quad (5)$$

sendo h é a altura em relação a um nível de referência, e a energia potencial elástica, dada por

$$U_e = \frac{k.x^2}{2}, \quad (6)$$

onde k é a constante elástica e x a deformação da mola.

Em sistemas conservativos, a soma da energia cinética e da energia potencial permanece constante ao longo do tempo, ou seja, $K + U = \text{constante}$. Entretanto, quando forças não conservativas (como o atrito) estão presentes, parte da energia mecânica total é transformada em outras formas de energia, como calor ou som, fazendo com que a energia mecânica do sistema não se conserve.

A conservação da energia mecânica é um princípio fundamental que permite a análise de sistemas dinâmicos. Em sistemas conservativos, a energia alterna entre cinética e potencial, mantendo-se constante. Já em sistemas não conservativos, as forças dissipativas convertem parte da energia mecânica em outras formas, reduzindo a energia disponível para movimento (Resnick; Halliday, 1979).

Produto educacional e metodologia de implementação

Sequência Didática

A sequência didática elaborada para o estudo de energia mecânica utilizando a rampa de inclinação variável foi estruturada em sete aulas, com duração de 60 minutos cada, totalizando 420 minutos. Cada aula apresentava objetivos específicos e incluía atividades práticas e exercícios a serem desenvolvidos conjuntamente pelo professor e os alunos. O Quadro 1 resume os temas e conteúdos trabalhados em cada aula.

Quadro 1: Tópicos abordados na Sequência Didática sobre Energia Mecânica

Aula	Tema
1	Realização de um projeto para construção de uma rampa de inclinação variável para estudo de Energia Mecânica.
2	Apresentação dos conceitos de energia mecânica e suas transformações, por meio de uma problematização.
3	Introdução ao conceito de força constante e força variável como agentes das transformações de energia.
4	Conceituação de energia cinética e resolução de exercícios relacionados.
5	Estudo das energias potenciais: gravitacional e elástica, com resolução de exercícios.
6	Princípios de conservação de energia e transformações de energia mecânica, com atividades práticas.
7	Aplicações práticas do princípio de conservação de energia mecânica e resolução de problemas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Descrição Detalhada das Aulas

O detalhamento das aulas foi estruturado para permitir uma abordagem prática e contextualizada dos conceitos de energia mecânica.

Na primeira etapa, a atividade principal consistia na realização de um projeto educacional que envolvesse a construção de uma rampa de inclinação variável. O objetivo geral dessa atividade era incentivar o aprendizado por meio da prática, promovendo a construção da rampa pelos próprios alunos, com a orientação do professor, utilizando materiais acessíveis.

Os objetivos específicos incluíam a elaboração de um projeto que planejasse a construção da rampa e a execução do processo de montagem. O desenvolvimento da atividade envolvia a colaboração entre professores e alunos, que trabalhavam em grupos. Cada grupo

deveria criar a própria rampa, inspirando-se em modelos apresentados pelo professor, utilizando materiais como madeira, tubos de PVC (Policloreto de Vinila), molas e esferas.

A segunda aula aborda os conceitos de energia mecânica e transformações. O objetivo era apresentar de forma clara e prática os princípios básicos da energia mecânica, as mudanças e a conservação. A metodologia incluía uma avaliação inicial para verificar os conhecimentos prévios dos alunos sobre transformações de energia. A partir dessa avaliação, eram realizadas observações práticas, utilizando a rampa de inclinação variável. Os alunos analisaram o movimento de uma esfera que descia pela rampa, observando a transformação de energia potencial em energia cinética e, caso haja uma mola no final da rampa, a transformação em energia potencial elástica.

O desenvolvimento dessa aula permitiu que cada grupo trabalhasse com a rampa construída por eles (Figura 1), enquanto o professor orientava e facilitava a análise dos fenômenos observados. Além disso, o professor poderia usar uma rampa modelo para demonstrar os conceitos e guiar as atividades. Por meio da experimentação e da problematização, os alunos refletiam sobre as transformações de energia e discutiam a conservação da energia mecânica, consolidando o aprendizado por meio de experiências concretas e significativas.

Figura 1: Rampa de inclinação variável com uma mola no ponto C



Fonte: Acervo Mario Luiz de Oliveira (2021).

Ao iniciar o experimento, a esfera era abandonada do repouso a partir de uma altura definida em relação ao plano, na posição A. A partir daí, observava que a esfera começava a descer a rampa, reduzindo gradativamente sua altura em relação à superfície de apoio enquanto sua velocidade aumentava. Ao alcançar a posição C, a esfera colidia com uma mola, que se deformava devido à força exercida pela esfera. Nesse momento, a esfera parava momentaneamente por uma fração de segundo.

Após essa parada, a mola, agora comprimida pela força da colisão, iniciava o retorno à condição original, ou seja, sem deformação. Durante esse processo, a mola impulsionava a esfera, fazendo-a entrar novamente em movimento e começar a subir a rampa. A esfera subia até atingir um ponto em que parava novamente e, em seguida, começa a descer.

Essa sequência de eventos permitiu ao professor introduzir e explorar os conceitos de transformações de energia mecânica. No primeiro momento, o movimento espontâneo da esfera indicava a existência de uma energia potencial inicial, que se transforma gradualmente em energia cinética à medida que a esfera descia. Durante a colisão com a mola, a energia cinética da esfera diminuía até se anular, sendo armazenada na forma de energia potencial elástica na mola. Quando a mola retornava à forma original, ela transferia essa energia de volta para a esfera, que recuperava a energia cinética e começava a subir. Durante a subida, a energia cinética da esfera diminui novamente, sendo convertida em energia potencial até que parasse.

Essa análise evidenciava as contínuas transformações entre energia potencial e cinética, além de ilustrar o armazenamento temporário de energia no sistema elástico representado pela mola. Esses fenômenos demonstravam, na prática, os princípios fundamentais das transformações de energia mecânica.

A terceira aula trabalhou os conceitos de forças e transformações de energia, onde propunha explorar as ações de forças constantes e variáveis como agentes fundamentais nas transformações de energia mecânica. O objetivo principal era apresentar aos alunos os conceitos relacionados a essas forças e suas influências nas conversões entre energia cinética e potencial, utilizando a rampa de inclinação variável como ferramenta didática.

A metodologia se iniciava com uma revisão dos eventos e conceitos discutidos na aula anterior. A partir desses fundamentos, os alunos eram conduzidos a compreender que as transformações entre energia cinética e potencial estão sempre relacionadas à atuação de pelo menos uma força.

No desenvolvimento da aula, se utilizava a rampa equipada com uma mola no ponto C, conforme ilustrado na Figura 1. A experiência começava com a esfera sendo solta do repouso, a partir de uma altura inicial (posição A). À medida que a esfera descia, a altura em relação à base diminuía, enquanto sua velocidade aumentava, demonstrando a conversão de energia potencial gravitacional em energia cinética. Esse comportamento era explicado pela ação da força gravitacional ($F_g = m \cdot g$), constante em módulo, pois a aceleração gravitacional também se manteve invariável.

Ao atingir a mola, localizada na extremidade inferior (posição C), a esfera colide e comprime a mola. Nesse momento, a energia cinética era gradualmente reduzida até se tornar nula, enquanto a mola armazenava energia na forma de energia potencial elástica ($F_e = k \cdot x$), que depende diretamente da deformação sofrida pela mola. Quando a mola retornava à forma original, ela transferia parte dessa energia de volta para a esfera, que era impulsionada novamente e subia a rampa, convertendo a energia potencial elástica em energia cinética. Durante a subida, a esfera perdia velocidade até parar em

um ponto superior, onde a energia cinética é transformada novamente em energia potencial gravitacional.

A análise dessa sequência de eventos permitiu demonstrar as contínuas transformações de energia. No início, a energia potencial gravitacional era a principal forma de energia presente, sendo convertida em cinética durante a descida. Na colisão com a mola, a energia cinética era armazenada como energia potencial elástica. Posteriormente, essa energia elástica retornava à esfera, permitindo novas conversões entre energia cinética e potencial gravitacional durante a subida.

Esses processos são semelhantes a fenômenos cotidianos. Por exemplo, em um balanço, enquanto a pessoa se movimenta, há transformações sucessivas entre energia cinética e potencial gravitacional. Da mesma forma, no caso de uma criança que salta de um galho de árvore, o galho flexionado armazena energia potencial elástica, que é liberada no momento do salto, transformando-se em energia cinética conforme a criança ganha velocidade e perde altura relativa ao solo.

A quarta aula, que tratava sobre energia cinética, tinha como objetivo apresentar aos alunos o conceito dessa forma de energia, a formulação matemática e a relação com o movimento dos corpos. O propósito era reforçar a ideia de que a energia cinética representa a manifestação da energia mecânica associada ao estado de movimento de um corpo.

Nessa aula os alunos abandonaram esferas do repouso da rampa de inclinação variável (Figura 1) a partir de diferentes alturas. Observando a movimentação das esferas enquanto desciam pela rampa, os alunos perceberam que, quanto maior a altura inicial, maior era a velocidade alcançada pelas esferas ao final do percurso. Esse experimento ilustrava a relação entre altura, velocidade e energia cinética, conectando conceitos teóricos com observações práticas.

O desenvolvimento da aula incluiu uma abordagem expositiva, onde foi explicado que a energia cinética está associada ao movimento de qualquer corpo. Foram apresentados os tipos de movimentos: vibração (movimento de vai e vem em torno de uma posição fixa), rotação (movimento em torno de um eixo que passa pelo próprio corpo) e translação (deslocamento de um lugar para outro). Esses movimentos foram exemplificados com objetos variados, desde partículas microscópicas, como elétrons em um átomo, até corpos macroscópicos, como satélites em órbita ou galáxias em movimento.

Será enfatizado que o movimento estava relacionado à mudança de posição em relação a um sistema de referência, o que implicava a existência de velocidade. Além disso, foi destacado que todo corpo, independentemente do tamanho, possui massa e que é necessária para o cálculo da energia cinética.

Por fim, foi apresentada a formulação matemática da energia cinética, dada pela equação 4, no qual foi explicado como a energia cinética é proporcional à massa do corpo e ao quadrado de sua velocidade.

Essa aula integrou teoria e prática, permitindo que os alunos compreendessem de forma concreta os princípios que regem a energia cinética, reforçando o aprendizado por meio de observações e aplicações práticas.

A quinta aula explorava o tema energia potencial gravitacional e tinha como objetivo demonstrar que essa forma de energia estava associada à posição relativa de um objeto em relação, a um nível de referência previamente definido. A altura da rampa era ajustada utilizando pedaços de madeira de tamanhos diferentes em uma de suas extremidades. Durante a atividade, os alunos abandonaram as esferas na rampa a partir de diferentes alturas e observavam o comportamento das esferas enquanto desciam, analisando a relação entre altura e energia potencial gravitacional.

O desenvolvimento da aula começava com a explicação de que a energia potencial gravitacional estava relacionada à altura do objeto em relação a um ponto de referência. O professor orientava os alunos a seguir etapas para compreender o conceito: primeiro, definir um nível de referência, como o solo ou a superfície de uma mesa; em seguida, determinar a altura inicial do objeto em relação a esse nível; identificar a massa do objeto; e considerar o valor da aceleração da gravidade no local onde ocorre o experimento. Por fim, os alunos aprenderam a calcular a energia potencial gravitacional utilizando a equação 5.

Durante o experimento, os alunos visualizaram que as esferas abandonadas de alturas maiores ganhavam maior velocidade ao descer pela rampa. Isso demonstra que, quanto maior a altura inicial, maior será a energia potencial gravitacional armazenada. O professor utilizava essa observação para reforçar que a energia potencial gravitacional dependia diretamente da altura e da massa do objeto, além de ser influenciada pela gravidade local. Essa abordagem combinava prática e teoria para facilitar o entendimento do conceito de energia potencial gravitacional.

A sexta aula tratou de analisar o conceito de energia potencial elástica, cujo objetivo foi ensinar aos alunos que a energia potencial, independentemente de sua natureza, depende da posição relativa entre o objeto analisado e um nível de referência escolhido de forma conveniente. A altura da rampa de inclinação variável foi ajustada com pedaços de madeira de tamanhos diferentes em uma extremidade, enquanto na outra extremidade foi fixada uma mola. Durante a atividade, os alunos abandonaram esferas de diferentes alturas na rampa, observando o comportamento das esferas ao descenderem e colidirem com a mola.

No início da aula, o professor explicou que a energia potencial elástica está associada à deformação de um objeto elástico, como a

mola utilizada na rampa. Essa deformação foi definida como a diferença entre o comprimento da mola em repouso e o comprimento da mola deformada. Para demonstrar isso, o professor seguiu algumas etapas: 1 - selecionou uma mola, que poderia ser um pedaço de espiral de caderno; 2 - fixou a mola na extremidade da rampa, ajustando-a para o experimento; 3 - destacou características físicas da espiral, como material, espessura do fio e diâmetro, ressaltando que espirais de metal são geralmente mais rígidas que as de plástico; 4 - os alunos abandonaram esferas na rampa a partir de inclinações diferentes.

À medida que as esferas desciam, elas colidem com a mola, que se deformava. Após a compressão, a mola retornava à forma original, empurrando as esferas de volta em direção à posição inicial. Esse movimento demonstrou que a mola armazena energia durante a deformação, liberando-a em forma de energia cinética ao retornar à condição inicial. O professor enfatizou que essa energia armazenada na mola é chamada de energia potencial elástica.

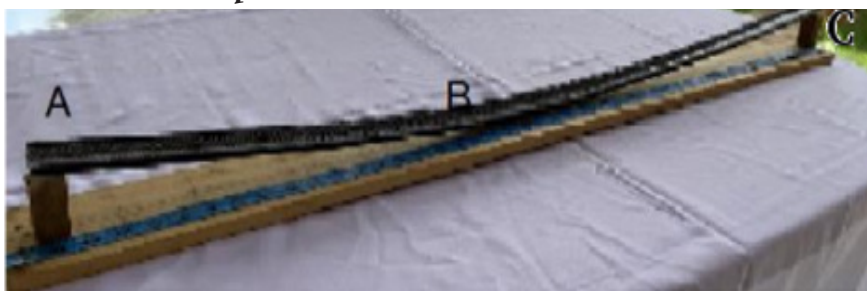
Por meio dessa atividade prática e explicações teóricas, os alunos puderam compreender como a energia potencial elástica se manifesta e como está relacionada à deformação de objetos elásticos.

O objetivo da aula 7 foi investigar os conceitos relacionados ao princípio de conservação da energia, ao princípio de conservação da energia mecânica e às transformações de energia mecânica. Para isso, os alunos trabalharam com suas próprias rampas, sob orientação do professor, para realizar análises práticas que conectam os conceitos teóricos ao comportamento observado.

O experimento se baseou na Figura 2, em que as alturas dos pontos A e C eram iguais, com o nível de referência definido pela prancha de madeira. Durante o desenvolvimento, os alunos observaram que, ao deslocar uma bolinha do ponto A para o ponto B, a altura relativa da bolinha diminuía enquanto sua velocidade aumentava gradualmente. Ao alcançar o ponto C, a velocidade da bolinha

diminuía até se anular, e sua altura começava a aumentar novamente, sem, no entanto, atingir o nível inicial de A. O processo, então, reiniciava, com a bolinha retornando de C para B e, em seguida, para A, sem recuperar a altura original.

Figura 2: Rampa de inclinação variável ajustada para manter os pontos A e C na mesma altura



Fonte: Acervo Mario Luiz de Oliveira (2021).

Essa dinâmica permitiu aos alunos analisar duas formas principais de energia mecânica: a energia cinética, associada à velocidade, e a energia potencial gravitacional, relacionada à altura relativa. A cada ciclo completo de ida e volta ficou evidente que a bolinha alcança alturas menores, indicando que a energia potencial gravitacional ao final de cada ciclo era inferior à do ciclo anterior. Esse fenômeno foi associado à dissipação da energia mecânica, causada pela ação de forças dissipativas, como o atrito e a resistência do ar, que atuavam sobre a bolinha enquanto se movia.

O professor explicou que sistemas nos quais atuam forças dissipativas, ou nos quais essas forças não podem ser desprezadas, são chamados de sistemas dissipativos ou não conservativos. Nesse tipo de sistema, a energia mecânica total diminui progressivamente devido às perdas causadas pelas forças dissipativas. Por outro lado, em sistemas onde essas forças são inexistentes ou desprezíveis, denominados sistemas conservativos, a soma total da energia mecânica –

composta pelas parcelas de energia cinética e potencial – permanece constante, mesmo que essas energias se alternam ou coexistam.

Por meio dessa abordagem prática, os alunos puderam compreender de forma concreta os conceitos de conservação da energia, transformações de energia mecânica e dissipação de energia, aplicando esses conhecimentos de maneira dinâmica e interativa.

Resultados e discussões

Para alcançar o objetivo principal deste trabalho foi estabelecida uma parceria com uma escola estadual, localizada no município de Rio Branco, Acre. Essa parceria possibilitou o desenvolvimento do produto educacional proposto.

Os professores da escola participaram da pesquisa sem necessidade de se identificarem, sendo denominados, para fins de análise, como professor A, professor B, professor C, professor D e professor E. Além disso, com o objetivo de ampliar a amostra e enriquecer os resultados, dois outros professores se dispuseram a participar, sendo identificados como professor 1 e professor 2.

Os professores participantes possuíam licenciatura em Física, com alguns apresentando titulação de mestrado em ensino de física e atuavam no Ensino Médio, sendo vinculados à rede pública estadual e integrantes do quadro da escola parceira. A escolha desses profissionais baseou-se em fatores como disponibilidade e adesão voluntária, uma vez que aceitaram participar da pesquisa de maneira espontânea.

O Produto Educacional foi aplicado seguindo a sequência didática apresentada no Quadro 1 e com a realização de duas atividades: um minicurso e a aplicação de um questionário (Quadro 2), no

qual os professores registraram suas impressões sobre o material. O minicurso foi conduzido por meio da plataforma *Google Meet* (Google, 2024).

Quadro 2: O questionário respondido pelos professores identificados como A, B, C, D e E

Questão	Enunciado		
1	Qual sua experiência profissional como professores regentes?		
2	Comente sobre a clareza dos conteúdos sugeridos para trabalhar conceitos de energia mecânica, a organização, as atividades e o material orientador - sequência didática, deste produto educacional.		
3	Sobre a sequência didática desenvolvida para o estudo da energia mecânica transformações e conservação da energia mecânica.		
	Perguntas	Sim	Não
	O tempo é adequado?		
	Reduzir a carga horária?		
	Aumentar a carga horária?		
	Variar a carga horária em algum tema?		
4	Para Vygotsky (1982), o sujeito é ativo, ele age sobre o meio. Para ele, não há a “natureza humana”, a “essência humana”. Somos primeiro sociais e depois nos individualizamos. Com respeito ao conceito de Vygotsky o desenvolvimento do projeto de ensino realizado em grupos permite que os alunos:		
	Considerações	Sim	Não
	1 Possam interagir entre eles?		
	2 Consigam mudar a forma de reagir ante determinada situação influenciada por outros colegas?		
	3 O grupo atua como parte da sociedade?		
5	Em sua ação pedagógica, já trabalhou com algum instrumento como mecanismo facilitador para a mediação no processo de ensino e aprendizagem dos alunos nos conceitos de energia mecânica e suas transformações?		

Questão	Enunciado
6	A mediação, conceito central da obra de Vygotsky, é a intervenção de um elemento intermediário em uma relação. Assim sendo, enquanto mediador do conhecimento, considera importante inserir a construção e utilização da rampa de inclinação variável como instrumento mediador para trabalhar os conceitos de energia mecânica, transformações e conservação? Comente.
7	Quanto aos materiais utilizados na construção da rampa, considera acessível e de fácil manuseio? Comente.
8	Quais são as principais potencialidades (conteúdos que podem ser trabalhados) que você encontrou nesse produto?
9	Vygotsky acredita que a mediação é o instrumento através do qual se dá a internalização dos instrumentos e signos que dão significado ao conhecimento. O instrumento é aquilo que pode ser usado para fazer alguma coisa, enquanto o signo que pode ser, por exemplo, uma palavra ou um gesto, é aquilo que pode representar alguma coisa e pode ser indicador, icônico ou simbólico. Nesse sentido, considera que a utilização deste produto educacional, para trabalhar conteúdos de física com os alunos em sala de aula, cumpre seu papel ao qual se destina? Comente.
10	Você usaria esse material didático em suas aulas? Comente.
11	Quais as principais dificuldades que você encontrou neste produto educacional?
12	Apresente sugestões que considere pertinentes para melhoria deste produto educacional, em versões futuras.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O minicurso teve como finalidade apresentar o produto educacional aos professores, explicando que a atividade buscava validar a pesquisa. Durante o encontro, foram destacadas as principais características do produto educacional, as potencialidades e os objetivos dos temas abordados nas aulas previstas na sequência didática.

Ao longo do minicurso, analisaram-se os conceitos fundamentais da Teoria de Aprendizagem de Vygotsky (1984; 1987), com ênfase

se em aspectos como apropriação, mediação simbólica e linguagem, incluindo o uso de instrumentos e signos. Além disso, discutiram-se as competências da BNCC relacionadas ao tema de energia e as transformações, conforme abordadas no desenvolvimento da sequência didática.

O questionário aplicado aos professores participantes (Quadro 2) e as observações feitas durante o minicurso permitiram uma análise detalhada do produto. Os professores, com experiência docente entre 3 e 10 anos, destacaram aspectos positivos da sequência didática, como a clareza, a organização e o potencial para adaptações, ressaltando que qualquer professor com formação em Física pode aplicá-la com sucesso em sala de aula. Todos afirmaram que o tempo proposto para o desenvolvimento das aulas é adequado.

A sequência didática foi considerada eficiente na abordagem dos conceitos de energia mecânica, suas transformações e conservação, facilitando a conexão entre teoria e prática. A descrição detalhada do material e das etapas para construção da rampa foi elogiada por sua clareza, permitindo o uso do produto de forma simples e adaptável às necessidades específicas de cada contexto escolar.

Baseando-se na teoria de Vygotsky, a pesquisa também abordou a relevância da mediação no ensino-aprendizagem. Os professores relataram que o uso da rampa de inclinação variável promove interação entre alunos, estimula a criatividade e facilita a compreensão de conceitos complexos. Eles destacaram que a visualização prática de conceitos abstratos, como energia cinética e energia potencial gravitacional, é essencial para o aprendizado. O produto foi alinhado ao conceito de “zona de desenvolvimento proximal”, onde o aprendizado ocorre com o apoio de um mediador mais experiente, no caso, o professor.

Os participantes consideraram o Produto Educacional viável, destacando sua capacidade de engajar os alunos e tornar os conceitos

teóricos mais acessíveis. A construção da rampa foi avaliada como prática e econômica, utilizando materiais de baixo custo e fácil aquisição. Contudo, os professores sugeriram incluir orientações detalhadas para prevenir acidentes durante a construção e uso do equipamento, além de listar materiais alternativos, sugestões que foram incorporadas ao material produzido.

Dois professores externos também avaliaram o produto educacional e destacaram a clareza do passo a passo para montagem da rampa e sua aplicabilidade no ensino de diversos conceitos físicos, como lançamentos, colisões e transferências de energia. Eles reforçaram a relevância do produto, apontando que os materiais podem ser reaproveitados, contribuindo para a sustentabilidade e viabilidade do projeto em escolas públicas.

Os relatos indicaram que o produto educacional cumpre seu objetivo ao facilitar a mediação do conhecimento, promovendo uma aprendizagem colaborativa e prática. A rampa foi considerada uma ferramenta eficaz para aproximar os alunos dos conceitos físicos, promovendo maior engajamento e protagonismo no processo de aprendizado. A utilização está alinhada às diretrizes da BNCC, que valoriza o desenvolvimento de competências e habilidades por meio de práticas pedagógicas inovadoras.

A análise final revelou que o produto foi bem avaliado pelos professores, que identificaram seu potencial para enriquecer o ensino de Física no Ensino Médio. Apesar dos dados não representarem uma generalização, os resultados indicam que o uso da rampa é uma estratégia pedagógica eficaz, capaz de tornar o ensino mais interativo, prático e relevante, auxiliando no desenvolvimento de competências e habilidades nos alunos. Logo, o trabalho mostrou ser uma ferramenta interessante para aprimorar o ensino de Física a nível médio.

Considerações finais

A proposta deste trabalho foi desenvolver um produto educacional direcionado aos professores de Física, utilizando materiais alternativos e de fácil acesso, com o objetivo de abordar conteúdos relacionados à energia mecânica por meio de uma rampa de inclinação variável. A intenção foi contribuir com o processo de ensino e aprendizagem de alunos do Ensino Médio, oferecendo uma ferramenta prática e acessível que atua como instrumento de mediação de conteúdos, promovendo uma maior compreensão dos fenômenos físicos, especialmente no estudo de energia mecânica.

O desenvolvimento desse produto educacional considerou não apenas a aquisição de novos conhecimentos, mas também o estímulo ao desenvolvimento de habilidades dos alunos, promovendo a interação e o trabalho em grupo. A atividade coletiva possibilitada pelo uso da rampa favorece o diálogo e a interação entre professor e alunos, criando um ambiente mais dinâmico e colaborativo.

Embora o produto tenha sido inicialmente concebido para aulas presenciais, sua flexibilidade permite adaptações para o ensino remoto. O professor pode confeccionar a rampa seguindo o passo a passo apresentado no material, utilizar fotografias para ilustrar o modelo aos alunos e, em seguida, aplicar as atividades propostas na sequência didática. Essa versatilidade amplia seu alcance, independentemente do formato de ensino adotado.

Além de explorar diversos conceitos relacionados à energia mecânica, o produto educacional foi planejado para permitir adaptações e a criação de novas atividades por parte dos professores. A rampa de inclinação variável oferece possibilidades pedagógicas que vão além do tema principal, podendo ser aplicada em outros conteúdos como lançamentos horizontais e oblíquos, queda livre, colisões e medição da aceleração da gravidade, entre outros.

Com essa proposta, espera-se que o projeto não apenas contribua para o ensino de Física, mas também sirva como uma fonte de inspiração para outros professores, incentivando o uso de metodologias inovadoras e acessíveis no ensino de ciências. A rampa de inclinação variável tem potencial para enriquecer as práticas pedagógicas, promovendo um aprendizado mais significativo, interativo e contextualizado para os alunos.

Referências

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Educação é a Base. Brasília, DF: Ministério da Educação, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/base-nacional-comum-curricular-bncc>. Acesso em: 27 dez. 2024.

BRASIL. **Lei n.º 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Presidência da República, [1996]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em: 29 dez. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **Covid-19**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/covid-19>. Acesso em: 27 dez. 2024.

FREITAS, Maria de Fátima Quintal de. Contribuições da Psicologia Social e Psicologia Política ao desenvolvimento da Psicologia Social Comunitária. **Psicologia e Sociedade**, São Paulo, v. 8, n. 1, p. 63-82. Abrapso, 1996.

GOOGLE. **Google Meet**: videoconferências e ligações na Web. Google Workspace, 2024. Disponível em: <https://workspace.google.com/intl/pt-BR/products/meet/>. Acesso em: 29 dez. 2024.

MOYSÉS, Lúcia. **Aplicações de Vygotsky à educação matemática**. 11 ed. Campinas: Papirus, 2012.

OLIVEIRA, Mario Luiz de. **Rampa de inclinação variável: um instrumento para a mediação simbólica no ensino de energia mecânica.** Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2021. 140 f. Disponível em: <http://www2.ufac.br/mnpef/menu/dissertacoes/turma-de-2019/mario-luiz-de-oliveira.pdf>. Acesso em: 29 dez. 2024.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David. **Física 1.** Rio de Janeiro: LTC, 1979.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **A construção do pensamento e da linguagem.** Tradução: Paulo Bezerra. 2 ed. São Paulo: Editora WMF Martins Fontes, 2009.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **A formação social da mente.** São Paulo: Martins Fontes, 1984.

VYGOTSKY, Lev Semenovich. **Pensamento e linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 1987.

VYGOTSKY, Lev Semenovich; LEONTIEV, Alexander Romanovich; LEONTIEV, Alex. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem.** São Paulo: Ícone/Edusp, 1988.

3 | Plataformas para o ensino de física

Adenilson Avelino Franco¹⁰
Carlos Henrique Moreira Lima¹¹
José Higinio Dias Filho¹²
Jorge Luis López Aguilar¹³

-
- 10 Professor de Física vinculado à Secretaria de Estado de Educação, Cultura e Esportes (SEE/AC), <http://lattes.cnpq.br/4161365590668350>. E-mail: adenilson.avelino@gmail.com.
- 11 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/1962882039619648>. E-mail: carlos.lima@ufac.br.
- 12 Docente na Universidade Estadual de Montes Claros (UNIMONTES), <http://lattes.cnpq.br/7405408154790004>. E-mail: jhiginod@gmail.com.
- 13 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/4961092600223927>. E-mail: jorge.aguilar@ufac.br.

Introdução

As aulas de física de natureza experimental desempenham um papel crucial no aprendizado e na compreensão dos conceitos e princípios de física. Elas oferecem uma abordagem prática, permitindo que os estudantes vivenciem diretamente os fenômenos físicos, realizem experimentos, coletem dados e analisem resultados. O mais importante das aulas de física experimental é a compreensão dos conceitos teóricos, o desenvolvimento de habilidades práticas, o pensamento crítico, a resolução de problemas, a estimulação do interesse e a consciência da natureza da ciência. Elas desempenham um papel fundamental no desenvolvimento de uma compreensão profunda dos princípios da física e na preparação dos estudantes para a aplicação prática dos conhecimentos científicos.

Observamos que a execução da parte experimental da disciplina de física tem sido muitas vezes negligenciada durante o Ensino Médio, seja por falta de um ambiente de laboratório ou infraestrutura necessária para a realização de experimentos. Através da experimentação laboratorial é possível ter uma melhor visualização do que acontece quando os fenômenos são observados.

Durante as aulas experimentais os alunos se sentem mais atraídos e prestam mais atenção na aula ao ponto de não querer perder nenhum detalhe. Por consequente, eles tendem a fazer mais perguntas e questionamentos, sejam de dúvidas que tinham antes ou que surgiram durante a prática do experimento. Esta forma de aprendizado pela experimentação procura fazer com que os alunos vejam e olhem de forma diferente para a disciplina de Física, mostrando mais interesse pelo conteúdo e obtendo maior aprendizagem. Com a intenção de facilitar as práticas experimentais quando é limitada a utilização de equipamentos de bancada, a utilização de ferramentas tecnológicas como aplicativos e programas virtuais se tornam neces-

sárias. Neste trabalho foram pesquisadas e aplicadas várias ferramentas para o trabalho experimental e após vários testes foram escolhidos dois programas para auxiliar na compreensão dos experimentos como, o *PhET* que é uma plataforma que utiliza simulações interativas de experimentos físicos e o *Tracker* que é outro programa baseada num software que utiliza imagens e vídeos de fenômenos físicos e a partir daí é possível obter dados experimentais. Esses dados podem ser analisados com vários modelos físicos inseridos no programa e assim obter vários parâmetros de interesse.

Esses programas constituem as plataformas de ensino de física que podem auxiliar os professores na hora do desenvolvimento das atividades experimentais, saindo da parte teórica e indo para prática por meio digital, sem a necessidade de qualquer bancada ou aparato. O uso dessas plataformas de ensino como meio do processo de aprendizagem no ensino de física precisa ligar conceitos, práticas experimentais e aplicações, de forma que não haja uma aprendizagem meramente mecânica, mas sim uma aprendizagem significativa, por isso a forma de ensinar é de fundamental importância:

Por ser uma ciência experimental e de conceitos abstratos, a Física torna-se uma disciplina peculiarmente de difícil compreensão para os alunos. No Ensino Médio tal característica apresenta proporções significativas, o que dificulta uma associação com o mundo real e, por conseguinte, o interesse pelo aprendizado da disciplina. (Santos, 2006, p. 1).

Às vezes uma das plataformas pode ser utilizada para captar a parte experimental real (por vídeo, imagem ou dados) e simular o mesmo experimento com outra plataforma. É importante salientar que o uso simultâneo de várias plataformas para um mesmo experimento dá segurança ao aluno em relação à aprendizagem dos conteúdos de física abordados. Para ter acesso a essas plataformas de ensino e utilizá-los é necessário ter acesso à *internet* no computador ou *notebook*. O programa *PhET* pode ser acessado nos celulares, o que facilita experimentos de simulação. No caso de a escola não dispor

de uma sala de informática, apenas experimentos que utilizam um smartphone serão trabalhados. Após várias análises da viabilidade de execução, os seguintes experimentos foram escolhidos para serem trabalhados, pêndulo simples e Interferência da Luz. Os experimentos podem ser realizados usando as plataformas *PhET* e *Tracker*.

Fundamentação teórica

Para acompanhar o uso das plataformas foi utilizado uma metodologia de ensino aprendizagem do autor David Paul Ausubel, que desenvolveu um modelo de aprendizagem chamado Teoria da Aprendizagem Significativa, que é quando uma nova ideia é relacionada aos conhecimentos inerentes que o aluno já tinha antes, ou seja, os conhecimentos prévios que ele tem sobre determinado assunto apresentada pelo professor, durante esse processo de aprendizagem, o estudante ao adquirir novos conhecimentos ele consegue ampliar e atualizar a informação anterior, desta forma atribuindo novos significados a seus conhecimentos (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

Também abordamos o princípio sociointeracionista desenvolvido por Vygotsky, nele ocorre a valorização do trabalho em grupo, visto que, os alunos iriam trabalhar em grupos com a finalidade de haver maior desenvolvimento entre eles e consigam fazer com que a troca de informações e conhecimentos obtidos por eles sejam socializados de maneira colaborativa e dinâmica (Vygotsky, 1998).

O ensino de Física, fundamentalmente, objetiva fazer com que o educando aprenda a entender e compreender que tipos de fenômenos estão por trás de tal manifestação da natureza, e a partir disso saber viver na sociedade em que está inserido com os recursos que a ciência e a tecnologia oferecem.

Também, em nossa experiência docente, percebemos que o aluno de Ensino Médio não interage satisfatoriamente quando tratamos de assuntos relacionados à Física. Consideram os conteúdos trabalhosos, com muitas fórmulas de difícil compreensão e não os relacionam ao desenvolvimento científico aos quais tem contato diariamente, em torno das mais variadas áreas da Ciência. (Calheiro; Garcia, 2014, p. 2)

Segundo David Paul Ausubel “O cognitivismo procura descrever, em linhas gerais, o que sucede quando o ser humano se situa, organizando o seu mundo, de forma a distinguir sistematicamente o igual do diferente” (Moreira; Masini, 1982). Então a teoria da aprendizagem significativa se enquadra como cognitivista, pois credita o processo de aprendizagem como sendo o resultado da interação e da organização do material instrucional na estrutura cognitiva do indivíduo (Moreira, 1999).

Aprendizagem significativa é o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira não arbitrária e substantiva (não literal) à estrutura cognitiva do aprendiz. aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento (Moreira, 2011).

Ausubel é um representante do cognitivismo e, como tal, propõe uma explicação teórica do processo de aprendizagem, segundo um ponto de vista cognitivista, embora reconheça a importância da experiência afetiva. Segundo Ausubel (1968) todo aluno já tem algum conhecimento prévio que já o traz consigo, os quais, Ausubel chama de construto cognitivista e que os professores devem trabalhar em cima desses conhecimentos prévios, fazendo com que o conteúdo já existente no aluno se relacione com a nova informação com um aspecto relevante da estrutura de conhecimentos do indivíduo, neste processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específico, a qual Ausubel define como conceitos sub-sunçores.

Para Ausubel, os subsunçores são estruturas de conhecimentos específicos que, dependendo da forma e da frequência com que se dá a aprendizagem significativa, podem ser mais ou menos abrangentes em conjunto com um dado subsunçor. A partir do momento em que uma nova informação se ancora em conceitos relevantes preexistentes na estrutura cognitiva de quem aprende, ocorre uma nova aprendizagem, uma aprendizagem significativa, dessa forma ambos os conhecimentos podem ser ampliados e à medida que a aprendizagem começa a ser significativa, esses subsunçores vão ficando cada vez mais desenvolvidos e elaborados sendo capazes de ancorar novas informações.

Em um trabalho experimental é muito valorizada a interação entre grupos que socializam as discussões e formulam julgamentos sobre o que está sendo observado ou experimentado com uma linguagem mais atraente. Essa forma de trabalhar se encaixa no princípio sociointeracionista formulado por Vygotsky (1998).

Segundo ele, o desenvolvimento cognitivo do aluno se dá por meio da interação social, ou seja, de sua interação com outros indivíduos e com o meio, e o pensamento verbal é aquele que nos ajuda a organizar a realidade em que vivemos. É por meio das palavras e da escrita que há um salto considerável no desenvolvimento da pessoa como ser humano que segue uma sequência fixa e universal de estágios.

No ambiente da escola segundo Vygotsky, o papel do professor em sala de aula é o de ser um mediador apresentando-se como um importante parceiro que tira dúvidas e incentiva desafios no decorrer do processo de ensino e aprendizagem, alguém que motiva o aluno para a construção de seu próprio aprendizado de seu ser. Na situação de uma educação inclusiva é necessário o enriquecimento do ambiente de aprendizagem, dos recursos e meios a serem utilizados e não em uma educação empobrecida, como era comum se encontrar

em escolas especiais. Vygotsky considera que a deficiência, defeito ou problema não constituem, em si, um impedimento para o desenvolvimento do indivíduo. A princípio todo mundo poderia aprender sobre um conteúdo aprimorando a interação entre indivíduos.

Cada aluno possui a sua metodologia (maneira de ver, de sentir e de reagir) para realizar a construção do conhecimento, desta forma possuindo reações diferentes em seu aspecto cognitivo, quando lhe é apresentado um novo conteúdo em sala de aula. Assim, torna-se necessário buscar métodos que considerem essa característica dos alunos.

Há uma íntima relação entre desvendar como o estudante aprende e compreende as variáveis que influenciam a aprendizagem, e desvendar o que fazer para auxiliar o estudante a aprender/estudar melhor (Ausubel; Novak; Hanesian, 1980).

O aluno aprende por meio da conjugação sistemática destes dois mecanismos: diferenciação progressiva de conceitos mais gerais e abrangentes que vão-se diferenciando e especificando cada vez mais; e reconciliação integradora entre conceitos já suficientemente diferenciados e especificados para originarem conceitos mais gerais (Valadares, 2011)

Uma unidade de ensino potencialmente significativa (UEPS), proposta por Moreira (2011), é uma sequência didática de ensino voltada para a aprendizagem significativa, cuja fundamentação teórica está voltada principalmente à teoria de aprendizagem de David Ausubel (1968).

No decorrer da aplicação do trabalho enfatizamos o papel da linguagem e do processo histórico social no desenvolvimento do indivíduo. Sua questão central para aprender é a aquisição de conhecimentos pela interação do sujeito com o meio como investigado por Vygotsky. A pessoa quando está em desenvolvimento necessita de atividades específicas que proporcionem o aprendizado, pois seu desenvolvimento é dependente dessa aprendizagem por intermédio

das experiências e interações em que foi submetida. O professor neste caso é o mediador desse processo, por ser o mais experiente e planejar suas intervenções.

Produto educacional e metodologia de implementação

O produto educacional é uma sequência didática na qual é incluso um material de apoio elaborado a partir de uma pesquisa com a finalidade de proporcionar uma ferramenta metodológica de ensino experimental baseada numa sequência didática aos professores da rede pública de ensino. A sequência neste caso para duas experiências é dividida em quatro momentos (Quadro 1).

Quadro 1: Momentos da sequência didática.

Nº de encontros	Temas	Procedimento didático	Tempo (Minutos)
1	Uso dos aplicativos e programas	Aula de demonstração, uso e aplicação em fenômenos físicos.	60
2	Execução das atividades experimentais 1	Aula com atividade prática usando os programas PhET e Tracker	180
3	Seminário e roda de conversa	Apresentação de seminário sobre os experimentos praticados e uma roda de conversa	60
4	Aplicação de um questionário Pós-teste	Aplicação de um questionário para avaliar o uso das ferramentas digitais como auxílio durante as aulas	60
Total:			360

Fonte: Elaborado pelos autores.

O material relaciona atividades práticas utilizando plataformas didáticas de ensino composto por aplicativos de celular e programas de simulação e de análise na qual a metodologia utilizada segue as teorias de Aprendizagem Significativa de Ausubel. As atividades experimentais constituídas por roteiros nos quais mostra a realização de quatro práticas de diversos conteúdos, desde mecânica a ondas eletromagnéticas.

O Produto visa despertar o interesse dos alunos quanto à disciplina de física e que venha a contribuir no processo educacional do ensino aprendizagem no conteúdo do pêndulo simples e interferência da luz.

Roteiros experimentais

Proposta de utilização dos roteiros

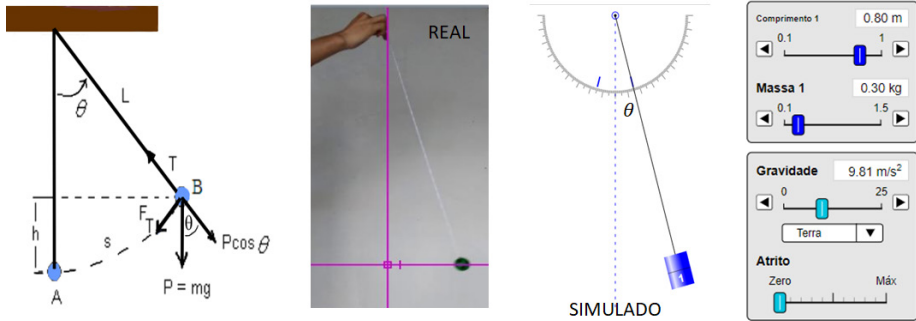
Deve-se utilizar as técnicas de obtenção, tratamento e análise dos dados dos experimentos da prática laboratorial de Física, embora haja também acesso virtual, todos os passos adotados para as aquisições de dados seguem o mesmo princípio de um laboratório físico experimental, bem como a apresentação de resultados na forma de relatório. O computador/*notebook* e *smartphone* é parte integrante do laboratório e é sempre utilizado na aquisição e análise de dados, assim como de gráficos.

Experimento 1: Pêndulo Simples

É um sistema mecânico que efetua um movimento oscilatório em torno de uma posição fixa (Figura 1) com um período de oscilação T e amplitude θ .

Objetivo: Determinar o valor da aceleração da gravidade, g , que pode ser obtida analisando a oscilação da massa m num experimento real ou num simulado (*PhET*).

Figura 1: diagrama do pêndulo simples na forma real e simulado.



Fonte: Acervo Adenilson Avelino Franco (2023).

O período do pêndulo é independente da massa (ou objeto) pendurado na extremidade do fio. Isso significa que pêndulos com diferentes massas (m), mas com o mesmo comprimento (L) e sob a mesma força gravitacional, terão o mesmo período (T). No pêndulo simples a força restauradora é a força tangencial (F_T)

$$F_T = -P \cdot \text{sen} \theta = -mg \cdot \text{sen} \theta \quad (1)$$

Pela lei de Newton

$$F_T = m \cdot a_T \rightarrow m \cdot a_T = -mg \cdot \text{sen} \theta \rightarrow a_T + g \cdot \text{sen} \theta = 0 \quad (2)$$

A aceleração tangencial pode ser expressa por: $a_T = m \cdot \frac{d^2 \theta}{dt^2}$ e para pequenos ângulos: , logo $\text{sen} \theta \approx \theta$, logo $\frac{d^2 \theta}{dt^2} + \omega^2 = 0$ e a equação tem uma solução dada por:

$$\theta(t) = \theta_o \text{sen}(\omega t + \varphi) \quad (3)$$

Onde $\omega = \frac{2\pi}{T} = \sqrt{\frac{g}{L}}$ daqui podemos calcular o valor de g :

$$g = \omega^2 L \quad (4)$$

O movimento de um pêndulo simples pode ser filmado e o vídeo da oscilação pode ser analisado com o programa *Tracker*. Esse programa permite análise *in-situ* do movimento oscilatório e extrai dados experimentais que são ajustados com uma função senoidal e obter parâmetros físicos.

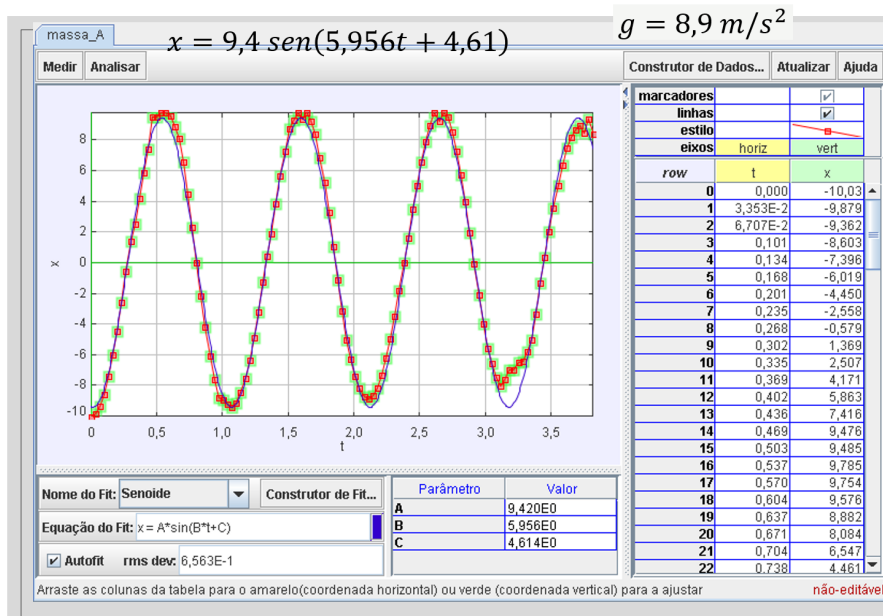
Também, o movimento oscilatório pode ser simulado igual que um experimento real, neste caso usamos o programa *PhET* que simula o movimento de um pêndulo (Figura 1). Os dois programas podem ser usados simultaneamente com os mesmos parâmetros de entrada e comparar o valor de g de ambos.

Na Figura 2 observamos o ajuste dos dados reais obtidos para um pêndulo. Nesta Figura observamos a oscilação experimental (pontos) e o ajuste (linha) usando uma função senoidal da equação 3 na qual θ é igual a x . Os valores obtidos após o melhor ajuste foram

$$\theta(t) = 9,4 \text{sen}(5,96t + 4,61) \quad (5)$$

Aqui o valor da frequência angular $\omega = 5,96 \text{ rad/s}$ para um comprimento do fio de $L = 0,25 \text{ m}$, com esses valores e usando a equação 4 o valor de g foi $8,9 \text{ m/s}^2$.

Figura 2: Oscilação filmada (pontos) e o ajuste (linha).



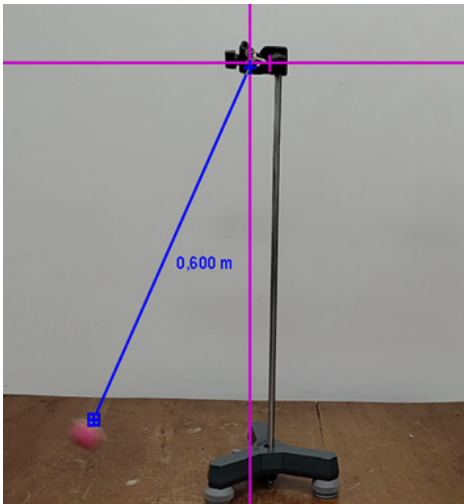
Fonte: Acervo Adenilson Avelino Franco (2023).

Quando usamos o programa simulador *PhET* para um comprimento da corda de $L = 0,25 \text{ m}$ e massa $m = 0,30 \text{ kg}$ o valor de g é $9,81 \text{ m/s}^2$. Num experimento real temos que minimizar os erros sistemáticos e atmosféricos que podem influenciar no valor da aceleração da gravidade g .

Prática 1

Na Figura 3 observamos a montagem experimental usual para a experiência de um pêndulo simples e o objetivo é calcular o valor de g utilizando os procedimentos mencionados abaixo.

Figura 3: Montagem de um pêndulo simples.



Fonte: Acervo Adenilson Avelino Franco (2023).

Procedimentos

- a) Fixe o pêndulo em um ponto alto e deixe-o em repouso.
- b) Solte o pêndulo de um ângulo pequeno e cronometre o tempo que ele leva para completar uma oscilação completa.
- c) Repita o procedimento para diferentes comprimentos de corda (L) com uma massa (m) fixa, meça o tempo para cada oscilação e anote na tabela, depois calcule a aceleração da gravidade (g), utilizando a equação 4.

Tabela 1: Comprimento (L), período (T) e aceleração (g).

Comprimento – L	Massa – g	T (s)	g (m/s^2)

Fonte: Franco (2023).

d) Calcule o valor da aceleração da gravidade (g) usando a equação 4 na qual o valor de g está relacionado com o período de oscilação (T) e observar se a massa influencia no período de oscilação.

Tabela 2: Comprimento (L), período (T) e aceleração (g).

Massa - m (g)	Comprimento (L)	T (s)	g (m/s ²)

Fonte: Elaborado pelos autores.

e) Após registrar os dados obtidos na Tabela 1 e 2, analise a relação entre o comprimento do pêndulo, a massa e o período de oscilação.

f) Plote um gráfico com os dados obtidos na Tabela 1 e 2.

g) Faça regressão linear com os pontos representados no gráfico e obtenha a inclinação da curva (o que significa a inclinação desse gráfico?).

h) Se o comprimento do fio do pêndulo for maior, o que acontece com o período?

i) Se a força restauradora do pêndulo se anular no ponto mais baixo da trajetória, por que o pêndulo continua o movimento oscilatório?

j) Segundo você, o que poderia ser feito para que o valor de g encontrado no experimento seja mais próximo do valor conhecido?

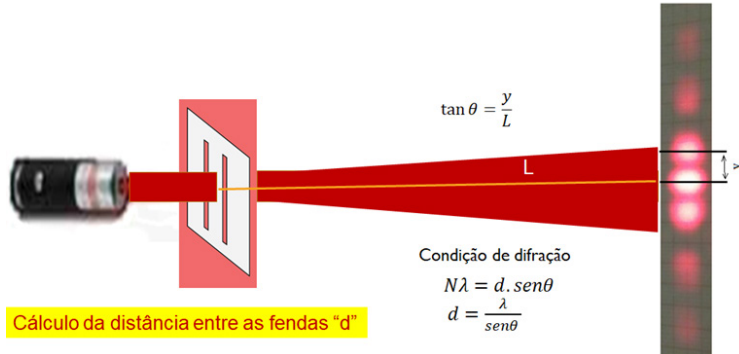
k) Fazer os procedimentos anteriores usando o programa *PhET*.

Experimento 2: Interferência da luz

A luz interferida por uma ou duas fendas produz padrões de franjas claras e escuras e esse comportamento é uma característica ondulatória da luz. A descoberta da interferência da luz teve implicações significativas no entendimento da natureza da luz e na evolução da óptica como uma ciência fundamental.

A interferência ocorre devido à superposição das ondas de luz, onde as cristas de uma onda se encontram com as cristas ou com os vales de outra onda. Dependendo da diferença de fase entre as ondas, ocorrerá interferência construtiva ou interferência destrutiva das ondas. Na interferência de fendas duplas, a luz passa por duas fendas muito próximas e forma um padrão de franjas de interferência no plano de observação (Figura 4).

Figura 4: Interferência por fenda dupla.



Fonte: Acervo Adenilson Avelino Franco (2023).

As intensidades luminosas que incidem no anteparo na forma de padrão linha está relacionada com a diferença de caminho percorrida pelas duas fontes, D_1 e D_2 , que atingem o mesmo ponto no anteparo, onde a interferência construtiva ocorrerá se a diferença de trajeto for:

$$D = (D_1 - D_2) = N \quad (6)$$

onde, $N = 1, 2, 3, \dots$, forem números inteiros N de comprimento de onda (λ). Ocorrera interferência destrutiva (parte escura do padrão) se a diferença de caminho das duas fontes for:

$$(D_1 - D_2) = (N + \frac{1}{2}) \quad (7)$$

sendo $N = 0, 1, 2, 3, \dots$

Como a diferença de caminho é:

$$D = d \cdot \text{sen} \quad (8)$$

Então a interferência ocorrera no caso de:

$$N = d \cdot \text{sen} \quad (9)$$

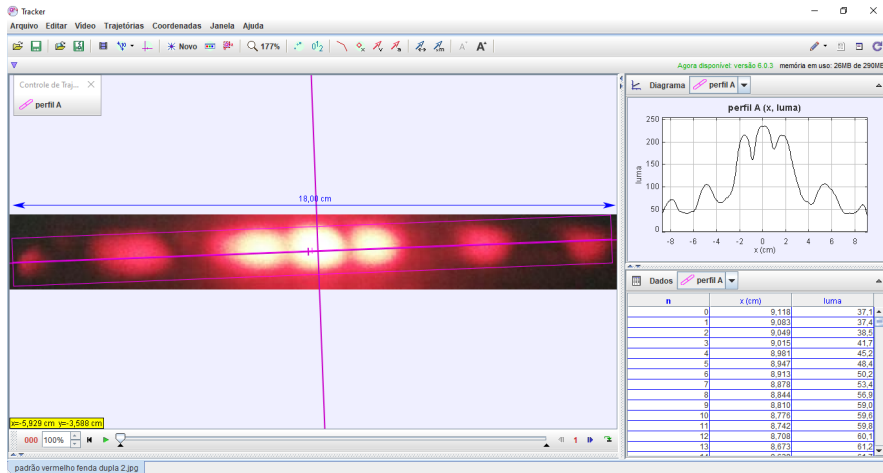
Então a distância entre as fendas será:

$$d = \frac{N \cdot \lambda}{\text{sen}\theta} \quad (10)$$

Consideremos a geometria da figura 4 para poder simplificar os cálculos e calcular d . para pequenos ângulos $\text{sen}\theta \approx \tan\theta$.

Com o programa *Tracker* calculamos as intensidades da luminosidade dos padrões de interferência como visto na figura 5.

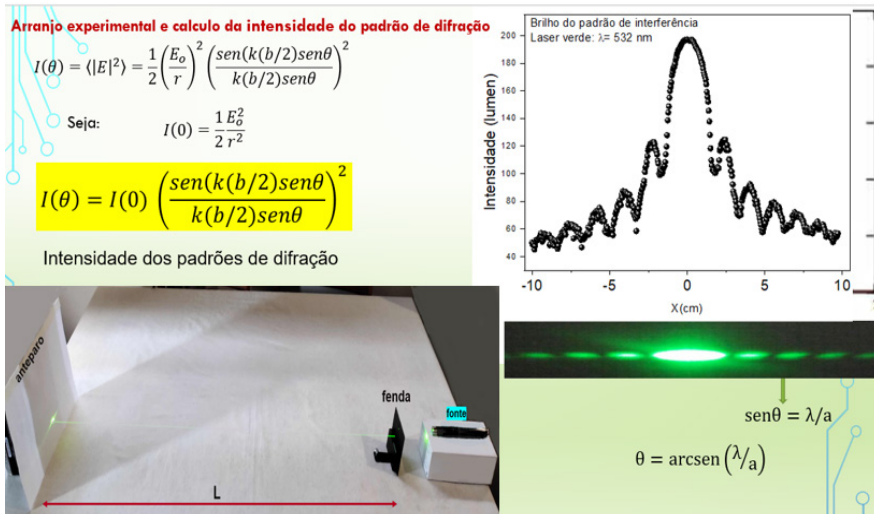
Figura 5: Forma de usar o programa Tracker para calcular as intensidades.



Fonte: Acervo Adenilson Avelino Franco (2023).

Para o caso de uma fenda simples observamos a intensidade do padrão de interferência $I(\theta)$ produzido pela luz do laser com comprimento de onda de 532 nm foram analisadas com o programa Tracker que mapeia a luminosidade de cada padrão (Figura 6).

Figura 6: Montagem experimental da interferência da luz.

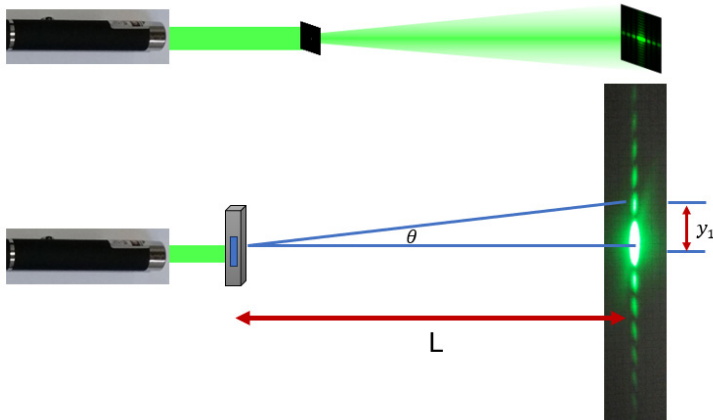


Fonte: Acervo Adenilson Avelino Franco (2023).

Resultados e discussões

Cálculo da abertura de uma fenda simples de um padrão de interferência para um comprimento de onda do laser verde de $532nm$ (Figura 7). Pela geometria já mencionada podemos fazer os cálculos.

Figura 7: Cálculo da abertura de uma fenda simples.



Fonte: Acervo Adenilson Avelino Franco (2023).

Da geometria da Figura 7 considerando que a distância $L \gg y_1$, neste caso podemos fazer a seguinte aproximação:

$$\text{sen}\theta \approx \tan\theta = \frac{y_1}{L} \quad (11)$$

e substituindo essa expressão na condição de difração:

$$a \cdot \text{sen}\theta = N\lambda \quad (12)$$

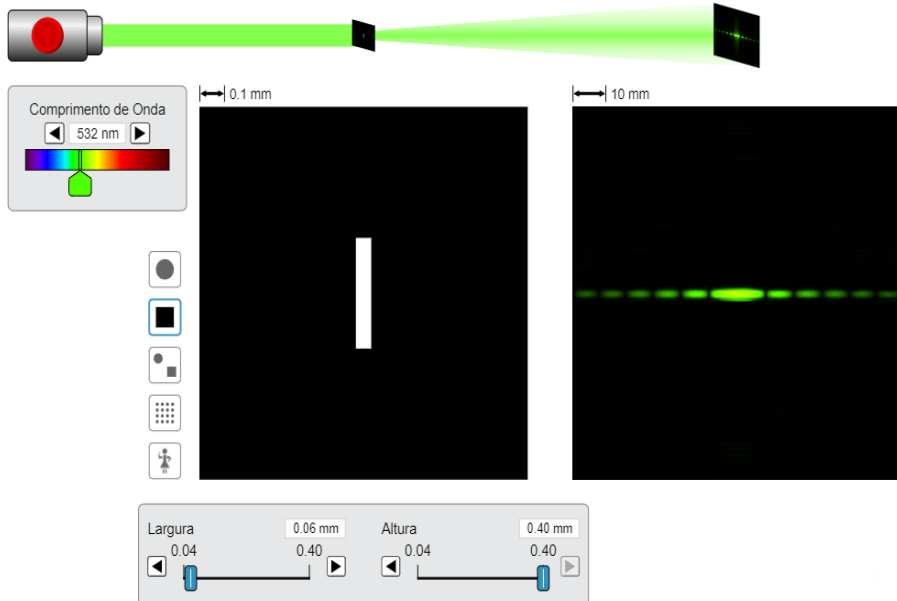
Obtemos o valor da abertura da fenda:

$$a = \frac{y}{\text{Sen}\theta} = \lambda \cdot \frac{L}{y_1} \quad (13)$$

na qual λ é o comprimento de onda da luz de laser usado.

Por outro lado, usamos o programa de simulação *PhET* para visualizar o experimento por fenda simples que pode ser observada na Figura 8.

Figura 8: Arranjo experimental e padrão de difração usando o *PhET*.



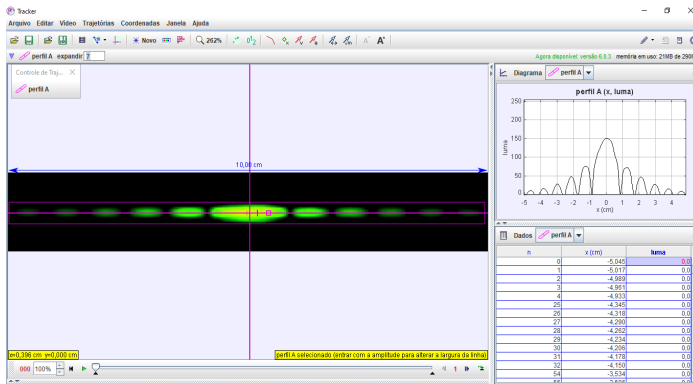
Fonte: Acervo Adenilson Avelino Franco (2023).

Nessa Figura 8 observamos alguns parâmetros fixados como a luz do laser verde em 532 nm , largura da abertura da fenda em $0,06\text{ mm}$. Nesta Figura na parte superior da Figura pode ser visto o arranjo experimental com a fonte do laser, a fenda e o anteparo na qual observamos o padrão de difração e interferência.

Quando usamos o programa *Tracker* para analisar o brilho do padrão de difração e interferência na Figura 9 observamos que a intensidade do brilho é semelhante ao do modo real do padrão de difração e interferência, como visto na imagem abaixo (Figura 9). A

partir do ponto central observamos que as intensidades do lado esquerdo e direito são equivalentes que diminuem o brilho quando a interferência se afasta do centro.

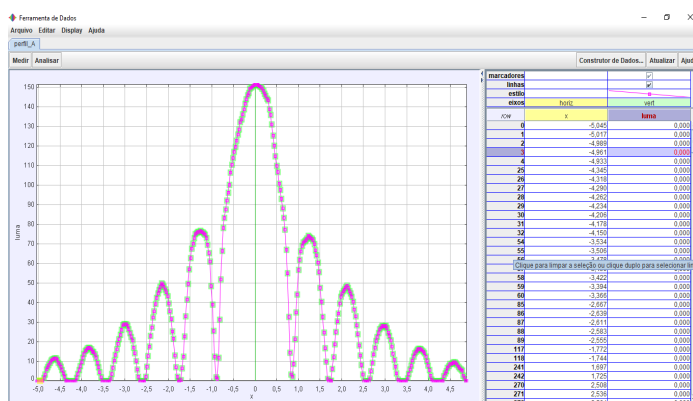
Figura 9: Análise do brilho do padrão de difração obtido do programa *PhET*.



Fonte: Acervo Adenilson Avelino Franco (2023).

A análise da intensidade do padrão de difração simulado pode ser realizada com o programa *Tracker* (Figura 10) e determinar a abertura da fenda. Correlacionar as intensidades do brilho dos padrões de ambos lados do ponto central.

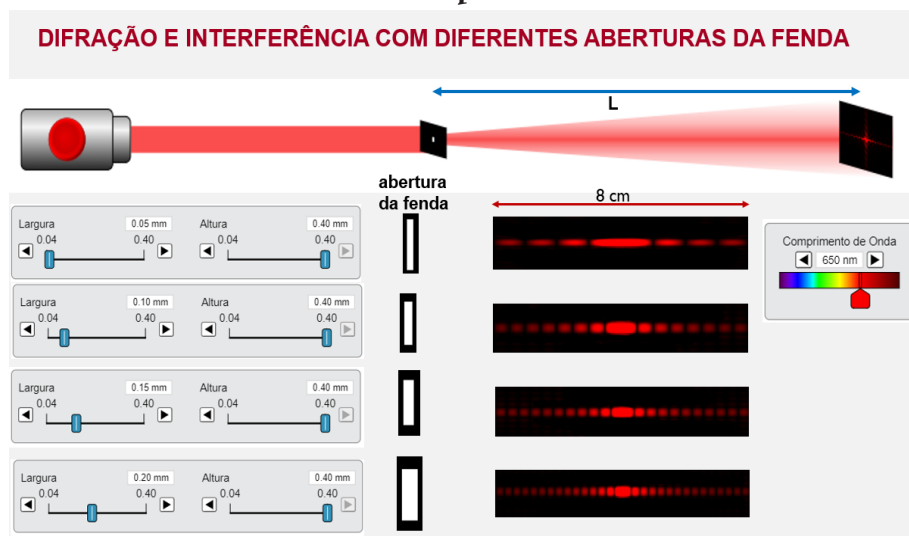
Figura 10: Análise do padrão de interferência simulado no *Tracker*.



Fonte: Acervo Adenilson Avelino Franco (2023).

Com o programa *PhET* podemos fazer um estudo completo usando diferentes aberturas de fenda simples (Figura 11). Quando a abertura da fenda varia de $0,05\text{ mm}$ até $0,20\text{ mm}$ os padrões de interferência vão sendo modificados para uma fonte de laser vermelho com .

Figura 11: Padrões de difração para diferentes aberturas da fenda simples.



Fonte: Acervo Adenilson Avelino Franco (2023).

Os resultados obtidos ao longo do presente estudo destacaram a importância de metodologias que integram práticas experimentais com o uso de plataformas digitais, proporcionando um aprendizado mais significativo no ensino de Física. A utilização dos programas *PhET* e *Tracker* permitiu explorar diferentes abordagens experimentais, unindo teoria e prática de forma interativa e acessível.

No experimento do pêndulo simples, o valor da aceleração da gravidade g foi obtido tanto em experimentos reais quanto por simulações. O valor experimental de $8,9\text{ m/s}^2$ apresentou uma discrepância em relação ao valor de referência, $9,81\text{ m/s}^2$, devido a fatores como erros sistemáticos e condições atmosféricas que impactaram

as medições. Por outro lado, a simulação realizada no *PhET* forneceu resultados mais precisos e consistentes com o valor padrão de g . Essa diferença permitiu aos estudantes compreenderem a relevância de minimizar erros experimentais e utilizar ferramentas digitais como recurso complementar para análise e validação de dados.

Além disso, os experimentos propostos demonstraram o potencial de aprendizagem colaborativa, conforme enfatizado pela teoria sociointeracionista de Vygotsky. Durante as atividades práticas, os estudantes trabalharam em grupos para coletar e interpretar dados, discutir resultados e elaborar conclusões. Esse processo de troca de informações promoveu uma maior integração entre os participantes, estimulando habilidades de comunicação, pensamento crítico e resolução de problemas. A interação entre pares revelou-se fundamental para o entendimento mais profundo dos conceitos de física, transformando a percepção dos alunos sobre a disciplina.

A abordagem pedagógica utilizada neste estudo foi estruturada com base na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. Essa perspectiva assegurou que os novos conhecimentos apresentados fossem relacionados aos conceitos prévios dos alunos, ampliando suas estruturas cognitivas de forma substancial. Durante as atividades, foi possível observar como os estudantes passaram a atribuir novos significados às informações adquiridas, evidenciando o fortalecimento dos chamados subsunçores cognitivos. Por exemplo, conceitos como movimento oscilatório e interferência da luz, inicialmente vistos como abstratos, tornaram-se mais concretos e acessíveis quando trabalhados por meio de experimentos práticos e simulados.

A viabilidade e acessibilidade das práticas experimentais propostas são outro ponto de destaque. Em contextos educacionais com recursos limitados, a possibilidade de realizar experimentos utilizando apenas um *smartphone* ou *notebook* representa uma so-

lução inclusiva e de baixo custo. As ferramentas digitais eliminaram a necessidade de infraestrutura laboratorial complexa, permitindo que escolas públicas ou com poucos recursos financeiros ofereçam experiências práticas de alta qualidade. Assim, a democratização do ensino experimental em Física foi amplamente favorecida, especialmente em regiões com desafios estruturais, como o interior do país.

No âmbito do desenvolvimento de habilidades científicas, os estudantes demonstraram progressos significativos. Durante a execução das práticas, foram capazes de realizar a coleta e análise de dados de forma autônoma, construir gráficos e interpretar resultados quantitativos e qualitativos. Essas competências foram reforçadas em apresentações orais e rodas de conversa, onde os alunos compartilharam suas experiências e reflexões, consolidando o aprendizado. A mescla entre teoria e prática proporcionou uma formação mais robusta, preparando os estudantes para lidar com problemas complexos de maneira integrada.

Por fim, a proposta metodológica apresentada neste estudo mostrou-se eficaz em superar desafios históricos associados ao ensino de Física, como a desconexão entre conceitos teóricos e aplicações práticas. A combinação de ferramentas digitais e práticas experimentais acessíveis fomentou maior interesse dos alunos pela disciplina, contribuindo para uma experiência de aprendizagem mais engajadora e significativa. Esses resultados reforçam a importância de metodologias inovadoras para transformar o ensino de Física em um processo dinâmico, inclusivo e relevante, com potencial de impacto positivo no desempenho acadêmico e na formação científica dos estudantes.

Considerações finais

O presente trabalho buscou explorar e implementar práticas experimentais no ensino de Física, utilizando plataformas digitais acessíveis como *PhET* e *Tracker*. A proposta metodológica demonstrou ser uma alternativa eficaz para superar barreiras tradicionais, como a escassez de infraestrutura laboratorial, e promover um aprendizado mais significativo e integrado.

Os resultados obtidos indicaram que o uso de ferramentas digitais potencializou o entendimento de conceitos teóricos e abstratos, como movimento oscilatório e interferência da luz. Além disso, as atividades práticas, fundamentadas nas teorias de aprendizagem significativa de David Ausubel e no princípio sociointeracionista de Vygotsky, favoreceram o desenvolvimento cognitivo, social e científico dos estudantes. A interação em grupo e a relação entre os novos conhecimentos e os conceitos prévios mostraram-se determinantes para o fortalecimento do processo de ensino-aprendizagem.

A viabilidade das práticas experimentais, mesmo em contextos escolares com recursos limitados, foi um dos aspectos mais relevantes deste estudo. A possibilidade de realizar experimentos utilizando *smartphones* e *notebooks* democratizou o acesso à experimentação, permitindo que escolas públicas e comunidades com infraestrutura precária pudessem oferecer experiências de alta qualidade aos seus estudantes. Essa abordagem reforça a ideia de que a inclusão de tecnologias educacionais pode ser um importante motor de transformação no ensino de Ciências, especialmente em regiões com desafios estruturais.

Além disso, a implementação das práticas contribuiu para o desenvolvimento de habilidades científicas, como a coleta e análise de dados, interpretação de gráficos e comunicação de resultados. Essas competências são fundamentais para a formação de cidadãos críti-

cos e conscientes, capazes de aplicar conhecimentos científicos em situações práticas e cotidianas. O engajamento e a evolução dos estudantes durante o processo também apontaram para uma mudança positiva na percepção sobre a Física, promovendo maior interesse e motivação pela disciplina.

Por fim, este trabalho reafirma a importância de metodologias ativas e inovadoras no ensino de Física, ressaltando o papel transformador das tecnologias digitais no contexto educacional. A integração de teoria e prática, aliada a uma abordagem pedagógica centrada no aluno, apresenta-se como um caminho promissor para o aprimoramento do ensino e aprendizagem. Estudos futuros poderão aprofundar a análise de impacto dessas metodologias, explorando sua aplicação em diferentes contextos e ampliando o repertório de práticas experimentais disponíveis para os educadores. A continuidade desse trabalho é essencial para consolidar uma educação científica de qualidade, inclusiva e alinhada às demandas do século XXI.

Referências

AUSUBEL, David Paul, **Educational psychology**: a cognitive view. Nova York: Holt, Rinehart e Winston, 1968.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Psicologia educacional**. 2. ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

CALHEIRO, Silvana; GARCIA, João Bernardes. **A física no Ensino Médio**: reflexões e práticas para o desenvolvimento científico. Belo Horizonte: Autêntica, 2014.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 1999, 129 p.

MOREIRA, Marco Antônio. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. *In: (Org.). Aprendizagem significativa em revisão*. 1. ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2011. p. 15-38.

MOREIRA, Marco Antônio; MASINI, Elcie Fortuna Salzano. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

SANTOS, Paulo Roberto De Oliveira. **Ensino de Física**: teoria e prática para a sala de aula. São Paulo: Cortez, 2006.

VALADARES, Jorge Manuel Coutinho. **Aprendizagem significativa**: a teoria de David Ausubel e sua prática em sala de aula. Coimbra: Almedina, 2011.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

4 | Instrumentação de aulas de gravitação com prática inovadora focada na Segunda Lei de Kepler

Henrique Melo Coimbra¹⁴
George Chaves da Silva Valadares¹⁵
Jhnefer da Silva Ribeiro¹⁶

14 Discente do Polo-59 do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) em 2023, <http://lattes.cnpq.br/2745163316864299>. E-mail: hmc paulo@gmail.com.

15 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac). <http://lattes.cnpq.br/4270930361104688>. E-mail: george.valadares@ufac.br.

16 Professora de Física vinculada à Secretaria de Estado de Educação, Cultura e Esportes (SEE/AC), <http://lattes.cnpq.br/9064079654164100>. E-mail: jhnefer12@gmail.com.

Introdução

A dificuldade de relacionar os conhecimentos cotidianos dos alunos ao estudo do movimento dos planetas, explicado pelas leis da gravitação e de Kepler, pode ser um obstáculo para o ensino desse tópico. Apesar de ferramentas como softwares que permitem manipular os movimentos planetários, ainda há um distanciamento do conhecimento prévio dos estudantes. Segundo Caruso (2002), esse distanciamento ocorre porque os alunos frequentemente têm medo das ciências naturais, e a criatividade é essencial nesse campo. A produção de materiais visuais, como gibis, é uma estratégia que pode tornar o aprendizado mais acessível e engajador, especialmente para os mais jovens (Kawamoto, 2014).

A utilização de ajustes nas imagens, como mudanças de escala, também contribui para facilitar a compreensão dos fenômenos (Francischett, 2011). Ferramentas digitais, quando utilizadas de forma intuitiva e interativa, são mais eficazes para promover um ensino mais engajado, especialmente em tempos de pandemia, quando a integração das mídias digitais no ensino tornou-se essencial (Sobaih *et al.*, 2020). A literatura digital, que envolve instrumentos de interação, oferece uma experiência mais rica que a literatura digitalizada, que é apenas uma versão virtual de materiais impressos (Araújo, 2020).

A aprendizagem significativa, conceito desenvolvido por David Ausubel, baseia-se na ideia de que o novo conhecimento se relaciona de forma substancial e não arbitrária com os conhecimentos pré-existentes do aluno (Ausubel, 1963). Essa abordagem envolve o uso de organizadores prévios para conectar os novos conteúdos com o que o aluno já sabe, facilitando a construção de uma compreensão mais profunda e duradoura (Moreira, 2009).

Fundamentação teórica

O ensino de física pode se beneficiar de métodos lúdicos, como experimentos, para aproximar os alunos dos conteúdos e despertar seu interesse (Araújo; Abib, 2003). Além disso, as produções gráficas feitas pelos próprios alunos são importantes, pois refletem suas percepções e pontos de vista, tornando o conteúdo mais significativo para eles. Ao aproximar o conteúdo de suas vivências, os alunos conseguem se relacionar de forma mais natural com os conceitos científicos.

A sinestesia, no contexto da educação, refere-se à experiência sensorial que combina diferentes formas de percepção, como quando o aluno constrói um modelo físico ou imagético e vivencia diretamente o processo de aprendizagem (Bergantini, 2019). Essa abordagem permite ao aluno explorar os conceitos de maneira mais profunda, ligando o novo conhecimento àquilo que já é familiar para ele, criando uma rede de associações que facilita a aprendizagem significativa.

No contexto da física, a sinestesia pode ser aplicada ao ensino através da construção de modelos que permitem ao aluno vivenciar e compreender conceitos abstratos, como as órbitas planetárias. A construção de uma elipse, por exemplo, pode ajudar o aluno a visualizar a órbita da Terra ao redor do Sol e a compreender melhor a relação entre os corpos celestes e suas trajetórias. Esse tipo de aprendizado, baseado na experiência direta, torna o conteúdo mais tangível e facilita a compreensão de fenômenos complexos.

Produto educacional e metodologia de implementação

O sistema educacional brasileiro pode adotar diferentes facetas em contextos amplos, desde o sistema público ao sistema privado, passando pelas escolas rurais e técnicas, as práticas adotadas em sala de aula caminham em direção do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) e moldam as formas como os professores balizam os conteúdos de acordo com esse modelo que é a porta de entrada principal do estudante no ensino superior.

As atividades que exploram o protagonismo do aluno como detentor do seu próprio saber têm sido o ponto chave para uma educação mais eficaz por colocar o aluno para aprender com o seu próprio ambiente e informações literais, palpáveis e próximas. A contextualização dos conteúdos e adaptação para a realidade da escola se torna essencial nesse sentido.

No percurso que avançam os estudos sobre a gravitação universal com os alunos do Ensino Médio, é escasso de práticas metodológicas que aproximem o aluno do conteúdo e o atraia. Normalmente, já é desafiador para o professor estar em constante adaptação nas salas de aula com ferramentas e métodos que convidem o interesse dos estudantes nas aulas e conteúdo de física. Pensando nessa aproximação, este trabalho surge para ajudar professores e alunos, a desenvolver habilidades que participem da construção dos saberes dentro do conteúdo aqui sugerido.

Este trabalho¹⁷ se propõe a auxiliar tanto docentes quanto discentes ao longo do desenvolvimento dos estudos dentro do conteúdo de gravitação universal. Este conteúdo se inicia nos modelos adotados ao longo da história para descrever a organização dos objetos

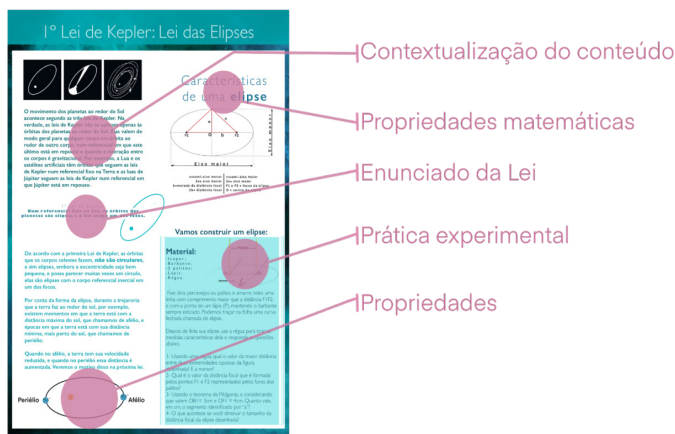
17 Manual completo e dissertação, disponível em: http://www2.ufac.br/mnpef/menu/dissertacoes/copy_of_turma-de-2019/paulo-henrique-melo-coimbra.pdf. Acesso em: 2 dez. 2024.

celestes e o nosso lugar nele. O formato desta proposta educacional conta com intervenção na forma de práticas em que os alunos construíram maquetes dos modelos astronômicos, modelos geométricos para entendimento das trajetórias e o motivo de sua revisão ao longo dos anos.

Este material conta também com um vídeo¹⁸ de orientação para a construção dos materiais e contido no mesmo arquivo, uma simulação que pretende auxiliar o entendimento dos conceitos mais robustos contidos nas leis de Kepler.

O produto oriundo deste trabalho pode ser usado diretamente em sala de aula destacando as partes que o aluno terá acesso direto (anexado ao produto completo) como a capa que é opcional, uma página instrutiva para cada uma das três leis de Kepler e uma página de molde para a prática da maquete. As páginas instrutivas de cada uma das leis são bem similares estruturalmente (Figura 1), contam com a contextualização da lei, o enunciado, a propriedade matemática e as instruções para a montagem das práticas experimentais.

Figura 1: Estrutura do manual, versão do aluno



Fonte: Acervo Paulo Henrique Melo Coimbra (2021).

18 Vídeo de tutorial de montagem das práticas nas aulas sobre Leis de Kepler: <https://youtu.be/MQO9H771ACA>.

Aplicação do produto

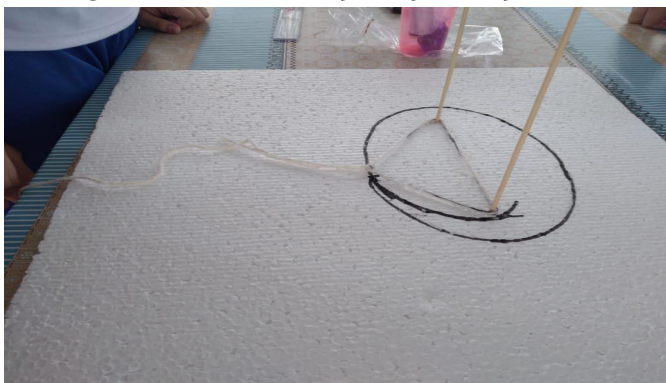
Após a distribuição dos kits para a prática, os alunos receberam um manual impresso, que foi lido em conjunto, e também uma versão digital em PDF, autorizando o uso de celulares durante a atividade. Foi explicado que um questionário seria respondido online após a prática. Em seguida, foi abordado o conteúdo das leis de Kepler, com uma breve contextualização histórica sobre sua origem. As três leis foram apresentadas, e a primeira delas foi lida e discutida, juntamente com o conceito de elipses, utilizando conhecimentos prévios de matemática sobre essa figura geométrica e destacando a importância dos focos, que seriam fundamentais para a atividade seguinte.

Figura 2: Aula com aplicação do produto



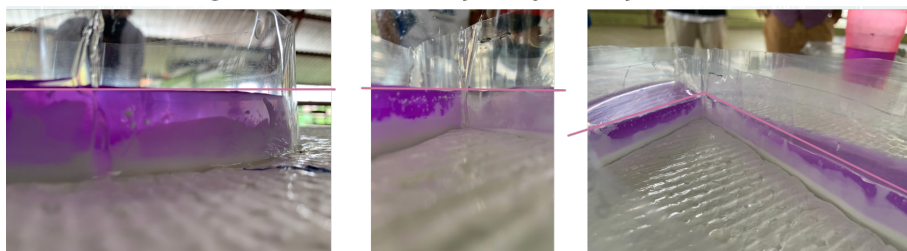
Fonte: Acervo Paulo Henrique Melo Coimbra (2022).

Os grupos então iniciaram a montagem das elipses no isopor, criando suas próprias representações dessa figura (Figura 2). Durante o processo, os alunos puderam observar as características das elipses enquanto as construía. Após a primeira experiência, foi solicitado que alterassem a distância entre os focos e fizessem novas elipses (Figura 3). Além disso, os alunos realizaram uma experiência com uma elipse utilizando apenas um palito para representar o foco, comparando as diferenças com o formato de círculos, nos quais o raio permanece constante em todas as direções a partir do centro.

Figura 3: Aula com aplicação do produto

Fonte: Acervo Paulo Henrique Melo Coimbra (2022).

Quando todos os grupos terminaram as montagens das elipses, viraram o isopor e começaram a montagem da segunda prática sobre a segunda lei de Kepler. A prática agora consiste na construção de uma espécie de maquete a partir de imagem (Anexo) obtida através do *Software*¹⁹ on-line ophysics.com/f6.html que permite alterar as proporções de corpos em órbitas e ele faz as marcações de tempos iguais e o que precisa ser feito com a maquete é só a constatação das áreas iguais usando as definições de volume, e se os volumes forem os mesmos e as alturas também (Figura 4), teremos as áreas da base iguais e que foram varridas em tempos iguais, como descreve a segunda lei de Kepler.

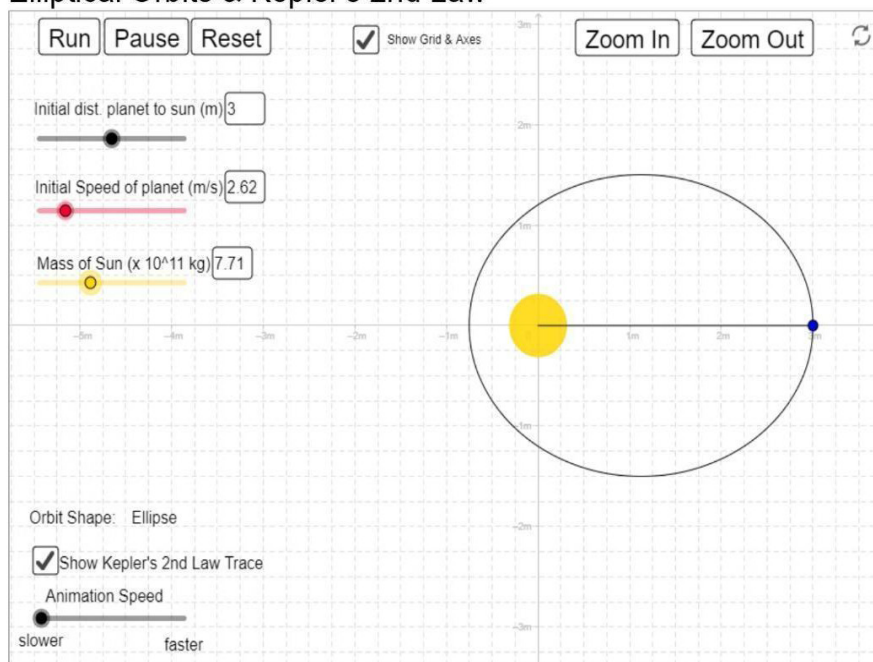
Figura 4: Aula com aplicação do produto

Fonte: Acervo Paulo Henrique Melo Coimbra (2022).

¹⁹ *Software* disponível em: <https://ophysics.com/f6.html>. Acesso em: 2 dez. 2024.

A prática focou na segunda lei de Kepler, que trata da variação da velocidade de um planeta em sua órbita. Como os fenômenos envolvidos são distantes da realidade cotidiana dos alunos, foi necessário criar um experimento inédito para ilustrar essa lei. A teoria foi baseada em um software que simula uma órbita (Figura 5), marcando as áreas “varridas” por um planeta fictício a cada segundo. O objetivo era calcular essas áreas e confirmar que elas seriam iguais, como prevê a segunda lei de Kepler. Algumas falhas no experimento ocorreram, o que é comum em atividades inéditas, mas a ideia central era permitir que os alunos visualizassem de forma prática o conceito da lei.

Figura 5: Layout do site de acesso ao software
Elliptical Orbits & Kepler's 2nd Law



Description

This is a simulation of a planet orbiting a sun. Initial conditions can be adjusted. Use the sliders to adjust the

Fonte: *Software on-line, Physics: Interactive Physics Simulations.*
 Acesso em: 17 jun. 2021.

As fórmulas de volume mais usuais como as de cilindros, cubos, prismas triangulares entre outras várias formas, são basicamente calculadas pelo produto da área pela altura, então para uma figura ser idêntica a outra, elas teriam o mesmo volume, mesma área da base e mesma altura, porém, elas podem também não serem idênticas mas serem semelhantes se tiverem os mesmos volumes e mesmas áreas da base, teríamos então as mesmas alturas, e só o que precisaríamos fazer aqui era medir as alturas e constatar que eram iguais.

Mapas mentais

Os mapas mentais são ferramentas eficazes no ensino, promovendo uma aprendizagem significativa ao organizar e conectar informações de maneira visual e intuitiva, facilitando tanto a compreensão dos alunos quanto a avaliação do professor sobre o progresso dos estudantes. Desenvolvidos por Buzzan (2009), eles ajudam a melhorar o desempenho dos alunos ao estimular o uso dos dois hemisférios do cérebro, como afirmado por Bovo (2005). Além disso, os mapas mentais ativam processos cognitivos que envolvem a classificação e a sistematização de informações (Gossack-Keenan *et al.*, 2019), oferecendo liberdade criativa para a organização do conteúdo.

Embora sejam amplamente aplicados em diversas áreas (Santos; Pedro, 2016), os mapas mentais são mais simples que os mapas conceituais, que têm uma estrutura hierárquica e conceitual mais complexa (Aguiar; Correia, 2013). No ensino, os mapas mentais servem como ferramenta para sondar os conhecimentos prévios dos alunos, permitindo que eles se tornem protagonistas ao construir e representar visualmente seus processos de aprendizagem. Esse uso está alinhado com a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel (1963), que destaca a importância de conectar novos conteúdos ao conhecimento já existente.

Resultados e discussões

Após cada fase do estudo (uma para cada lei) foi pedido aos estudantes que fizessem um mapa mental antes de iniciar a explanação de assuntos, e um nos últimos cinco minutos de cada aula, totalizando três mapas por aluno. Todos foram avaliados com o critério de participação para registro de notas da escola, porém, para essa pesquisa, foram considerados apenas os trabalhos feitos pelos alunos que fizeram pelo menos dois mapas identificáveis, sendo que os que fizeram três, o do meio foi descartado, avaliando então apenas o primeiro e último, de forma que fosse registrado se houve um aumento, equidade ou diminuição das informações e conceitos apresentados nos esquemas.

De acordo com a Tabela 1, onde o zero é considerado o mapa mental com menos informações, o um o mapa com mais informações e o X, o mapa desconsiderado ou não realizado pelo aluno. Nota-se então que houve alunos que tiveram uma diminuição na quantidade de informações descritas em seus mapas, assim como houve também os que permaneceram com a mesma quantidade de informação descrita e os que tiveram um aumento de informações apresentadas, sugerindo um maior conhecimento ou entendimento dos assuntos tratados dentro deste estudo.

Tabela 1: Avaliação dos Mapas Mentais

1º F					
	29-jul	10-ago	16-set		
Nome	I	II	III	Google Doc*	
Abraão	x	0	1	N/F	↑
Ana Caroline	x	0	1	F	↑
Anna Belly	0	x	1	F	↑
Antony F	x	0	1	F	↑

1º F					
	29-jul	10-ago	16-set		
Nome	I	II	III	Google Doc*	
Antony V	0	x	1	F	↑
Caio	0	x	0	N/F	—
Isabelle	0	1	x	N/F	↑
Izaine	x	0	1	N/F	↑
Lucas	1	0	x	N/F	↓
Marcus	0	1	x	N/F	↑
Maria	x	0	1	N/F	↑
Rayane	0	x	1	N/F	↑
Roberto	0	x	1	F	↑
Rodrigo	x	0	1	N/F	↑
Ruan	1	0	x	N/F	↓
Samira	0	0	x	N/F	—
Ueique	0	x	1	N/F	↑
Victor	0	1	x	N/F	↑
Wellington	0	x	1	N/F	↑

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Tabela 1 dispõe as informações dos mapas mentais realizados pelos alunos. Gotardelo *et al.* (2023) mostra uma relação dos mapas mentais que se correlacionam com outras atividades avaliativas teóricas e práticas. Foram considerados, então, dois dos três mapas feitos por todos os alunos, por motivos de falta ou não terem feito nada em algum deles.

Foi feita também uma avaliação por meio de formulário²⁰ *online* o qual se pode dar nota para os alunos de acordo com resolução de exercícios e perguntas objetivas.

20 Formulário Google para preenchimento pós-aula, disponível em: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeV7XptLc17YSjBjXLkPQMnS-3R8rVla_YTixSejTm7ysaW1A/viewform?usp=sf_link. Acesso em: 2 dez. 2024.

Considerações finais

Algumas considerações foram feitas após as práticas da maquete, uma delas foi o tempo e forma como se deu a construção das maquetes: enquanto alguns grupos foram mais rápidos outros foram mais devagar, então a discussão das questões pelos grupos que fossem mais adiantados se aplica aqui também. A Clareza na explicação também é extremamente necessária, se possível a apresentação de um exemplo físico, pois alguns grupos não fizeram todas as contenções que eram para fazer (Figura 6), o que não impede a prática, mas mostra a comunicação que pode ser melhorada

Figura 6: Prática II, após aplicada a cola branca



Fonte: Acervo Paulo Henrique Melo Coimbra (2022).

A espessura do isopor também precisa de atenção, pois aqui foi usado o de 15mm enquanto no modelo original foi feito com um de 20mm que custa quase o dobro do preço, mas o encaixe é mais firme e mais difícil de ser furado, aconteceu de alguns grupos tirarem las-

cas do isopor por ser mais fino e prejudicar a impermeabilização com a cola depois.

Durante os anos de 2020 e 2021, a pandemia da Covid-19 trouxe mudanças significativas à educação, desde dificuldades em adaptar o ensino remoto até a sobrecarga de trabalho dos professores, conforme relatado por Ferrinho (2020) e Borba (2020). A rede estadual, especialmente a pública, enfrentou maiores desafios, e a falta de acesso às tecnologias foi um fator limitante para muitos estudantes (Catanante; Campos; Loiola, 2020). Apesar das falhas iniciais no uso de videoaulas, os mapas mentais se mostraram eficazes ao ajudar na organização do conteúdo e na visualização das informações pelos alunos, oferecendo uma ferramenta inovadora para o ensino de Física, especialmente das leis de Kepler.

A aplicação dos mapas mentais, junto a um manual de baixo custo, permitiu observar um avanço na compreensão dos alunos, especialmente após uma repetição das explicações. O conteúdo sobre as leis de Kepler, muitas vezes difícil de ser demonstrado de forma prática devido à sua natureza abstrata, foi abordado de maneira acessível, utilizando analogias visíveis. A avaliação do impacto foi feita comparando os mapas mentais antes e depois das explicações, evidenciando uma maior organização e clareza nas informações.

Embora a abordagem tenha mostrado resultados positivos, como o aumento de termos e melhor estruturação nos mapas, o trabalho também indicou a necessidade de ajustes e aprimoramentos futuros. O uso de recursos como questões do ENEM ajudou a aproximar os alunos do formato de exames, mas sua aplicação foi opcional devido à carga horária limitada. A avaliação dos mapas mentais, realizada de maneira simples e prática com tabelas, demonstrou ser uma forma eficiente de medir o progresso dos alunos, embora os mapas conceituais, mais complexos, possam fornecer uma análise mais aprofundada.

Referências

AGUIAR, Joana Guilares; CORREIA, Paulo Rogério Miranda. Como fazer bons mapas conceituais? Estabelecendo parâmetros de referências e propondo atividades de treinamento. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, n.2, p. 141-157, 2013. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4265>. Acesso em: 22 mar. 2025.

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, p. 176-194, 2003. Disponível em: https://www.sbfisica.org.br/rbef/pdf/v25_176.pdf. Acesso em: 22 mar. 2025.

ARAÚJO, Mônica Daisy Vieira. Mediadores e formas de ler literatura digital e digitalizada por leitores jovens. **Revista Educação e Cultura Contemporânea**, Rio de Janeiro, v. 18, n. 52, p. 540-568, 2020. DOI: [HTTP://DX.DOI.ORG/10.5935/2238-1279.20210024](http://dx.doi.org/10.5935/2238-1279.20210024). Disponível em: <https://mestradoedoutoradoestacio.periodicoscientificos.com.br/index.php/reeduc/article/view/6509>. Acesso em: 22 mar. 2025.

AUSUBEL, David Paul. **The psychology of meaningful verbal learning**, 1. ed. New York: Grune & Stratton, 1963.

BERGANTINI, Loren Paiva. Sinestesia nas artes: relações entre ciência, arte e tecnologia. **ARS**, São Paulo, v. 17, n. 35, p. 225-238, 2019. DOI: [10.11606/issn.2178-0447.ars.2019.151267](https://doi.org/10.11606/issn.2178-0447.ars.2019.151267). Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/ars/article/view/151267>. Acesso em: 29 mar. 2025.

BORBA, Rodrigo Cerqueira do Nascimento; TEIXEIRA, Pedro; FERNANDES, Karine de Oliveira Bloomfield; BERTAGNA, Maína; VALENÇA, Cristiana; DE SOUZA, Lucia Helena Pralon. Percepções docentes e práticas de ensino de ciências e biologia na pandemia: uma investigação da Regional 2 da SBEnBio. **Revista de Ensino de**

Biologia da SBEnBio, v. 13, n. 1, p. 153-171, 2020. DOI: <https://doi.org/10.46667/renbio.v13i1.337>. Disponível em: <https://renbio.org.br/index.php/sbenbio/article/view/337>. Acesso em: 22 mar. 2025.

BOVO, Viviani; HERMANN, Walther. **Mapas mentais: enriquecendo inteligências: captação, seleção, organização, síntese, criação e gerenciamento de informação**. 2ª ed. Campinas/SP: [S.l.], 2005.

BUZZAN, Tony. **Mapas Mentais**. Rio de Janeiro: Sextante, 2009.

CARUSO, Francisco; CARVALHO, Miriam; SILVEIRA, Maria Cristina. Uma proposta de ensino e divulgação de ciências através dos quadrinhos. **Ciência & Sociedade**, Instituto de Física da UERJ, Rio de Janeiro, v. 8, p. 1-9, 2002. Disponível em: https://cbpfindex.cbpf.br/publication_pdfs/cs00802.2006_12_08_10_29_32.pdf. Acesso em: 22 mar. 2025.

CATANANTE, Flávia; CAMPOS, Rogério Cláudio de; DANTAS, Irinéia Loiola de Souza. Aulas on-line durante a pandemia: condições de acesso asseguram a participação do aluno?. **Revista Científica Educação**, Miracatu, SP, v. 4, n. 8, p. 977-988, 2020. DOI: <https://doi.org/10.46616/rce.v4i8>. Disponível em: <https://revista.periodicosrefoc.com.br/index.php/2/issue/view/4>. Acesso em: 22 mar. 2025.

FERRINHO, Paulo. Impacto da pandemia de COVID-19 na vida dos estudantes da NOVA-IHMT. **Anais do Instituto de Higiene e Medicina Tropical**, Lisboa, v. 19, Oct. 2020, p. 50-54. DOI: <https://doi.org/10.25761/anaisihmt.355>. Disponível em: <https://anaisihmt.com/index.php/ihmt/article/view/355>. Acesso em: 22 mar. 2025.

FRANCISCHETT, Mafalda Nesi. O significado das representações gráficas cartográficas no ensino. **Biblioteca On-line de Ciências da Comunicação-BOCC**, p. 1-12, 2011. Disponível em: <https://recensio.ubi.pt/modelos/documentos/documento2ec2.html?coddoc=3131>. Acesso em: 29 mar. 2025

GOSSACK-KEENAN, Kira; DE WIT, Kerstin; GARDINER, Emily; TURCOTTE, Michelle; CHAN, Teresa. Showing Your Thinking: Using Mind Maps to Understand the Gaps Between Experienced Emergency Physicians and Their Students. **AEM Educ Train**, Maryland, EUA, v. 4, n. 1, p. 54-63, 2019. DOI: 10.1002/aet2.10379. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6965674/>. Acesso em: 22 mar. 2025.

GOTARDELO, Daniel Riani; CARVALHO, Diogo Couto; CUNHA, Denise; GOTARDELO, Davi Riani. Avaliação de mapas mentais elaborados em pequenos grupos: análise de correlação com outras atividades avaliativas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 244-247, jan. 2023. DOI: 10.34117/bjdv9n1-017. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/55883>. Acesso em 28 mar. 2025.

KAWAMOTO, Elisa Mári; CAMPOS, Luciana Maria Lunardi. Histórias em quadrinhos como recurso didático para o ensino do corpo humano em anos iniciais do Ensino Fundamental. **Ciência & Educação**, Bauru, SP, v. 20, n. 1, p. 147-158, 2014. DOI: 10.1590/1516-731320140010009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/hWkRW45NLsyg7zTsPVGhVwb/?lang=pt>. Acesso em: 28 mar. 2025.

MOREIRA, Marco Antonio. **Subsídios teóricos para o professor pesquisador em ensino de ciências**: a Teoria da Aprendizagem Significativa. 2009 (1. ed.), 2016 (2. ed. revisada). Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/Subsidios5.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2025.

SANTOS, Fernanda Carolina dos; PEDRO, Gabriel Brasil de Carvalho. Mapas mentais no Ensino de Geografia: trajetórias múltiplas dos terceiros anos do Ensino Médio. In: V Encontro Regional de Ensino de Geografia, 20 a 22 de outubro de 2016, Campinas. **Anais** do Encontro Regional de Ensino de Geografia, Campinas: Instituto de Geociências da Unicamp, 2016. p. 768-780. Disponível em: <https://ocs.ige.unicamp.br/ojs/ereg/article/view/3566/3434>. Acesso em: 28 mar. 2025.

SOBAIH, Abu Elnasr Elnasr; HASANEIN, Ahmed Mohamed; ABU ELNASR, Ahmed Elnasr. Responses to COVID-19 in higher education: Social media usage for sustaining formal academic communication in developing countries. **Sustainability**, Basel, Switzerland, v. 12, n. 16, p. 6520, 2020. DOI: 10.3390/su12166520. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/16/6520>. Acesso em: 22 mar. 2025.

5 | Desvendando a gravidade: explorando a queda livre no Ensino Médio com o Arduino

Thiago Chagas de Carvalho²¹

Eduardo de Paula Abreu²²

Marcelo Castanheira da Silva²³

Carlos Henrique Moreira Lima²⁴

21 Professor de Física vinculado a rede privada de ensino, <http://lattes.cnpq.br/6164382945098922>.
E-mail: thiago.chagas18@gmail.com.

22 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/0700686863328906>.
E-mail: eduardo.abreu@ufac.br.

23 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/7144949691918084>.
E-mail: marcelo.silva@ufac.br.

24 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/1962882039619648>.
E-mail: carlos.lima@ufac.br.

Introdução

Um dos principais desafios que o professor encontra, diante da aplicação dos conteúdos de Física, é a falta de “comunicação” entre o que é aplicado com a realidade vivenciada pelos alunos, dificultando o entendimento e afastando-os da participação ativa sobre o conteúdo. Tal contexto justifica a iniciativa da pesquisa de produzir um material de fácil aplicação com o auxílio de tecnologia, que vise abordar uma relação entre o conteúdo aplicado nas aulas de Física no Ensino Médio e o universo em que eles vivem.

Muito se debate acerca de táticas eficientes que possam ser aplicadas no processo ensino-aprendizagem no ramo da Física, o que faz com que professores comprometidos com o aprendizado dos alunos repensem a forma de abordar o conteúdo e busquem mudanças na forma de ensinar, superando adversidades seja financeira (recursos na escola) ou burocrática (espaço escolar). Na Física existem alguns conceitos que dificilmente são entendidos em uma aula expositiva tradicional, deixando assim, lacunas no processo de ensino e aprendizagem (Araújo; Abib, 2003).

Todo o processo de elaboração de nossa pesquisa foi baseado no estudo e revisão de diversos artigos e dissertações do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), com o objetivo de encontrar contribuições do uso da plataforma eletrônica, micro-controlador Arduino (s.d.), ao ensino de Física. Além disso, a pesquisa é composta pelo referencial teórico que visa salientar a experimentação no ensino de Física baseada nas Teorias de Aprendizagem, de Vygotsky (Vygotsky, 2007), e Significativa, de Ausubel (Ausubel; Novak; Hanesian, 1978).

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a eficiência da utilização do Arduino no Ensino Médio para calcular a aceleração de queda livre, com o propósito de identificar dificuldades que o corpo

discente apresenta quando o conteúdo é aplicado apenas de forma teórica. Essa proposta visa oportunizar a aprendizagem de maneira significativa dos conteúdos a serem abordados, pois se entrelaçam em subsunções que trazem de séries anteriores, fazendo assim com que os alunos se interessem pelo conteúdo trabalhado.

Dentro desse contexto, o uso da ferramenta baseia-se em novas metodologias de ensino visando agregar práticas experimentais ao cotidiano dos alunos. Ressalta-se que a maioria deles chega ao Ensino Médio com pouca bagagem sobre o assunto (aceleração de queda livre), dificultando a aprendizagem de maneira satisfatória. Entretanto, o uso de novas tecnologias no ensino de Física abre um vasto campo de possibilidades na perspectiva de facilitar a aplicação do conteúdo.

A elaboração dessa pesquisa, baseada na dissertação de Carvalho (2019), usa a plataforma Arduino Uno para automatizar o processo de coleta de dados, partindo do movimento de queda de um objeto (peso) em direção a um sensor ultrassônico, posicionado a uma altura do objeto. Posteriormente esses dados coletados serão dispostos em uma tabela do Microsoft Office Excel (s.d.), fornecendo um gráfico do módulo da aceleração de queda livre.

A aplicação da proposta foi feita numa escola da rede particular que o Carvalho (2019) trabalha em período integral, situada no município de Rio Branco – Acre, com o objetivo de propiciar uma abordagem diferenciada do conteúdo abordado (queda livre) e contemplou alunos do 3º ano do Ensino Médio.

O Arduino tem se mostrado uma tecnologia versátil de simples utilização por professores, amadores e alunos, uma vez que pode ser amplamente utilizada como uma plataforma eletrônica de código aberto, baseada em hardware e software de uso fácil, além de ter custo relativamente baixo.

Fundamentação teórica

A fundamentação está dividida em cinco partes. Inicialmente é abordado o papel da experimentação no ensino de Física, em seguida será discutido Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, com ênfase nos fatores que favorecem esse tipo de aprendizagem. Posteriormente é apresentada a Teoria da Aprendizagem de Lev Vygotsky, ressaltando a visão sobre o papel da interação social e cultural no desenvolvimento cognitivo dos indivíduos. Na sequência é discutido o Arduino Uno, destacando a utilização do sensor ultrassônico HC-SR04. Por fim, são descritos os conteúdos de Física que serviram de base para o desenvolvimento da pesquisa.

Experimentação no Ensino de Física

Esta seção busca examinar como os conteúdos de Física são ensinados no Ensino Médio, enfatizando o importante papel da experimentação nas escolas. A Física, como parte integrante das Ciências da Natureza, está presente no cotidiano das pessoas, logo o ensino dessa disciplina deve criar conexões entre os conceitos teóricos e as experiências vivenciais dos alunos. Contudo, o ensino tradicional muitas vezes se restringe à aplicação de fórmulas e resolução de exercícios matemáticos em vez de utilizá-los como meios para a construção do conhecimento da disciplina.

O ensino de Física frequentemente é desarticulado da realidade dos alunos, caracterizando-se por um excesso de abordagens teóricas. Esse distanciamento resulta em aulas pouco significativas, que enfatizam a memorização e a repetição mecânica de exercícios em detrimento da construção de competências práticas e reflexivas (Duarte, 2018), portanto atividades experimentais podem promover um ambiente interativo entre alunos, professores e conteúdo, incentivando a autonomia e a compreensão crítica. Nunes (2018) destaca

que essas práticas estimulam a construção de conhecimento ao explorar problemas reais, conectando-os a distintas áreas do saber.

A adoção de métodos experimentais nas aulas de Física constitui uma das preocupações dos professores para melhorar a qualidade de ensino em sala de aula, pois, como ressalta Guimarães (2009), a experimentação no ensino de Ciências é uma estratégia eficiente para contextualizar conceitos e estimular investigações, transformando o aprendizado em uma experiência significativa e ancorada na realidade. Oliveira (2011) apontam que a experimentação conecta a vivência cotidiana com leis e conceitos científicos, tornando a teoria mais compreensível. Essa abordagem também prepara os alunos para tomar decisões no processo investigativo, fomentando debates e análises fundamentadas nos resultados experimentais.

As atividades experimentais fortalecem a troca de informações entre os alunos, instigando o raciocínio crítico e a habilidade investigativa. Elas também respondem a uma das diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que sugere que a educação no Ensino Médio seja orientada por desafios e problemas abertos, promovendo a curiosidade e a criatividade na busca de soluções teóricas e práticas (Brasil, 2018).

A experimentação combina observação, análise, planejamento e formulação de hipóteses, promovendo a compreensão significativa ao conectar conceitos físicos com fenômenos naturais. Essa abordagem transforma o aprendizado numa experiência relevante e contextualizada, enriquecendo o processo educativo.

Teoria de Aprendizagem de Ausubel

A Teoria da Aprendizagem Significativa, desenvolvida pelo psicólogo americano David Paul Ausubel, descreve de maneira estruturada o processo de aprendizado. Segundo Moreira (2011, p. 26), a

aprendizagem significativa ocorre quando uma nova informação se conecta de forma não arbitrária e substancial à estrutura cognitiva existente do aluno.

De acordo com Ausubel, a aprendizagem deve se associar à estrutura cognitiva do aluno, compreendendo conceitos científicos como um conjunto organizado de ideias que interagem com uma estrutura de conhecimento prévia chamada subsunçor. Ostermann e Holanda (2011) definem o subsunçor como um conceito presente na estrutura cognitiva que atua como ancoradouro para novas informações, permitindo que o aprendizado seja significativo ao integrar novos conhecimentos com os preexistentes.

Quando os subsunçores necessários não estão disponíveis, Moreira (2011) sugere o uso de materiais introdutórios conhecidos como organizadores prévios, que ajudam a preparar a estrutura cognitiva para a incorporação de novos conceitos. Nesse sentido, o conhecimento prévio do aluno é essencial, pois só podemos aprender a partir daquilo que já conhecemos.

A medida que os novos conceitos são assimilados, Moreira (2011) afirma que os subsunçores iniciais são refinados, resultando em uma diferenciação progressiva e reconciliação integrativa. Essa evolução permite que o aluno estabeleça conexões mais profundas entre ideias e conceitos.

A proposta deste trabalho visa calcular a aceleração de queda livre utilizando a plataforma Arduino. Essa abordagem busca promover um aprendizado significativo ao conectar conceitos como força, leis de Newton, movimento dos corpos e ondulatória, já abordados em anos anteriores, com o novo conteúdo, atuando como subsunçores. A montagem experimental também desempenha o papel de organizador prévio, atraindo a atenção dos alunos pela inovação na metodologia e fornecendo os elementos necessários para que o aprendizado seja significativo. Assim, o projeto estimula os alunos

a relacionarem seus conhecimentos prévios com as novas informações, consolidando a compreensão de maneira prática e contextualizada.

Teoria de Aprendizagem de Vygotsky

Vygotsky (2007) trabalhou em torno da ideia de que o desenvolvimento cognitivo dos indivíduos é profundamente influenciado pela interação social e cultural, sendo essas interações fundamentais para transformações nos pensamentos e comportamentos.

Segundo Neves e Damiani (2006), o conceito central da Teoria de Aprendizagem de Vygotsky é a atividade, definida como a unidade que organiza o encadeamento funcional da consciência. Essa atividade opera por meio de instrumentos, que influenciam o ambiente externo, e de signos, que orientam o controle interno do indivíduo. A teoria de Vygotsky também enfatiza a mediação, que ocorre quando a interação entre o indivíduo e o outro, como um adulto, facilita o aprendizado por meio do uso da linguagem e do contexto das situações vividas.

Para Vygotsky (2007) nenhuma criança chega à escola sem um histórico de experiências que moldam a aprendizagem. O aprendizado e o desenvolvimento começam bem antes da vida escolar e estão conectados desde os primeiros dias de vida. Oliveira (2011) complementa essa visão ao diferenciar o desenvolvimento real, que engloba as habilidades já consolidadas que a criança consegue realizar sozinha, do desenvolvimento potencial, que abrange aquilo que pode ser alcançado com auxílio de outro indivíduo. A distância entre esses dois níveis é conhecida como Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP), onde a colaboração e a mediação potencializam a aprendizagem.

Nesse contexto, a elaboração de projetos didáticos experimentais que utilizam recursos tecnológicos, como o Arduino, ganha relevância. Tais iniciativas não apenas despertam o interesse dos alunos, mas também promovem interação social e comunicação com o conhecimento científico. Além disso, esses projetos criam um ambiente de aprendizagem envolvente e inovador, aproximando conceitos teóricos da realidade prática e contribuindo para um aprendizado mais significativo.

Arduino

O Arduino foi desenvolvido com o objetivo de criar uma ponte entre dispositivos eletrônicos e computadores, permitindo a interação física entre esses dois universos. Baseado em hardware e software, a plataforma é composta por um microprocessador, memória e interfaces de entrada e saída (I/O), possibilitando o desenvolvimento de recursos interativos tanto para aplicações amadoras quanto profissionais. Segundo McRoberts (2011), o Arduino é um microcontrolador de placa única equipado com um conjunto de software para a programação. O hardware é projetado de forma simples e acessível, sendo um modelo de hardware livre com um processador Atmel AVR e uma linguagem de programação baseada em C/C++. De acordo com Cavalcante, Tavoraro e Molisani (2011), a plataforma é constituída por uma placa de circuitos com entradas e saídas, um ambiente de desenvolvimento integrado (IDE) e um *bootloader* pré-instalado no microcontrolador.

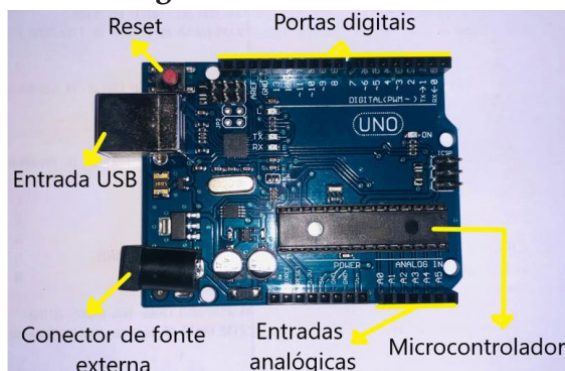
A placa de prototipagem Arduino é uma ferramenta de grande utilidade didática e experimental devido à sua simplicidade de uso, acessibilidade e ampla comunidade de usuários. É bastante útil em atividades experimentais, dado que aproxima a tecnologia do cotidiano dos alunos, permitindo a inclusão de diferentes componentes eletrônicos programáveis para fins específicos. Além disso, o Arduino

pode ser utilizado para criar objetos interativos independentes ou para se conectar a computadores, redes e à internet. Ele tem a capacidade de enviar dados coletados por sensores a plataformas digitais, possibilitando a visualização dessas informações em formatos gráficos (McRoberts, 2011).

No contexto de experimentos práticos, a placa Arduino Uno foi empregada para calcular a aceleração de queda livre. Esse uso demonstra a versatilidade da plataforma como uma ferramenta educacional que combina tecnologia com práticas experimentais, facilitando a compreensão de conceitos físicos por meio de aplicações interativas.

A Figura 1 apresenta a placa de microcontrolador Arduino Uno. Essa placa possui 14 pinos digitais de entrada/saída, dos quais 6 podem ser configurados como saídas PWM. Além disso, ela conta com 6 entradas analógicas, uma conexão USB para comunicação e alimentação, um conector de alimentação externa, um cabeçalho In-Circuit Serial Programming (ICSP) para gravação direta no microcontrolador e um botão de reset para reiniciar o sistema.

Figura 1: Arduino Uno



Fonte: Acervo Thiago Chagas de Carvalho (2019).

O sensor ultrassônico HC-SR04 (Figura 2) pode ser acoplado na placa do Arduino e é utilizado na medição de distâncias, sendo

capaz de detectar objetos localizados entre 1 cm e 200 cm. O HC-SR04 opera com frequência de 40 kHz e possui quatro pinos: VCC (alimentação de 5V), TRIG (gatilho que emite o sinal), ECHO (eco que recebe o retorno do sinal) e GND (terra).

Figura 2: Sensor de ultrassom HC-SR04



Fonte: Acervo Thiago Chagas de Carvalho (2019).

O funcionamento do sensor se baseia no envio de sinais ultrassônicos que refletem em objetos e retornam ao sensor pelo pino de eco (*echo*), conforme mostra a Figura 3. O fenômeno de reflexão, conhecido como eco, ocorre quando as ondas sonoras encontram um meio de densidade diferente, retornando ao ponto de origem.

Figura 3: Reflexão de uma onda sonora
Onda refletida (eco)



Fonte: Acervo Thiago Chagas de Carvalho (2019).

A distância (d) do sensor ao objeto é calculada com base na metade do intervalo de tempo (Δt) de trajeto do sinal ultrassônico (ida e volta) e na velocidade do som (v_{som}), considerando que no ar vale em torno de 340 m/s a 15°C.

$$d = \frac{v_{som} \cdot \Delta t}{2}. \quad (1)$$

O princípio é o mesmo utilizado por animais como morcegos e golfinhos na ecolocalização para localizar presas ou obstáculos. O sensor é essencial para determinar distâncias e coletar dados para cálculos físicos, como a aceleração de queda livre, objeto de estudo deste trabalho.

Queda livre

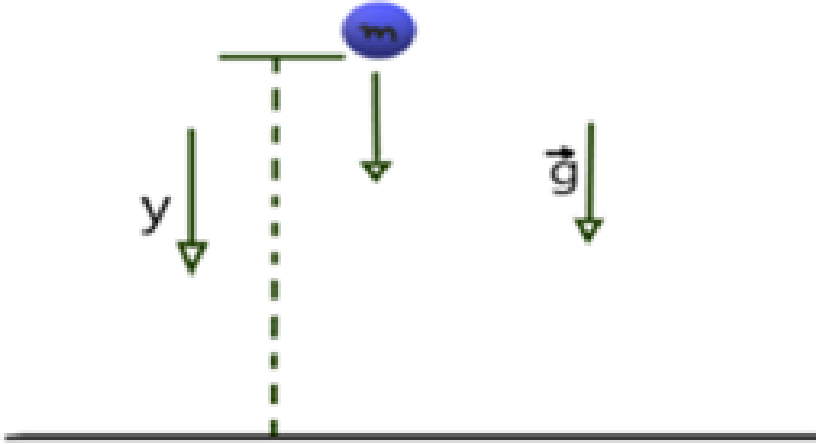
Queda livre é o termo usado para descrever o movimento de corpos que são soltos de uma determinada altura e aceleram em direção à superfície da Terra devido à ação da gravidade (Halliday; Resnick, 2008). Nesse tipo de movimento, despreza-se o efeito da resistência do ar, de modo que o tempo de queda dos objetos não está relacionado, à massa ou tamanho, mas à altura de onde foram liberados. Esse fenômeno analisa o movimento vertical próximo ao solo, assumindo um campo gravitacional constante e desconsiderando a influência do ar. As principais grandezas envolvidas nesse estudo são o tempo, o deslocamento, a velocidade e a aceleração.

O movimento de queda livre de corpos pode ser descrito pela equação que representa um movimento uniformemente acelerado, considerando que seja a aceleração da gravidade (g).

$$y = y_0 + v_0 \cdot t + gt^2/2 \quad (2)$$

onde y é a posição final, y_0 é posição inicial e v_0 a velocidade inicial. A Figura 4 representa o movimento adotado.

Figura 4: Movimento de queda livre



Fonte: Acervo Thiago Chagas de Carvalho (2019).

Admitimos que o corpo seja abandonado, tenha posição inicial nula e isolemos g da equação 2.

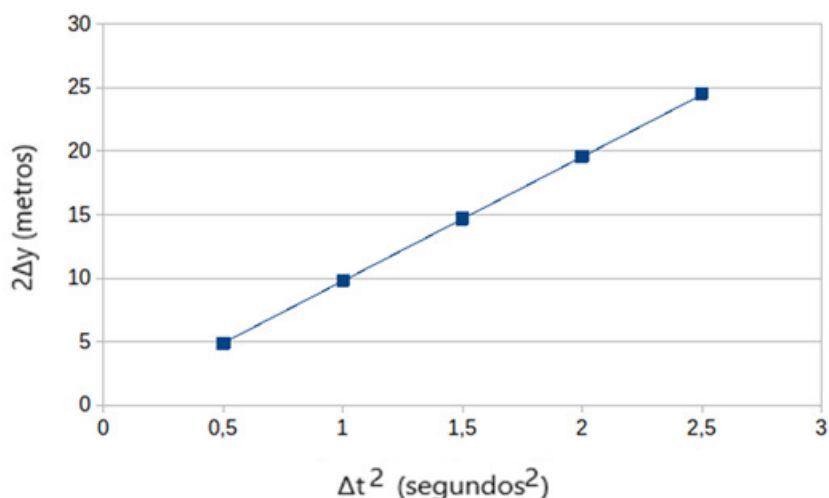
$$g = \frac{2y}{t^2}. \quad (3)$$

Podemos fracionar a posição y em intervalos Δy que serão percorridos por intervalos de tempo Δt .

$$g = \frac{2\Delta y}{\Delta t^2}. \quad (4)$$

A construção do gráfico de $2\Delta y$ em função de Δt^2 leva a uma reta (Figura 5), cujo coeficiente angular corresponde ao valor da aceleração gravitacional.

Figura 5: Esquema do gráfico de $2\Delta y$ em função de Δt^2



Fonte: Acervo Thiago Chagas de Carvalho (2019).

Produto educacional e metodologia de implementação

O processo de seleção dos alunos participantes foi realizado de forma criteriosa, seguindo as medidas e decretos de controle e prevenção contra o vírus SARS-CoV-2, causador da Covid-19 (Brasil, s.d.), responsável pelo período pandêmico enfrentado globalmente. Essas medidas visam minimizar os riscos de contágio entre os participantes e o organizador.

Durante as aulas remotas destinadas às turmas do Ensino Médio foi feito um convite para cerca de 118 alunos, distribuídos em três salas de terceiros anos do Ensino Médio: 40 alunos do 3º ano A, 40 do 3º ano B e 38 do 3º ano C. Contudo, apenas 16 alunos optaram por participar da pesquisa em virtude do período pandêmico.

A seleção dos alunos dos terceiros anos foi baseada nos critérios definidos pela escola. No decorrer do ano letivo, dois dos cinco horários semanais da disciplina de Física eram dedicados à revisão de conteúdos estudados em anos anteriores. Essa organização facilitou a realização da pesquisa, pois os temas de queda livre e fenômenos acústicos (reflexão de ondas) já haviam sido abordados no 1º e 2º anos do Ensino Médio e estavam programados para revisão em 2021.

Com a concordância da equipe gestora da escola, foi solicitada aos pais e/ou responsáveis a assinatura de um termo de autorização, permitindo que os alunos frequentem as instalações da escola por dois dias, garantindo uma participação segura no desenvolvimento da pesquisa.

Inicialmente, os alunos foram informados sobre o objetivo da pesquisa, ressaltando sua relevância no contexto educacional atual. Em seguida, foi realizada uma investigação preliminar por meio de um pré-teste (Quadro 1), com o intuito de coletar e analisar os dados. O questionário foi aplicado individualmente em formato impresso devido à dificuldade apresentada pelos alunos no manuseio do Google Forms (Google, s.d.).

Quadro 1: Pré-teste

Perguntas	Opções			
1 – Você já ouviu falar em Arduino e como funciona?	Sim	Não		
2 – Você sabe o que é um sensor ultrassônico?	Sim	Não		
3 – Você sabe calcular a aceleração de queda livre?	Sim	Não		

Perguntas	Opções			
4 – O seu professor de Física utiliza e/ou utilizou experimentos durante as aulas?	Sim	Não	Às vezes	Raramente
5 – Você acredita que experimentos com auxílio de tecnologia podem contribuir para o ensino de Física?	Sim	Não	Talvez	
6 – Qual o tipo de aula que prefere?	Teórica (conteúdos ou jogos)	Prática (experimentos ou jogos)	Teoria + Prática	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a coleta de dados foi ministrada uma aula expositiva (Figura 6) de aproximadamente 90 minutos, abordando o conteúdo de queda livre e revisando brevemente os fenômenos acústicos, como a reflexão de ondas sonoras (eco). Durante a aula, também foi introduzido o uso da plataforma Arduino e do software Microsoft Excel. O Excel foi escolhido por ser de fácil utilização, mas há opções de planilhas eletrônicas gratuitas como o Google Planilhas (Google LLC, s.d.) ou o LibreOffice (The Document Foundation, s.d.).

Figura 6: Aula sobre queda livre, fenômenos acústicos e noções sobre a plataforma Arduino e do Excel



Fonte: Acervo Thiago Chagas de Carvalho (2019).

No segundo dia de aplicação da pesquisa (Figura 7), foi realizada a montagem experimental e desenvolvida a atividade intitulada “Descobrimos o valor da aceleração de queda livre com o auxílio do microcontrolador Arduino”, ou seja, um produto educacional elaborado com o objetivo de contribuir para o processo de ensino-aprendizagem dos alunos.

Figura 7: Aplicação do produto educacional



Fonte: Acervo Thiago Chagas de Carvalho (2019).

Após a aplicação, os participantes responderam a um questionário estruturado de pós-teste (Quadro 2), com o objetivo de analisar e discutir a eficácia do produto educacional como uma ferramenta capaz de potencializar a compreensão do conteúdo abordado na pesquisa.

Quadro 2: Pós-teste

Perguntas	Opções			
1 – Você já ouviu falar em Arduino e como funciona?	Sim	Não		
2 - Você sabe o que é um sensor ultrassônico?	Sim	Não		

Perguntas	Opções			
3 – Você teve alguma dificuldade para compreender os conceitos abordados na aplicação do experimento?	Sim	Não		
4 – O seu professor de Física utiliza e/ou utilizou experimentos durante as aulas?	Sim	Não	Às vezes	Raramente
5 – O resultado obtido na prática experimental de “g” se aproxima do valor apresentado nos livros didáticos e apostilas?	Sim	Não		
6 – Qual o tipo de aula que prefere?	Teórica (conteúdos ou jogos)	Prática (experimentos ou jogos)	Teoria + Prática	

Fonte: Elaborado pelos autores.

Resultados e discussões

Vamos discutir cada passo da aplicação desta pesquisa, bem como tabelas, gráficos, e os resultados experimentais obtidos pelos alunos após a coleta e automação dos dados. Vale ressaltar que participaram do trabalho 16 alunos, sendo 4 alunos de forma ativa (o primeiro soltando o bloco, o segundo ajustando o sensor, o terceiro marcando o tempo em um cronômetro para conferir com os dados do Arduino e o último a frente do computador copiando os dados para transferir para o aplicativo do Excel), os demais optaram por ficar em suas carteiras (respeitando as normas sanitárias) observando e questionando sobre o Arduino e a obtenção dos dados. As tabelas e gráficos a seguir são produtos dos dados coletados pelos alunos durante a aplicação do produto.

Valor experimental da aceleração de queda livre

A realização do experimento permitiu a coleta dos tempos necessários para que o bloco (uma caixa de papelão com dimensões de 20 cm, 15 cm e 8 cm e massa de 750 gramas) percorresse a distância da origem até o sensor em dois lançamentos (Figura 8).

Figura 8: Bloco empregado no experimento



Fonte: Acervo Thiago Chagas de Carvalho (2019).

A Tabela 1 apresenta os valores experimentais obtidos pelo grupo durante o primeiro lançamento, utilizando o microcontrolador Arduino. Na primeira coluna estão registrados os instantes de queda do bloco em direção ao sensor, medidos em milissegundos (ms), enquanto a segunda coluna indica a distância (cm) do bloco em relação ao sensor.

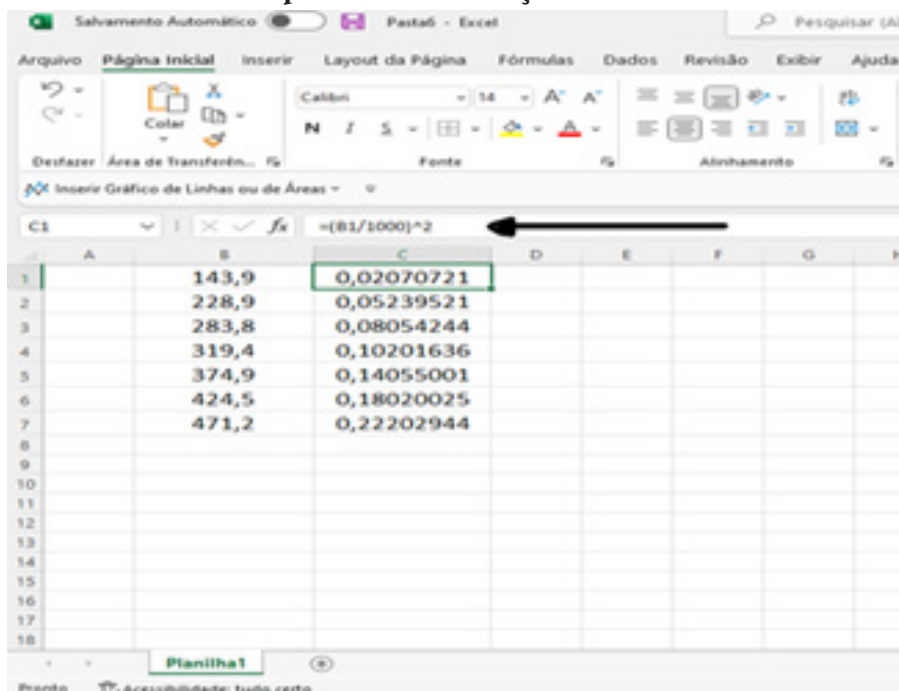
Tabela 1: Altura e tempo de queda – 1º lançamento

<i>Tempo de queda do bloco – 1º Lançamento</i>	
Tempo 1 = 143,9 ms	Distância = 10 cm
Tempo 2 = 228,9 ms	Distância = 26 cm
Tempo 3 = 283,8 ms	Distância = 39 cm
Tempo 4 = 319,4 ms	Distância = 51 cm
Tempo 5 = 374,9 ms	Distância = 68 cm
Tempo 6 = 424,5 ms	Distância = 86 cm
Tempo 7 = 471,2 ms	Distância = 102 cm

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados da 1ª coluna da Tabela 1 foram copiados e inseridos em uma planilha no Excel (Figura 9), com o objetivo de utilizar as funções da ferramenta para realizar os cálculos. O tempo foi convertido de milissegundos para segundos e, em seguida, elevado ao quadrado.

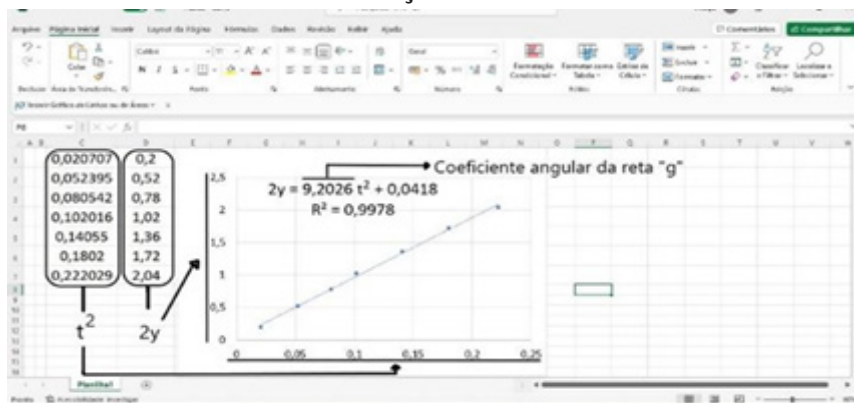
Figura 9: Transformação do tempo em segundos e elevado ao quadrado – 1º lançamento



Fonte: Acervo Thiago Chagas de Carvalho (2019).

Na Figura 10, o Excel fornece o coeficiente angular da reta, correspondente ao valor de “g”. Os dados da 2ª coluna da Tabela 1 foram convertidos de centímetros para metros e, em seguida, multiplicados por 2, conforme exigido para os cálculos.

Figura 10: Obtenção do coeficiente angular da reta – 1º Lançamento



Fonte: Acervo Thiago Chagas de Carvalho (2019).

Na Tabela 2 são apresentados os dados experimentais obtidos pelo grupo durante o segundo lançamento. A primeira coluna indica o momento da queda do bloco em direção ao sensor, medido em milissegundos (ms), enquanto a segunda coluna exibe a distância (cm) do bloco em relação ao sensor.

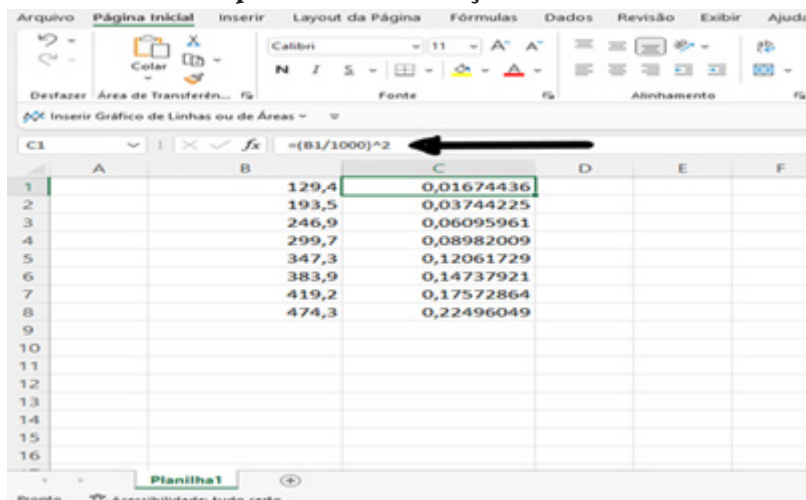
Tabela 2: Altura e o tempo de queda – 2º Lançamento

<i>Tempo de queda do bloco – 2º Lançamento</i>	
Tempo 1 = 129,4 milissegundos	Distância = 8 cm
Tempo 2 = 193,5 milissegundos	Distância = 18 cm
Tempo 3 = 246,9 milissegundos	Distância = 29 cm
Tempo 4 = 299,7 milissegundos	Distância = 44 cm
Tempo 5 = 347,3 milissegundos	Distância = 59 cm
Tempo 6 = 383,9 milissegundos	Distância = 72 cm
Tempo 7 = 419,2 milissegundos	Distância = 86 cm
Tempo 7 = 474,3 milissegundos	Distância = 106 cm

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados da primeira coluna da Tabela 2 foram selecionados e colados no Excel (Figura 11), depois o tempo foi convertido em segundos e elevado ao quadrado.

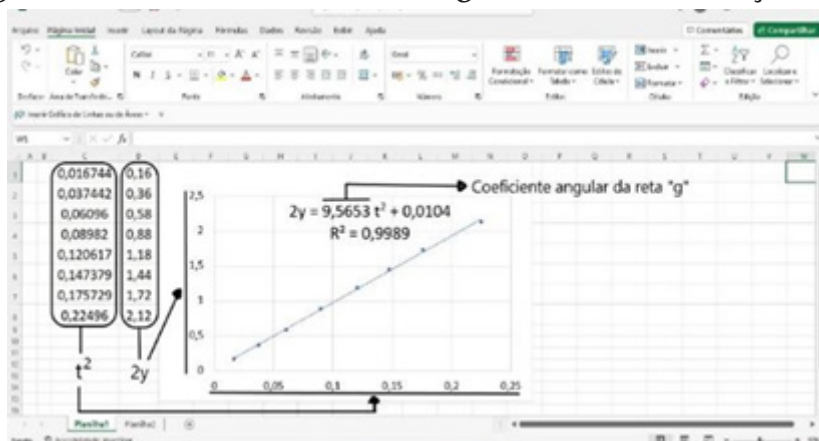
Figura 11: Transformação do tempo em segundos e elevado ao quadrado – 2º lançamento



Fonte: Acervo Thiago Chagas de Carvalho (2019).

Na Figura 12 o Excel nos fornece novamente o coeficiente angular da reta, ou seja, o valor da aceleração da gravidade. Os dados da segunda coluna do Tabela 2 foram convertidos em metros e, posteriormente, multiplicados por 2.

Figura 12: Cálculo do coeficiente angular da reta – 2º Lançamento



Fonte: Acervo Thiago Chagas de Carvalho (2019).

A primeira coluna da Tabela 3 apresenta os números referentes aos lançamentos realizados pelos alunos durante o experimento. A segunda coluna exibe as equações da linha de tendência fornecidas pelo Excel. A terceira coluna mostra o valor de referência $g \approx 9,8066 \text{ m/s}^2$ (Halliday; Resnick, 2008). A quarta coluna mostra os coeficientes angulares das retas gerados a partir das equações da linha de tendência. A sexta coluna apresenta os coeficientes de determinação R^2 fornecidos pelo Excel, quanto mais próximo de 1, melhor será o resultado do experimento.

Tabela 3: Resultados do experimento

Lançamentos	Equação da linha de tendência dada pelo Excel	Valor de referência “g”	Coefficiente angular da reta “g” dado pelo Excel	Erro percentual	Coefficiente de determinação R^2
1º	$2y = 9,2026 t^2 + 0,0418$	9,8066	9,2026	6,1591%	0,9978
2º	$2y = 9,5653 t^2 + 0,0104$	9,8066	9,5653	2,4605%	0,9989

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao comparar os resultados apresentados na Tabela 3 com os do artigo de Moya (2018), onde foram obtidos coeficientes de determinação R^2 de 0,9993, 0,9985 e 0,9999 para os lançamentos analisados, pode-se afirmar que os resultados experimentais dos dois lançamentos realizados neste estudo foram satisfatórios.

Análise do questionário (pré-teste)

Após uma conversa com a direção do colégio, constatou-se uma baixa participação dos alunos em comparação com o número total de matriculados. Esse cenário é atribuído ao contexto pandêmico, no qual, devido à flexibilização das atividades na rede estadual de educação, muitos estudantes optaram por permanecer em casa,

evitando aglomerações e seguindo os protocolos de distanciamento social recomendados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária. No total, 16 alunos participaram do questionário diagnóstico, respondendo às seis questões propostas.

No pré-teste realizado (Quadro 1), a primeira questão perguntou aos alunos se já tinham ouvido falar em Arduino e como ele funciona. Os resultados indicaram que 68,75% (11 alunos) nunca tinham ouvido falar ou sabiam como funciona, enquanto 31,25% (5 alunos) afirmaram ter conhecimento sobre o Arduino. Esses dados destacam a importância de introduzir situações práticas e experimentais que envolvam tecnologias no aprendizado.

Na segunda questão, perguntou-se se os alunos sabiam o que é um sensor ultrassônico e todos responderam que não. Isso evidencia a necessidade de trabalhar conteúdos mais didáticos e contextualizados, aproximando os conceitos de Física à realidade dos estudantes.

Na terceira questão, os alunos foram questionados sobre saberem ou não calcular a aceleração de queda livre. Do total, 56,25% (9 alunos) responderam que não sabiam calcular, e os demais (43,75% ou 7 alunos) afirmaram saber. Esses resultados indicam a importância de implementar metodologias de ensino inovadoras, que integrem tecnologias e experimentos práticos para facilitar a compreensão dos conceitos.

Na quarta questão, foi perguntado se o professor de Física utiliza ou já havia utilizado experimentos durante as aulas. As respostas indicaram que 75% dos alunos afirmaram que os experimentos eram raramente utilizados, enquanto 25% responderam que eram utilizados apenas ocasionalmente. Esses dados revelam que muitos alunos percebem uma baixa frequência no uso dessa ferramenta pedagógica. Diante disso, destaca-se a importância de facilitar o processo de ensino-aprendizagem, elaborando propostas que promovam a iden-

tificação e implementação de estratégias mais eficazes, contribuindo para uma aprendizagem significativa.

Por fim, na quinta questão, que abordou a percepção dos alunos sobre a contribuição de práticas experimentais com auxílio da tecnologia para o ensino de Física, 81,25% (13 alunos) responderam positivamente. Isso reforça a relevância de adotar metodologias que combinam ludicidade e tecnologia, promovendo maior engajamento e eficiência no processo de ensino-aprendizagem. Esses dados, em conjunto, demonstram a necessidade de integrar práticas experimentais e ferramentas tecnológicas ao ensino de Física, proporcionando aos alunos uma experiência mais concreta e relevante.

Análise do questionário (pós-teste)

A atividade experimental intitulada teve como objetivo abordar o conteúdo de maneira concreta e prática. Durante a execução, foi aplicado um questionário (Quadro 2) a 16 alunos para avaliar a satisfação com a abordagem do conteúdo em sala de aula.

Nas respostas referentes às questões 1 e 2, 100% dos alunos afirmaram que, após a aula ministrada, compreendem o que é um Arduino e um sensor ultrassônico. Na terceira questão foi perguntado aos alunos se tiveram dificuldades para compreender os conceitos abordados na aplicação do experimento. Os resultados mostraram que 87,5% (14 alunos) não tiveram dificuldades em entender os conteúdos abordados, enquanto 12,5% (2 alunos) relataram dificuldades, mesmo após a aplicação do experimento.

Na quarta questão procurava saber se os conhecimentos adquiridos e a possibilidade de calcular a aceleração de queda livre, com o auxílio do Arduino, contribuíram para o aprendizado dos alunos. 93,75% (15 alunos) consideraram o uso do Arduino importante para atividades experimentais relacionadas à aceleração de queda livre,

enquanto apenas 6,25% (1 aluno) afirmou que o uso do Arduino não contribuiu para a compreensão do tema.

Por fim, na quinta questão, foi perguntado se o resultado da aceleração de queda livre obtido na prática experimental se aproximava do valor apresentado em livros didáticos e apostilas. Todos os alunos responderam positivamente, atribuindo essa proximidade ao baixo erro percentual observado no experimento. Esses resultados evidenciam que novas práticas de ensino, como o uso de tecnologias e experimentos concretos, tornam o aprendizado mais acessível e envolvente, contribuindo para o conforto e a motivação dos estudantes ao estudar os conteúdos.

Considerações finais

A conclusão deste trabalho reafirma o potencial pedagógico do produto educacional “Descobrimdo o valor da aceleração de queda livre com o auxílio do microcontrolador Arduino” para professores de Física do Ensino Médio. Por meio de uma abordagem experimental e tecnológica, foi possível conectar os conceitos teóricos da Física à realidade dos alunos, promovendo uma aprendizagem mais significativa. A utilização de materiais acessíveis e de baixo custo, como o Arduino e o software Excel, incentivou a interação social entre os estudantes, estimulando debates sobre a montagem experimental e a análise dos dados coletados, o que resultou em um maior engajamento no processo de ensino e aprendizagem.

Os resultados obtidos com a prática experimental evidenciaram que os alunos não apenas participaram ativamente da execução do experimento, mas também conseguiram obter valores experimentais próximos aos de referência. Isso demonstra que a integração de tecnologia e prática em sala de aula torna o conteúdo mais acessível

e envolvente. Além disso, o uso de novas tecnologias incentivou os alunos a desenvolverem tanto suas habilidades experimentais quanto teóricas. Mesmo aqueles que inicialmente não possuíam familiaridade com o Arduino demonstraram interesse pela ferramenta e pelo desafio de comprovar os dados.

A comparação dos resultados dos questionários aplicados antes e após a atividade revelou que projetos didáticos experimentais apoiados por tecnologias contribuem significativamente para o aumento da motivação e do interesse dos alunos nas aulas de Física. Esses projetos aproximam os conteúdos da realidade dos estudantes, assim como promovem uma interação mais ativa entre alunos e professores, enriquecendo o processo educacional.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que a proposta desenvolvida neste trabalho oferece um recurso complementar para consolidar os objetos de aprendizagem, as habilidades e as competências essenciais ao desenvolvimento acadêmico dos alunos no contexto escolar.

Referências

ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. Experimentals activities in Physics teaching: Differents approaches, differents objectives. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v 25, n. 2, p. 176-194, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/PLkjm3N5KjnXXKgDsXw5Dy4R/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 maio 2025.

ARDUINO. **Arduino**. Disponível em: <https://www.arduino.cc/>. Acesso em: 27 dez. 2024.

AUSUBEL, David Paul; NOVAK, Joseph Donald; HANESIAN, Helen. **Educational psychology: a cognitive view**. 2. ed. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1978.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Educação é a Base. Brasília, DF, 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/cne/base-nacional-comum-curricular-bncc>. Acesso em: 27 dez. 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. **COVID-19**. Disponível em: <https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/covid-19>. Acesso em: 27 dez. 2024.

CARVALHO, Thiago Chagas de. **Utilizando o Arduino no Ensino Médio para calcular o valor da aceleração de queda livre**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2019. 75 f. Disponível em: <http://www2.ufac.br/mnpef/menu/dissertacoes/turma-de-2019/thiago-chagas-de-carvalho.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2024.

CAVALCANTE, Marisa Almeida; TAVOLARO, Cristiane Rodrigues Caetano; MOLISANI, Elio. Física com Arduino para iniciantes. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 4, p. 4503-4503, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1806-11172011000400018>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/rrPFbrjsDdtKkrPDPTJXnn/>. Acesso em: 27 dez. 2024.

DUARTE, Sérgio Martins. **Os impactos do modelo tradicional de ensino na transposição didática e no fracasso escolar**. Dissertação (Mestrado em Ciências da Educação) – Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2018. 75 f. Disponível em: https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/6624/1/DM_S%C3%A9rgio%20Martins%20Duarte.pdf. Acesso em: 27 dez. 2024.

GOOGLE LLC. **Google Planilhas** [recurso eletrônico]. Disponível em: <https://workspace.google.com/intl/pt-BR/products/sheets/>. Acesso em: 27 dez. 2024.

GOOGLE. **Google Forms**. Disponível em: <https://www.google.com/forms/about/>. Acesso em: 27 dez. 2024.

GUIMARÃES, Cleidson Carneiro. Experimentação no ensino de Química: caminhos e descaminhos rumo à aprendizagem significativa. **Química Nova na Escola**, São Paulo, n. 3, p. 198-202, 2009. Disponível em: https://cabecadepapel.com/sites/colecaoaiq2011/QNEsc31_3/08-RSA-4107.pdf. Acesso em: 27 dez. 2024.

MCROBERTS, Michael. **Arduino básico**. Tradução de Rafael Zanolli. São Paulo: Novatec, 2011.

MICROSOFT. **Excel** [recurso eletrônico]. Disponível em: <https://www.microsoft.com/excel>. Acesso em: 27 dez. 2024.

MOREIRA, Marco Antônio. **Teorias de Aprendizagem**. São Paulo: E.P.U, 2011.

MOYA, Antonio. An Arduino experiment to study free fall at schools. **Physics Education**, [s.l.], v. 53, n. 5, p. 055020/1-4, 2018. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6552/aad4c6>. Acesso em: 27 dez. 2024.

NEVES, Rita de Araujo; DAMIANI, Magda Floriana. Vygotsky e as teorias da aprendizagem. **UNirevista**, Manaus, v. 1, n. 2, p. 1-10, 2006. Disponível em: <https://guaiaca.ufpel.edu.br/handle/prefix/5857>. Acesso em: 27 dez. 2024.

NUNES, Heberval Moreira. **Desenvolvimento e aplicação de um kit experimental com Arduino para o ensino do eletromagnetismo**. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – Universidade Federal do Estado do Maranhão, São Luís, 2018. 213 f.

OLIVEIRA, C. C. M.; SILVA, E. C. Vygotsky e a educação. **Revista Pró-Discente**, Vitória, ES, v. 17, n. 2, 2011. Disponível em: <https://periodicos.ufes.br/prodiscente/article/view/5808>. Acesso em: 27 dez. 2024.

OSTERMANN, Fernanda; HOLANDA, Claudio Jose de Holanda. **Teorias de Aprendizagem**. Porto Alegre: Evangraf, UFRGS, 2011.

RESNICK, Robert; HALLIDAY, David. **Fundamentos de Física**. v. 1. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

SÉRÉ, Marie-Geneviève; COELHO, Suzana Maria; NUNES, Antônio Dias. O papel da experimentação no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, Florianópolis, n. 1, p. 30-42, 2003. Disponível em: <https://www2.unifap.br/rsmatos/files/2018/04/O-PAPEL-DA-EXPERIMENTA%C3%87%C3%83O.pdf>. Acesso em: 27 dez. 2024.

THE DOCUMENT FOUNDATION. **LibreOffice** [recurso eletrônico]. Versão 7.6. Disponível em: <https://www.libreoffice.org/>. Acesso em: 27 dez. 2024.

VYGOTSKY, Lev Semionovitch. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 7. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

6 | Construção lógica para ensino de eletricidade utilizando a plataforma Scratch e o sensor LDR

Lídia da Rocha Silva²⁵
Bianca Martins Santos²⁶

25 Discente de pós-graduação em EPCT no Instituto Federal do Acre (IFAC), <http://lattes.cnpq.br/8543834104579799>. E-mail: lidia.silva@ufac.br.

26 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/4579645373015515>. E-mail: bianca.santos@ufac.br.

Introdução

A inserção do ensino de eletricidade desde os primeiros anos do Ensino Fundamental revela-se cada vez mais essencial no cenário educacional contemporâneo. A Base Nacional Comum Curricular - BNCC (Brasil, 2018) ressalta a importância de integrar as vivências e os aspectos empíricos das crianças no processo de ensino e aprendizagem, enfatizando a relação cotidiana do aluno com a construção do conhecimento.

No campo das inovações pedagógicas, a robótica tem ganhado destaque como um recurso educacional versátil, aplicável a diferentes níveis de ensino, disciplinas e conteúdos. Contudo, persiste a necessidade de promover abordagens metodológicas que ampliem seu alcance e eficácia. Nesse contexto, a proposta concentra-se na inserção de conceitos básicos de eletricidade ainda no Ensino Fundamental, como forma de preparar os alunos gradualmente para conteúdos mais complexos nas séries subsequentes. A aplicação deste trabalho ocorreu na Escola New Solar Kids, uma instituição privada de Educação Básica localizada em Rio Branco, Acre, durante aulas de Robótica *Maker* voltadas para estudantes do 1º e 5º anos do Ensino Fundamental.

À luz das contribuições teóricas de Jerome Bruner e Jean Piaget, este estudo considera a importância de alinhar as disciplinas curriculares às etapas de desenvolvimento cognitivo dos alunos. Para Bruner, a aprendizagem é um processo ativo, no qual o estudante constrói o conhecimento de forma progressiva por meio de representações. Piaget, por sua vez, destaca a necessidade de adequar as atividades educacionais às fases do desenvolvimento cognitivo, garantindo que os conteúdos sejam compreendidos e internalizados de maneira efetiva.

Este texto aborda a transformação de energia elétrica em energia luminosa e sonora, utilizando o LED – Diodo Emissor de Luz e o *Buzzer* – campainha, bem como a aplicação do efeito fotoelétrico, um fenômeno físico que explica o funcionamento do sensor LDR - *Light Dependent Resistor*. Os conceitos relacionados à explicação desses fenômenos fundamentam as atividades desenvolvidas nas sequências didáticas. Assim, este estudo tem como objetivo relatar, sob a perspectiva dos autores, a experiência de aplicação das sequências didáticas propostas durante as aulas de robótica, analisando os impactos na compreensão dos conceitos de eletricidade proporcionados pela interação dos alunos com ferramentas de eletrônica e programação.

Fundamentação teórica

As orientações educacionais contemporâneas, expressas por documentos como o Plano Nacional de Educação (PNE), a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e as diretrizes do Ministério da Educação (MEC), reforçam a importância de integrar a robótica ao ensino como uma abordagem pedagógica inovadora.

Diretrizes Educacionais no Ensino Fundamental

No ensino de ciências, os conceitos básicos de eletricidade, que começam a ser introduzidos nos anos iniciais do ensino fundamental, desempenham um papel essencial na formação do aluno; tendo como objetivo capacitar o aluno a reconhecer as interações humanas e tecnológicas em um contexto mais amplo. Conforme descrito no PNE, o bloco temático relacionado aos recursos tecnológicos:

[...] as transformações dos recursos materiais e energéticos em produtos necessários à vida humana, aparelhos, máquinas, instrumentos e processos que possibilitam essas transforma-

ções e as implicações sociais do desenvolvimento e do uso de tecnologias (Brasil, 1997, p. 27).

Já a BNCC apresenta a unidade temática “Matéria e Energia”, que aborda o estudo de materiais, suas transformações, e os diferentes usos da energia. Esse eixo temático propõe construir conhecimentos sobre a natureza da matéria, suas aplicações tecnológicas e os impactos históricos e sociais. Segundo o documento: “[...] discute-se, também, a perspectiva histórica da apropriação humana desses recursos, com base, por exemplo, na identificação do uso de materiais em diferentes ambientes e épocas e sua relação com a sociedade e a tecnologia” (Brasil, 2018, p. 325).

Essas orientações evidenciam que o ensino de conceitos de eletricidade está vinculado ao desenvolvimento tecnológico, sendo enriquecido por abordagens pedagógicas deste campo, como a robótica. Ao possibilitar a integração entre teoria e prática, a robótica proporciona uma vivência multidisciplinar.

Nesse contexto, o MEC destaca a robótica como:

[...] ferramenta de ensino e como recurso para fomentar a aprendizagem dos conteúdos curriculares, com intuito de estimular a criatividade, a experimentação, a criticidade, a análise sistêmica e a inclusão de tecnologia digital com vistas à inovação dos métodos de ensino. O impacto das novas tecnologias no cotidiano de alunos e professores é incontestável e traz significativas alterações nas relações entre aluno, professor e construção de saberes. Permite a democratização e o acesso aos recursos tecnológicos inovadores, a incorporação de novas possibilidades de trabalho docente, a dinamização do currículo e o fortalecimento da relação teoria e prática vinculada aos conhecimentos desenvolvidos no cotidiano escolar (Brasil, 2017, p. 3-4).

Para que os professores promovam um ensino eficaz, é essencial considerar a alfabetização científica como um pilar da formação educacional. Krasilchik e Marandino (2004, p. 26) ressaltam que: “o significado da expressão alfabetização científica engloba a ideia de le-

tramento, capacidade de ler, compreender e expressar opiniões sobre ciência e tecnologia”.

Esse processo possibilita que os alunos desenvolvam competências críticas para compreender os aspectos científicos que fundamentam o avanço tecnológico e participem ativamente da cultura científica. Nessa perspectiva é importante considerar os aspectos relacionados ao desenvolvimento cognitivo dos alunos, garantindo que as atividades propostas sejam adequadas ao nível de compreensão deles. Diante disso, as contribuições de Bruner e Piaget são essenciais.

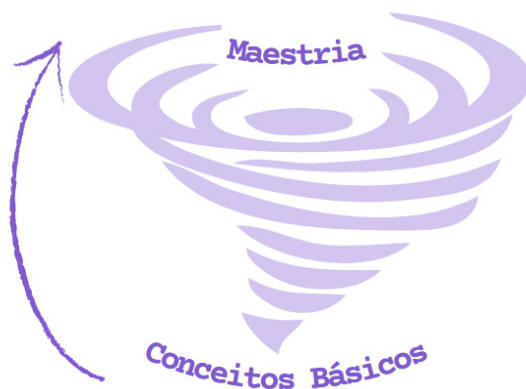
Fundamentos para a Aprendizagem

Iniciamos nossas inferências com a seguinte citação de Bruner: “é possível ensinar qualquer assunto, de uma maneira honesta, a qualquer criança em qualquer estágio do desenvolvimento” (Bruner, 1969, p. 73,76). Esta afirmação destaca a ideia de que o ensino deve ser adaptado ao estágio de desenvolvimento intelectual de cada criança, respeitando suas capacidades cognitivas em diferentes fases.

Bruner (1973) descreve três fases principais no desenvolvimento cognitivo: a fase inativa, a fase icônica e a fase simbólica. Não iremos explicar essas fases neste momento, mas elas serão melhor desenvolvidas na seção de resultados, onde será possível relacioná-las com a experiência de aplicação durante as atividades propostas.

Para a efetivação do ensino, é essencial pensar em estratégias que possibilitem a aplicabilidade dessas fases no currículo. Bruner salienta a necessidade de um currículo baseado em formato espiral, que pode ser visto na Figura 1. No currículo em espiral, o aluno passa a ter contato com os temas estudados de forma constante, porém em níveis progressivos de complexidade promovendo o entendimento crescente (Bruner, 1969).

Figura 1: Currículo em espiral



Fonte: Elaborado pelas autoras.

Ao analisarmos a imagem 1 que ilustra o processo de aprendizagem no formato espiral, é possível perceber que o aprendizado se inicia com conceitos básicos, que vão se expandindo para dimensões mais complexas à medida que o conhecimento se constrói. Contudo, para garantir que esse processo seja eficiente, é fundamental refletir sobre a reorganização curricular sugerida por Bruner (1976):

Consiste a instrução em conduzir o estudante ao longo de uma sequência de proposições e confirmações, de um problema ou conjunto de conhecimentos, que aumentem a sua aptidão para compreender, transformar e transferir o assunto de estudo (Bruner, 1976, p. 65).

O processo de efetivação do ensino e aprendizagem acontece por meio do estímulo à curiosidade e ao pensamento crítico que será orientado pelo professor. No contexto educacional, a aprendizagem por descoberta desempenha um papel central, pois envolve o aluno diretamente no processo de exploração e investigação, usando as metodologias científicas próprias de cada disciplina.

Como Bruner (1969) ressalta, a aprendizagem por descoberta ocorre de maneira eficaz quando é orientada por uma instrução que

organiza e esclarece as explorações, proporcionando ao estudante um caminho direcionado para resolver problemas. Assim, o papel do educador é fundamental para guiar o aluno ao longo de sua jornada de aprendizagem, tornando o processo de descoberta estruturado, ao mesmo tempo que fomenta a curiosidade e o desejo de aprender mais.

A epistemologia genética de Piaget (1986) contempla o processo de inteligência ligado ao indivíduo desde o nascimento, em um processo de construção, oriundo de reflexões, e aproximação com o meio, não é puramente inato, nem um único complexo externo, mas sim, uma relação construtiva. O autor afirma que “[...] para entendermos a evolução da inteligência é indispensável conhecer as relações que o sujeito estabelece com o meio e como o meio influencia nesse processo [...]” (Piaget, 1986, p. 28)

Piaget (1999), evidencia o processo de desenvolvimento e aprendizagem e destaca os aspectos biológicos e maturacionais interligados ao ambiente externo. Portanto, enfatizamos quatro estágios destacados pelo autor que nos auxiliarão a compreender o processo de construção de conhecimento das crianças no Ensino Fundamental I, que são: sensorio motor, pré-operacional, operacional concreto e operações formais. Assim, cada estágio especifica a capacidade cognitiva que as crianças e adolescentes são capazes de desenvolver, diante de cada faixa etária. É um desenvolvimento progressivo, no qual cada estágio se torna essencial para contemplar as características do posterior.

[...] cada um dos estágios passados corresponde a um nível mais ou menos elementar ou elevado da hierarquia das condutas. Mas a cada estágio correspondem também características momentâneas e secundárias, que são modificadas pelo desenvolvimento ulterior, em função da necessidade de melhor organização. Cada estágio constitui então, pelas estruturas que o definem, uma forma particular de equilíbrio, efetuando-se a evolução mental no sentido de uma equilibração sempre mais completa (Piaget, 1999, p. 15).

No contexto da teoria piagetiana, temos alguns conceitos que explicam o processo de ensino-aprendizagem como a assimilação, acomodação e equilíbrio. Segundo Moreira (1999, p. 100) “[...] quando o organismo (mente) assimila, ele incorpora a realidade a seus esquemas de ação, impondo-se ao meio. [...] Não há acomodação sem assimilação, pois a acomodação é a reestruturação da assimilação”. Esses conceitos ajudam a compreender como os alunos se apropriam do conhecimento e como a interação com o ambiente e o conteúdo propicia o desenvolvimento. Assim, a interação com recursos tecnológicos, em um ambiente específico e sob a orientação do professor com o propósito de ensinar o conteúdo, favorece a aprendizagem dos conceitos de eletricidade.

Efeitos da Eletricidade no LED, Buzzer e LDR

A aplicação do efeito fotoelétrico, que explica o funcionamento do sensor LDR, evoluiu desde as primeiras evidências experimentais realizadas por Hertz, ao observar a relação entre a luz ultravioleta com descarga em superfícies metálicas, até a detecção de qubits em sistemas quânticos. Para a compreensão desse fenômeno apresentamos os conceitos básicos de eletricidade utilizados na pesquisa.

Nussenzveig (2015) define como corrente elétrica i a movimentação dos portadores de carga dq através de uma dada seção transversal de um fio condutor ao longo do tempo dt , equação (1), porém se observarmos o mesmo fato em uma seção oblíqua de orientação qualquer, devemos admitir a equação (2), em que a corrente di pode ser considerada como o fluxo através do elemento de área dS de um vetor j , com orientação \hat{n} .

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1)$$

$$di = j \cdot \hat{n} dS \quad (2)$$

O vetor j têm a mesma direção e sentido do movimento das cargas positivas e recebe o nome de densidade de corrente. Para portadores de cargas que se deslocam à mesma velocidade v , a carga q total que atravessa dS durante dt é a carga contida num cilindro de base dS e geratrizes vdt , cujo volume, equação (3). Ao associar a densidade volumétrica de carga ρ a carga total contida em dv será $dq = \rho dv$, contribuindo para corrente (equação 4).

$$dv = vdt \cdot \hat{n} dS \quad (3)$$

$$di = \rho v \cdot \hat{n} dS \quad (4)$$

Ao comparar essa última com a equação (2), vemos $j = \rho \cdot v$. Sendo a carga q e a densidade dos portadores n , temos $\rho = nq$ e $j = nqv$. Essas definições nos ajudam a generalizar a expressão à situação com diferentes grupos de portadores, se movendo a velocidades diferentes. “Se n_i é o número de portadores com carga q_i , e velocidade v_i , por unidade de volume ($i = 1, 2, \dots$), teremos, equação (5), onde a soma algébrica se estende a todos os grupos de portadores de cargas” (Nussenzveig, 2015, p. 102).

$$j = \sum_i n_i q_i v_i \quad (5)$$

No princípio da conservação de carga elétrica (soma algébrica das cargas) a carga total de um sistema isolado nunca se altera. Mesmo em processos envolvendo energias elevadas e aniquilação, o princípio ainda é consistente.

O autor, aborda que a corrente dentro de um material na qual partículas carregadas reagem à força a elas aplicadas, dependerá da

natureza do material e em geral ao campo elétrico E uniforme, que para esta definição, será paralelo comprimento dl . Ohm fazendo analogia com a lei de condução de calor relaciona $j = \sigma E$, onde a constante σ é a condutividade elétrica. Em um trecho dl de um fio condutor de secção transversal S , a diferença de potencial dV entre o início A e o fim B das seções é, equação (6). Por definição, a intensidade da corrente é, equação (7), logo, equação (8).

$$V_a - V_b \equiv dV = \int_A^B E \cdot dl = E dl \quad (6)$$

$$i = \int_S j \cdot \hat{n} dS = j \cdot S = \sigma E s \quad (7)$$

$$dV = \frac{i}{\sigma S} dl \quad (8)$$

Para um fio de comprimento l com seção constante entre A e B , o mesmo autor define equação (9), onde equação (10) é a resistência do fio entre os pontos A e B e $\rho \equiv \frac{1}{\sigma}$ é a resistividade do material.

$$V_A - V_B \equiv V = Ri \quad (9)$$

$$R = \frac{l}{\sigma S} \equiv \rho \frac{l}{S} \quad (10)$$

O funcionamento do LED baseia-se em um fenômeno físico denominado eletroluminescência, que ocorre quando uma tensão elétrica é aplicada aos seus terminais. Para que o LED opere corretamente, é necessário que o ânodo esteja conectado ao potencial positivo e o cátodo ao potencial negativo da fonte, estabelecendo um sentido para a corrente elétrica. Sob essas condições, os elétrons pre-

sentes no material semicondutor se recombinam nas lacunas, liberando energia em forma de luz.

Da mesma forma, o *buzzer* funciona como resposta a corrente estabelecida, porém utiliza um princípio físico distinto. Esse dispositivo converte energia elétrica em energia sonora por meio da vibração de um material piezoelétrico, que é sensível à aplicação da tensão elétrica. O material interno expande-se e contrai-se rapidamente, produzindo vibrações que geram ondas sonoras audíveis.

Nussenzveig (2014) discute a teoria quântica relacionando diversas teorias que fornecem explicação para o comportamento da matéria. Começa mostrando o resultado de um experimento (Figura 2), em que o potencial de frenagem V muda à medida que a frequência da luz ν incidente aumenta; nessa configuração, a energia fornecida pela luz produz a fotocorrente.

Figura 2: Variação da corrente com a frequência da luz incidente

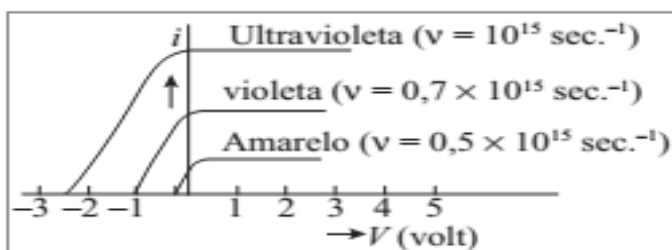


Figura 7.4 Variação de i com a frequência da luz.

Fonte: Nussenzveig (2014, p. 207).

Os elétrons que se movimentam devido a diferença de potencial têm direções de movimento e energia cinética diferente em virtude da distribuição de energia do material, equação (11).

$$\frac{1}{2} m_e v_m^2 = eV_F \quad (11)$$

Afirma que pelo princípio da conservação de energia, a energia cinética máxima adquirida pelo elétron deve ser igual à energia E fornecida pela luz, menos o trabalho W necessário para remover o elétron da superfície, superando a força de atração da carga positiva remanescente, equação 12, em que W é uma característica, denominada função do trabalho.

$$\frac{1}{2} m_e v_m^2 = eV_F = E - W \quad (12)$$

Segundo o autor, na teoria eletromagnética clássica a energia transportada na onda, é diretamente proporcional a intensidade I_0 da onda para qualquer frequência ν . Uma consequência disso seria V_F variar na mesma proporção, mas isso não foi observado experimentalmente. A equação (13) proposta por Einstein a partir das ideias de Planck para o efeito fotoelétrico, explica que o aumento de V_F com ν consiste de quanta de energia, $E = h\nu$, em que h é a constante de planck.

$$\frac{1}{2} m_e v_m^2 = eV_F = h\nu - W \quad (13)$$

Compton na equação (14), levou às últimas consequências as hipóteses de Einstein, “verificou experimentalmente, tanto o valor absoluto do deslocamento quanto a sua dependência angular” (Nussenzveig, 2014, p. 212). Em que λ é o comprimento de onda, m_0 é a massa de repouso do elétron, c é a velocidade da luz no vácuo e θ é o ângulo de espalhamento; assim, definindo a constante $\frac{h}{m_0 c}$ como comprimento de onda de Compton.

$$\Delta\lambda \equiv \lambda - \lambda_0 = \left(\frac{h}{m_0 c}\right) (1 - \cos \theta) \quad (14)$$

O efeito Compton complementa o entendimento do efeito fotoelétrico ao reforçar a natureza quântica da luz. O entendimento do comportamento da luz e de sua interação com a matéria avançou, graças às contribuições de diversos cientistas desde a proposição de Einstein para o efeito fotoelétrico.

Produto educacional e metodologia de implementação

O conhecimento científico, ao lidar com a ocorrência de fatos, “é sistemático, já que se trata de um saber ordenado logicamente, formado por um sistema de ideias (teorias) e não um conhecimento disperso e desconexo” (Lakatos; Marconi, 2003, p. 80). Caracterizamos a sistematização como sendo os aspectos relativos à classificação da pesquisa quanto à natureza, objetivos, abordagem, finalidade e método usado no trabalho.

Seguindo a perspectiva do método indutivo, esta pesquisa construiu conhecimento a partir da observação e análise de dados, utilizando ferramentas de robótica para explorar as nuances do caso concreto e facilitar a análise científica. Essa abordagem se fundamenta nos métodos sistemáticos do conhecimento científico, permitindo a análise de novas metodologias no contexto educacional, especialmente diante das demandas da realidade social contemporânea.

Com base nos critérios de Gil (2002), a pesquisa adotou características descritivas e exploratórias, estruturando o processo educativo por meio da observação e experimentação. A integração da programação e eletrônica no ambiente escolar possibilita que os alunos construam gradativamente o conhecimento, favorecendo o aprendizado ativo e contextualizado por meio da interação com os elementos apresentados.

Com base na abordagem, a pesquisa enquadra-se no âmbito dos estudos qualitativos, conduzida através de estudo de caso. Para André (2013), essa metodologia destaca-se por permitir a compreensão da realidade a partir de diversas perspectivas, explorando suas particularidades. Sob essa ótica, a construção do conhecimento é abordada como um processo que emerge das interações do sujeito/alunos com o contexto/ambiente escolar.

Este estudo partiu do seguinte problema de pesquisa: Como a plataforma Scratch e o sensor LDR podem ser adotados para ensinar conceitos de eletricidade, utilizando a lógica de programação no processo de ensino? O problema teve como motivação dois aspectos da realidade educacional: primeiro, as dificuldades apresentadas pelos alunos em assimilar o conteúdo; segundo a necessidade de adequações dos métodos de ensino. Assim, o produto educacional apresenta uma proposta de ensino que confronta a problemática sob a perspectiva dos autores que fundamentam o trabalho.

Tendo em vista que a área da robótica aborda entre outros campos, o da eletricidade, foi construído um produto educacional para orientar a aplicação da proposta de ensino²⁷. Trata-se de um Guia Didático²⁸, composto por roteiros de atividades e sequências didáticas que foram utilizados durante as aulas de robótica nas turmas de 1º ao 5º ano do Ensino Fundamental. Para satisfazer o objetivo deste trabalho, discutiremos apenas o produto do 1º ano e do 5º ano. No Quadro 1, podemos observar os principais elementos das sequências didáticas utilizadas nas duas turmas.

27 <http://www2.ufac.br/mnpef/menu/dissertacoes/turma-de-2019/lidia-da-rocha-silva.pdf>.

28 <http://www2.ufac.br/mnpef/menu/produtos-educacionais/produto-educacional-lidia.pdf>.

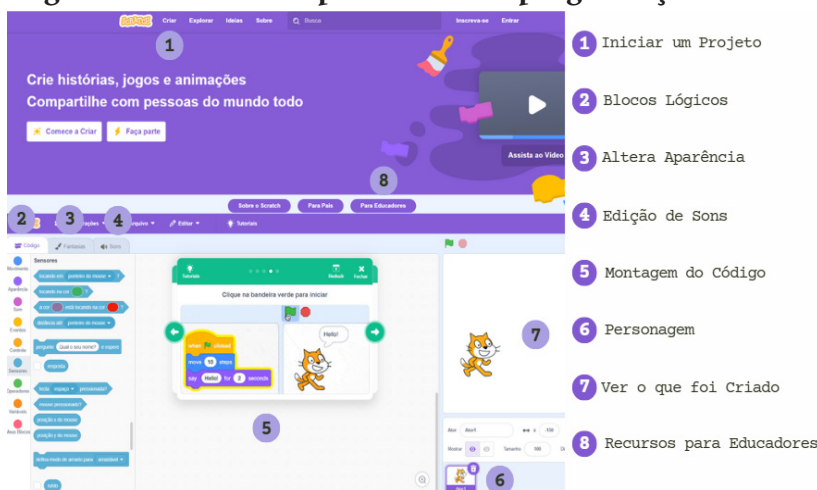
Quadro 1: Síntese das sequências didáticas

Turma: 1ª Série	Turma: 5ª Série
Tema: Fonte e condução de energia.	Tema: Resistência Elétrica e Corrente.
Recursos: Computadores, plataforma Scratch, internet, projetor e kit de robótica com: Protoboard, bateria 3,3 V, Jumper, leds e buzzer.	Recursos: Computadores com IDE do Arduino, projetor e kit de robótica com: Placa Arduino UNO, protoboard, cabo USB e jumpers, fontes 9V, sensor LDR e leds.
Cronograma: <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação de conceitos para desenvolvimento da lógica criativa; • Prática de animações no Scratch; • Inclusão de conceitos de eletricidade; • Montagem de circuito simples. 	Cronograma: <ul style="list-style-type: none"> • Apresentação do projeto; • Revisão prática de esquema eletrônico; • Estudo das variáveis para controle dos diodos no código; • Montagem do projeto.
Carga horária: 4 h/aulas	

Fonte: Acervo das Autoras, 2022.

A sequência sobre Fonte e Condução de Energia que está à esquerda do Quadro 1, usada nas aulas da primeira série, traz recursos digitais e físicos. O principal recurso digital usado como base para construção conceitual foi a plataforma de programação Scratch, Figura 3.

Figura 3: Recursos da plataforma de programação Scratch



Fonte: Acervo Lídia da Rocha Silva, 2022.

O Scratch foi criado em 2003, por um grupo de estudantes do Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT) e consiste em um ambiente de programação destinado a ajudar as crianças na aprendiza-

gem por meio do desenvolvimento de histórias, jogos e animações²⁹ (Martins, 2012).

As duas primeiras aulas previstas no cronograma foram realizadas no ambiente de programação da Figura 3, com o objetivo de introduzir conceitos e estimular a lógica criativa. No início das aulas, foi apresentada a plataforma, demonstrada as funções básicas e desenvolvida uma animação com a participação dos alunos.

Para a elaboração de projetos na plataforma, três etapas principais foram seguidas. A primeira etapa envolve o acesso aos tutoriais e projetos compartilhados na tela inicial (indicado como nº 8). Esses tutoriais, direcionados a educadores, oferecem uma introdução ao ambiente de programação. Na segunda etapa, ocorre a criação de projetos do zero por meio da opção “Criar” (localizada no canto superior esquerdo, nº 1), permitindo iniciar um novo projeto. Nesse momento, o usuário escolhe os atores e cenários disponíveis na biblioteca do software (canto inferior direito, nº 6), que atuam como agentes principais na composição da animação. Por fim, a terceira etapa é dedicada à adição de funções, realizadas por meio do menu vertical esquerdo (nº 2), onde categorias como movimento, aparência, som, eventos, controle, sensores, operadores e blocos são selecionadas. Esses elementos são organizados no ambiente de programação (nº 5) com blocos lógicos que se encaixam para formar o código. Estruturados como comandos pré-definidos, os blocos permitem dar vida aos elementos do projeto, tornando-os dinâmicos e interativos.

Em outro momento, estabeleceu-se uma relação entre os conceitos criativos das histórias desenvolvidas no Scratch e os componentes de um circuito elétrico apresentado aos alunos. Posteriormente, realizou-se a substituição dos elementos digitais por elementos físicos relacionados à condução de energia. De forma análoga, pode-se associar a necessidade de energia que uma planta possui para

29 Disponível em: <https://scratch.mit.edu/>. Acesso em: 15 dez. 2024.

sustentar seu ciclo natural à necessidade de um “personagem animado” em torno do qual uma história se desenvolve. Da mesma forma, um circuito elétrico requer componentes básicos que desempenhem funções específicas para garantir seu funcionamento.

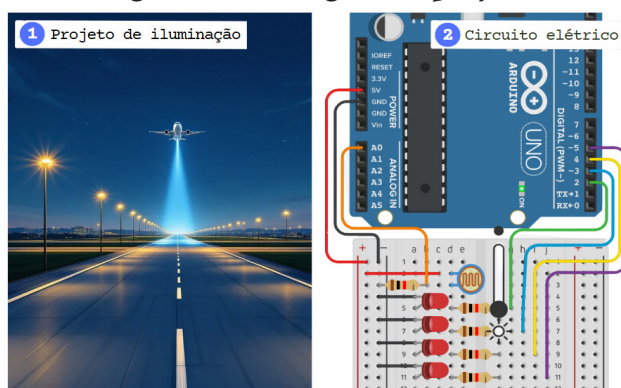
A compreensão da eletricidade requer uma abordagem em estágio que parte de conceitos que formam o alicerce para os subsequentes e avança para propriedades e elementos que atuam nos circuitos. Para trabalhar os conceitos de eletricidade, durante as aulas 3 e 4, foram apresentados os recursos físicos, componentes eletrônicos como a fonte, representada por uma bateria; o condutor, exemplificado pelos jumpers e a protoboard; e os atuadores demonstrado pelos LEDs – Diodo Emissor de Luz e o Buzzer – campainha. Após essa apresentação inicial, a aula anterior foi lembrada, especialmente no que dizia respeito às funções dos componentes das animações criadas.

Os conceitos de física apresentados, apesar de claros, requerem abordagem específica ao estágio de desenvolvimento dos alunos. Para isso, a linguagem precisa ser adaptada. Comentamos o conceito de energia como algo que faz as coisas funcionarem e se mexerem e relacionamos a outros conceitos formados, como por exemplo, a força que usamos para empurrar um balanço no parquinho: Essa força dá energia ao balanço, e ele começa a se mover. Quando falamos de como a energia se move de um lugar para outro, estamos falando da condução de energia. Agora, imagine que a força elétrica, que é como um empurrãozinho invisível, funciona de um jeito parecido com a gravidade, aquela força que faz as coisas caírem no chão. Essas forças ajudam a mover e transformar a energia de diferentes formas, fazendo as coisas funcionarem no nosso mundo.

Ao final, aplicamos o roteiro de atividades, disponibilizado no produto educacional, para realizar a montagem de circuitos elétricos e preencher as etapas descritas no guia didático.

Retornando ao Quadro 1, a sequência com tema Resistência Elétrica e Corrente aplicada aos alunos do 5º ano, iniciou com a apresentação do projeto e dos materiais utilizados para construção. O projeto consiste em um protótipo que propõe a redução de riscos de acidentes por meio da iluminação automatizada de uma pista de pouso e decolagem, visando garantir maior visibilidade aos pilotos. Trata-se de um sistema de sinalização inteligente, acionado por sensor LDR que delimita o trajeto na pista a partir da aproximação da aeronave, vide Figura 4. As luzes de LED, projetadas para serem ativadas somente quando necessário, proporcionam economia de energia, o que contribui para a redução dos custos operacionais do aeroporto. Comentamos com os alunos sobre a possibilidade da utilização de outros sinais, acionados por diferentes mecanismos, para facilitar a comunicação com o piloto durante o taxiamento. Esses sistemas visam substituir o uso de sinalizadores manuais utilizados pelos fiscais de pátio, tornando as manobras mais seguras.

Figura 4: Montagem do projeto



Fonte: Acervo Lídia da Rocha Silva (2024)

Durante a aula 2, foi estudado o esquema eletrônico necessário para montagem do protótipo, conforme a Figura 4. A plataforma Arduino é projetada para facilitar o desenvolvimento de sistemas embarcados e automação, sendo composta por uma arquitetura

de hardware e software de código aberto³⁰. Souza *et al.* (2011, p. 2) conceitua: “O Arduino é uma plataforma de *hardware open source*, de fácil utilização, ideal para a criação de dispositivos que permitam interação com o ambiente”. Essa placa se conecta ao computador por meio de uma interface USB, que permite tanto a programação do microcontrolador quanto o fornecimento de energia. Ela disponibiliza saídas de tensão contínua (DC) reguladas de 3,3 V e 5 V, ideais para alimentar sensores, atuadores e módulos externos. Sua arquitetura inclui pinos de entrada e saída digitais, pinos analógicos para leitura de sinais variáveis, e um microcontrolador responsável pelo processamento das instruções (Oliveira, 2021).

O componente principal do projeto é o LDR, resistor sensível a faixa do espectro luminoso visível que ao ser construído principalmente de Sulfeto de Cádmio (CdS), fornece dados do ambiente para a placa através de dois terminais. “Seu funcionamento é explicado pelo efeito fotoelétrico” (Mendes Júnior; Stevan Jr, 2013, p.1).

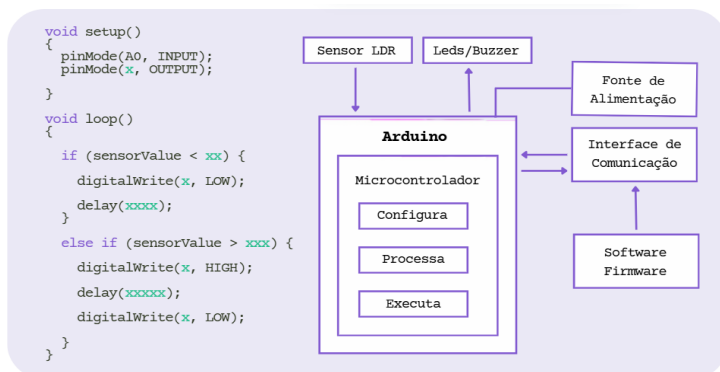
A aula 3 foi destinada ao estudo das variáveis de controle do código. As instruções foram feitas utilizando a plataforma de código aberto IDE – Ambiente de Desenvolvimento Integrado do Arduino, que tem base em Java. A interface usada para edição do código que interage com a porta serial enviando e recebendo dados, pode ser observada no fluxo operacional da Figura 5. Com base na obra de Júnior e Oliveira (2021) o código do microcontrolador é baseado em C/C++, com bibliotecas específicas. As bibliotecas são compostas por códigos pré-escritos que facilitam o uso do hardware. O código C/C++ é compilado pelo programa usando AVR-GCC, transformado em linguagem de máquina, gravado no microcontrolador da placa ATmega328P e executado.

A sintaxe de alguns elementos do código disponível na Figura 5 consiste em: configurar os pinos digitais como saída (OUTPUT) por

30 Disponível em: <https://www.arduino.cc/en/hardware>. Acesso em: 12 dez. 2024.

meio da função `pinMode`; estabelecer a condição < 50 para o valor de entrada `sensorValue` do sensor. Neste modo, em que o sensor recebe pouca energia luminosa, a tensão se mantém ou é trazida para 0V através da constante `LOW`; definir o pino analógico A0 (INPUT) como entrada de valores do sensor e acionar a tensão de 5V através da constante `HIGH` quando a variável `sensorValue` for > 400 . Neste momento o led será ligado, posto que, indica que houve mudança na leitura da fotoresistência a ponto de atender a definição especificada.

Figura 5: Sintaxe de alguns elementos do código e fluxo operacional



Fonte: Acervo Lúdia da Rocha Silva (2024).

As funções `setup`, `loop` e `delay` também são essenciais para a estrutura. Na ordem mencionada, elas definem a execução inicial do programa, a aplicação contínua da lógica e a introdução de um atraso na execução do código. Neste caso, utilizamos 1 segundo para ligar os LEDs e 10 segundos para desligá-los.

Na Aula 4, foi realizada a aplicação do roteiro didático, disponibilizado integralmente no produto educacional, no qual os alunos utilizaram os conhecimentos adquiridos nas aulas anteriores para montar o circuito elétrico, implementar o código, interagir com o protótipo e preencher o roteiro. O algoritmo usado neste trabalho foi simplificado, com a remoção da variação da energia luminosa dos

diodos, contudo, continua satisfazendo os objetivos do projeto. Você pode analisá-lo no Quadro 2, utilizando os comentários para melhor leitura. Esses comentários são ignorados pelo compilador tendo como objetivo documentar o funcionamento do programa.

Quadro 2: Algoritmo usado no trabalho

```
int my_1 = 0;
void setup()
{
    // Define o pino A0 como entrada para ler valores analógicos do sensor ldr
    pinMode(A0, INPUT);
    Serial.begin(9600);
    // Define os pinos 2, 3, 4 e 5 como saídas digitais para controlar os leds
    pinMode(2, OUTPUT);
    pinMode(3, OUTPUT);
    pinMode(4, OUTPUT);
    pinMode(5, OUTPUT);
}
void loop()
{
    int sensorValue = analogRead(A0);
    // Condição para verificar se o valor do sensor é menor que 50
    if (sensorValue < 50) {
        Serial.println(sensorValue);
        // Desliga todos os LEDs quando estiver escuro
        digitalWrite(2, LOW);
        digitalWrite(3, LOW);
        digitalWrite(4, LOW);
        digitalWrite(5, LOW);
        // Aguarda por 1 segundos
        delay(1000);
    }
}
```

```
else if (sensorValue > 400) {  
  Serial.println(sensorValue);  
  // Liga todos os LEDs quando a luz variar mais que 400  
  digitalWrite(2, HIGH);  
  digitalWrite(3, HIGH);  
  digitalWrite(4, HIGH);  
  digitalWrite(5, HIGH);  
  // Aguarda por 10 segundo  
  delay(10000);  
  // Desliga todos os LEDs  
  digitalWrite(2, LOW);  
  digitalWrite(3, LOW);  
  digitalWrite(4, LOW);  
  digitalWrite(5, LOW);  
}  
}
```

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Foram mantidos apenas dois estados para os LEDs, ligado e desligado, com base nos valores mínimo e máximo definidos para o sensor LDR. No Guia Didático, além da orientação para a prática, foram propostas questões sobre possíveis aplicações do sensor, sobre a relação entre as variáveis do código, o circuito e as mudanças observadas a partir da intensidade da luz incidente.

Resultados e discussões

A pesquisa, ao tratar o conhecimento como um processo de construção contínua, reconhece que essa continuidade ocorre em diferentes níveis. Iniciaremos nossas discussões apresentando o contexto geral das turmas observado ao longo das aulas e, posterior-

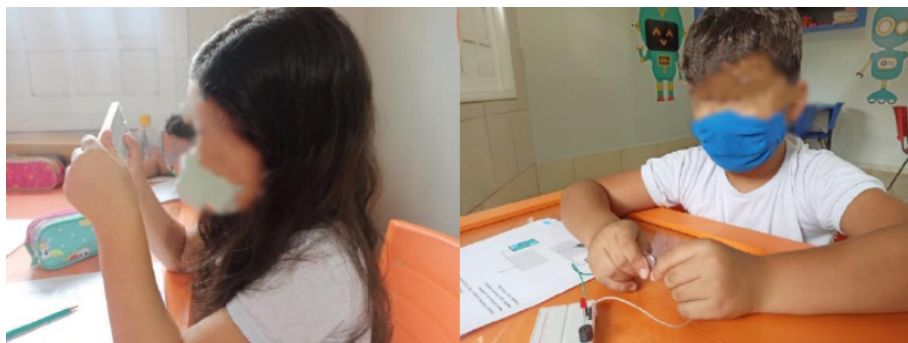
mente, identificamos, nas definições dos autores, as relações com o estágio de desenvolvimento, acompanhadas de comentários sobre a escolha do método utilizado e as estratégias para superação ou potencialização dos resultados.

Turma de 1º ano do Ensino Fundamental

Os alunos do primeiro ano, com 6 (seis) anos de idade, apresentaram dificuldades na linguagem. Alguns, ainda na fase inicial de alfabetização, liam as palavras soletrando e não conseguiam estabelecer associações entre as palavras lidas e seus referentes. Apesar disso, a oralidade estava bem desenvolvida, com um repertório vocabular limitado, mas suficiente para se comunicarem de maneira clara. A escrita, ligada à coordenação motora fina, também apresentou variações. Todos reconheciam as letras do alfabeto, mas alguns não conseguiam escrever palavras completas sem auxílio. Ainda assim, a caligrafia era legível em todos os casos.

Outro aspecto relevante relacionado à motricidade, pode ser visto na Figura 6, durante a montagem dos componentes eletrônicos do circuito.

Figura 6: Análise da protoboard antes de montar no circuito (esquerda). Teste do circuito após a substituição do led pelo *buzzer* (direita)



Fonte: Acervo Lídia da Rocha Silva (2021).

Enquanto a maioria demonstrou maior destreza manual, dois apresentaram dificuldades no encaixe das peças, evidenciando variações nas habilidades motoras da turma. A representação dos objetos através de elementos bidimensionais planos na tela do computador ou na folha de papel, foi essencial para identificação dos objetos tridimensionais reais.

No que diz respeito ao uso de ferramentas de programação, todos os alunos já tinham acesso prévio a dispositivos como celulares e tablets. Não houve dificuldades em lidar com a plataforma em si. A curiosidade, um elemento crucial, contribuiu para a familiarização com a ferramenta. O entusiasmo em criar utilizando tecnologia foi expressivo, com muitos alunos explorando-a em casa por iniciativa própria. Contudo, ao utilizarem notebooks, Figura 7, houve dificuldades relacionadas ao manuseio, pois estavam mais habituados a dispositivos com tela sensível ao toque.

Figura 7: Experimentando blocos para criar sequências de comandos no Scratch



Fonte: Acervo Lídia da Rocha Silva (2021).

A criatividade aguçada e a visão lúdica típica da infância, foram marcantes. As histórias criadas pelos alunos refletiam suas experiências de vida e interesses pessoais. Ocorreu ainda, resistência para fazer atividade em dupla.

Jerome Bruner (1973), em sua teoria do crescimento cognitivo, propõe três formas principais de representação mental. Essas fases não estão rigidamente associadas às idades específicas, e nem substituem umas às outras. As habilidades adquiridas são usadas à medida que novas formas de representação são desenvolvidas. A etapa mais marcante no primeiro ano do ensino fundamental é a representação icônica, onde o trabalho mental da criança evolui para um nível de maior reflexão, permitindo que ela seja capaz de realizar representações inversas. Esse tipo de representação amplia a capacidade de interpretação do ambiente, pois ativa os processos cognitivos por meio de imagens representativas. Também foi possível identificar a continuidade do trabalho mental da criança associado à experiência e à ação, características da fase inativa.

Exploramos a representação icônica por meio da plataforma Scratch, que oferece um ambiente adequado ao estágio de desenvolvimento cognitivo da criança. Aos 6 anos, a criança possui uma imaginação fértil e uma capacidade natural de criar histórias com narrativas simples, baseadas em suas experiências cotidianas. O uso da plataforma Scratch configurou-se como uma estratégia para transformar algo comum em novas experiências, por meio da inserção de outros elementos.

O processo de criação de animações no ambiente digital contribui para o desenvolvimento da representação inversa, conforme a definição de Bruner, pois os processos cognitivos são ativados a partir dos elementos simbólicos disponíveis nas bibliotecas. Utilizando das capacidades desenvolvidas no estágio anterior em que a criança entende o mundo com base nas interações físicas e nos movimentos que realiza, a montagem do circuito por meio de encaixe de componentes foi essencial para consolidar os conceitos de eletricidade.

Piaget (1986), ao estudar a inteligência e a construção do conhecimento sob uma perspectiva biológica, identificou estágios que

descrevem como as capacidades cognitivas das crianças evoluem à medida que crescem. Para ele, os alunos do primeiro ano do ensino fundamental encontram-se no estágio pré-operacional. Nesse estágio, a criança age de maneira coerente em termos comportamentais; no entanto, seu entendimento lógico da realidade ainda apresenta desequilíbrios. A superação das limitações relativas à causalidade, típicas dessa fase de desequilíbrio cognitivo, foi viabilizada, potencializando o uso de imagens mentais e da imaginação no Scratch. Nessa fase, a criança tem dificuldade em considerar perspectivas diferentes da sua, evidenciando uma visão centrada no próprio ponto de vista. Por essa razão, optou-se inicialmente pela realização das atividades de forma individual, formando-se duplas apenas quando surgiu necessidade.

A compreensão da linguagem, meio pelo qual nos comunicamos com o mundo, teve um impacto significativo no desenrolar das atividades. É essencial considerar que, de acordo com os direcionamentos do currículo escolar, as crianças desta série encontram-se no processo de alfabetização. A alfabetização é um percurso gradual que busca desenvolver as habilidades de leitura e escrita, além de promover o letramento. Para orientar as atividades com base no guia didático, foi necessário realizar adaptações. A letra utilizada apresentava características simples, com traços limpos, sem detalhes. Optou-se por uma fonte em tamanho 14 e letra bastão, cujos traços mais uniformes da letra maiúscula facilitam o reconhecimento e a escrita.

Outro recurso importante foi a utilização de imagens coloridas, para facilitar a criação de representações de conceitos abstratos. Elas contribuem para a compreensão das tarefas ao oferecer representações visuais que ativam processos cognitivos, de acordo com o conceito de representação inversa.

No momento de preencher o guia didático, os alunos que não conseguiram escrever sozinhos foram auxiliados. O aluno expressa-

va a ideia que desejava registrar e recebia ajuda da professora regente, da auxiliar ou de um colega de turma. Na situação em que houve resistência em realizar a atividade em dupla, o aluno não considerava as contribuições do colega. Esse comportamento, é descrito por Piaget (1986) como egocêntrico. Em razão dessa característica presente nessa etapa, as crianças demonstram dificuldade em compreender e aceitar perspectivas diferentes das suas. Assim, o aluno foi auxiliado por meio de sugestões, apenas no momento de necessidade, não podendo fazer dupla com a professora, como sugeriu.

Turma de 5º ano do Ensino Fundamental

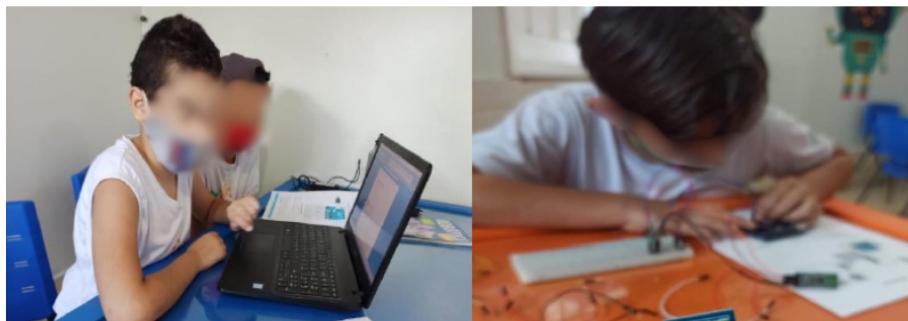
Como as aulas de robótica iniciam no primeiro ano, os alunos do 5º já conheciam alguns dos materiais utilizados e possuíam uma base mínima de eletrônica e programação. Com 10 anos de idade, demonstraram habilidades adequadas de leitura, escrita e interpretação. O uso de dispositivos tecnológicos, incluindo notebooks, já era frequente, embora ainda menos habitual que o uso de telas sensíveis ao toque, o que influenciou no tempo de digitação do código.

A participação durante o desenvolvimento do projeto cabe destaque. Desde sugestões de projetos com ideias de aplicação do sensor, passando pela construção do projeto proposto, até a análise do produto. Essa abordagem estimula o trabalho colaborativo, a criatividade e o desenvolvimento de habilidades técnicas essenciais.

Apesar de a turma assimilar o conteúdo com facilidade, foi necessária supervisão contínua e intervenções ao longo das aulas. As ações de intervenção concentraram-se nas dificuldades apresentadas pelos alunos em manter o foco na atividade proposta. Parte da dispersão observada estava relacionada aos conhecimentos prévios adquiridos em suas vivências pessoais e à facilidade de associar o tema

de estudo a outros saberes. Na Figura 8, são apresentados alguns momentos da aplicação prática do projeto e da resolução do roteiro.

Figura 8: Escrita do código e montagem dos componentes eletrônicos do projeto



Fonte: Acervo Lídia da Rocha Silva (2021).

Bruner (1973) define uma nova etapa que abrange essa fase do desenvolvimento, conhecida como representação simbólica, que corresponde ao período designado pela Escola de Genebra como operações formais. Nesse estágio, “a atividade intelectual da criança parece basear-se numa capacidade para operar com proposições hipotéticas, em vez de permanecer restrita ao que já experimentou ou ao que tem diante de si” (Bruner, 1973, p. 34-35).

O projeto proposto foi cuidadosamente planejado para explorar habilidades cognitivas específicas dos alunos do 5º ano. Durante a apresentação do sensor, foram feitas perguntas direcionadas e abertas discussões sobre possíveis aplicações do sensor LDR. Esse momento de interação foi previsto no planejamento didático, considerando a necessidade de estimular a capacidade intelectual para formular pensamentos hipotéticos e lógicos.

A necessidade de supervisão dos alunos acerca de foco se relaciona com o estágio operacional concreto de Piaget (1976), estando ligada às características cognitivas dos alunos dessa faixa etária. No estágio operacional concreto, que abrange crianças entre 7 e 11 anos,

os alunos começam a desenvolver habilidades para realizar operações lógicas, mas essas operações ainda estão restritas a contextos concretos. Embora sejam capazes de compreender e assimilar conteúdos, as crianças nesse estágio podem enfrentar dificuldades em manter o foco por períodos prolongados e em lidar com abstrações mais complexas.

O planejamento do projeto alinhou-se à fase simbólica descrita por Bruner, em que o aprendizado ocorre por meio da construção de significados a partir de símbolos e representações abstratas. As discussões permitiram que os alunos associassem conceitos teóricos a aplicações práticas, favorecendo a compreensão e a internalização do conhecimento.

Observe que Bruner, diferentemente de Piaget, não define a idade como um fator determinante no desenvolvimento cognitivo. No 5º ano, os alunos já possuem a capacidade de criar hipóteses, porém, quando estas estão relacionadas a outros recursos, o aprendizado torna-se facilitado. Por essa razão, foram estimulados a pensar soluções, mas o projeto desenvolvido pela turma foi proposto posteriormente, visando evitar barreiras associadas ao processo de construção das hipóteses. A necessidade de supervisão e intervenções ao longo das aulas reflete essas limitações. Embora os alunos consigam compreender e aprender com relativa facilidade, sua atenção e capacidade de foco em atividades estruturadas podem ser prejudicadas por distrações.

A linguagem bem desenvolvida e as habilidades com as ferramentas de robótica facilitaram a aplicação do projeto. A diminuição do egocentrismo, característica do estágio anterior de Piaget, e o interesse em resolver problemas também contribuíram para o processo. Os alunos foram capazes de trabalhar em dupla, compreendendo opiniões e perspectivas diferentes das suas, e conseguiram discutir estratégias.

Análise aplicável às duas turmas

Propor o projeto do 5º ano em forma de problema colocou os alunos como agentes ativos no processo de aprendizagem, estimulando a capacidade de gerar soluções e promovendo motivação. Esse resultado foi semelhante aos observados com o uso da plataforma de programação no 1º ano. Essa abordagem, que integra o uso de tecnologia, exemplifica como as ferramentas digitais podem ser um meio de tornar o aprendizado mais dinâmico. A cultura digital, que permeia a sociedade, impulsiona uma busca por aprofundamentos relacionados aos conhecimentos tecnológicos. Nesse contexto, é evidente a relação estabelecida entre esses elementos e os fundamentos teóricos e metodológicos aplicados no âmbito educacional.

No que se refere à avaliação da aprendizagem, as respostas solicitadas no guia didático foram abertas, utilizando expressões como: “descreva”, “comente”, “sugira o uso” e “estabeleça a relação”. A avaliação, exaustiva em seus métodos, considerou o preenchimento do guia didático como apenas um dos componentes da avaliação. O ensino de ciências, quando implementado de forma qualitativa, desempenha um papel fundamental no desenvolvimento e na evolução do aprendizado das crianças. Assim, não basta apenas apresentar os conhecimentos científicos aos alunos; é crucial oferecer oportunidades que possibilitem o seu verdadeiro engajamento nos processos de aprendizagem (Brasil, 2018).

O contexto vivido durante a aplicação foi impactado diretamente pelas circunstâncias da pandemia de Covid-19, que levou ao fechamento de escolas em diversas partes do mundo. Esse período de interrupção das atividades presenciais resultou em mudanças no modelo educacional, sendo necessário adaptar as práticas pedagógicas para garantir a continuidade do aprendizado. Ao retornarmos às atividades presenciais, com bastante insegurança e levando em consideração as condições sanitárias, foi oferecida a opção de participa-

ção pelo formato híbrido. Essa flexibilidade permitiu que as famílias decidissem o formato de retorno às atividades escolares mais adequado à rotina familiar. Enquanto isso, a equipe pedagógica se comprometeu a garantir que as aulas fossem transmitidas pelo Google Meet, assegurando a continuidade do ensino de forma remota para aqueles que optaram pela participação à distância.

O formato híbrido de ensino, embora tenha se mostrado uma alternativa viável durante o período de transição, impôs desafios significativos, especialmente no que tange à atenção exigida pelos alunos dessas séries. Nas aulas realizadas, a maioria dos alunos estavam presencialmente, mas em quase todas, um a três alunos se conectavam virtualmente, o que dificultou o acompanhamento eficaz do processo de aprendizagem. Essa situação gerou uma série de desafios no planejamento pedagógico, pois, para cada aula planejada para o formato presencial, era necessário criar uma adaptação específica para o ambiente remoto, o que demandava tempo e recursos adicionais.

Além disso, a falta de materiais físicos, imprescindíveis para as atividades, representou outro obstáculo na implementação do ensino híbrido. Embora o laboratório da escola dispunha de recursos adequados em termos de eletrônica e equipamentos tecnológicos, a ausência desses materiais para quem estava em casa limitou a realização de determinadas atividades práticas. Para contornar essa limitação, optou-se pelo uso da plataforma *Tinkercad*³¹, que possibilitou a simulação de circuitos e protótipos de maneira digital.

Entretanto, a principal dificuldade encontrada foi o acompanhamento simultâneo de alunos presenciais e remotos. A interação entre os dois grupos foi prejudicada pela impossibilidade de uma atenção plena a ambos, o que comprometeu a qualidade do acom-

31 O Tinkercad é um aplicativo Web gratuito para projetos 3D, eletrônica e codificação. Disponível em: <https://www.tinkercad.com/>. Acesso em: 12 dez. 2024.

panhamento. Embora a participação dos alunos no formato remoto tenha sido mantida, a divisão de atenção entre os grupos dificultou a comunicação e a promoção de um ambiente de aprendizagem colaborativo e integrado. O desafio de equilibrar as necessidades dos alunos presenciais e remotos evidenciou a complexidade do modelo híbrido, que, apesar de suas vantagens, exige um planejamento ainda mais cuidadoso e a adequação constante dos recursos e estratégias pedagógicas.

Ressaltamos a importância das intervenções realizadas ao longo das aulas. É essencial que as disciplinas não sejam trabalhadas de forma isolada, pois a integração entre elas potencializa o desenvolvimento do aluno. Nesse sentido, é fundamental que os professores de todas as áreas contribuam de maneira colaborativa para o processo educacional. O objetivo não era simplesmente concluir a atividade, mas promover a inclusão de conceitos de eletricidade. Por isso, optou-se por estender o tempo destinado às atividades e oferecer suporte no preenchimento do guia didático, evitando interferências que poderiam se caracterizar como a execução das tarefas pela professora em lugar do aluno.

Todas essas observações refletem a preocupação em atingir o objetivo deste trabalho. Embora o ensino de física, especialmente no que se refere à eletricidade, comumente envolve habilidades como aprender símbolos, representações, unidades, conversões e aplicação de fórmulas, nossa intenção não esteve orientada pelas diretrizes curriculares que definem essa abordagem voltada para o Ensino Médio. Todavia, o que nos interessou ao longo deste percurso para o ensino fundamental, foi proporcionar uma experiência de aprendizagem que estimule a compreensão conceitual, com base na realização de experimentos práticos e no uso de recursos tecnológicos.

A partir do currículo em espiral de Bruner, ilustrado na Figura 1, propomos uma abordagem que utiliza atividades práticas de robó-

tica para promover a aprendizagem por descoberta. Essa metodologia visa estimular a criatividade e o pensamento crítico dos alunos. Dentro dessa perspectiva, é possível observar a relação construtiva proposta por Piaget, que entende o processo de ensino-aprendizagem como um ciclo dinâmico de assimilação, acomodação e equilíbrio. Esse processo contínuo de organização do conhecimento permite que os alunos desenvolvam uma compreensão mais profunda dos conceitos, facilitando a construção de novas estruturas cognitivas.

Considerações finais

Tendo como finalidade a pesquisa básica, este estudo buscou gerar conhecimentos úteis para o ensino de Física, ao investigar a utilização da lógica de programação em ambientes/meios condicionados, a fim de ensinar conceitos de eletricidade. A pesquisa traz análises que, embora não tenham uma aplicação prática imediata, podem servir de base para estudos futuros.

O aluno da atualidade encontra-se imerso na cultura tecnológica. O emprego da eletricidade reflete a demanda pelo uso de tecnologias. Nesse contexto, o papel do professor torna-se um elemento fundamental para impulsionar a integração dessas ferramentas, além de possibilitar a construção de uma base conceitual sólida já nas séries iniciais.

É fundamental analisar as contribuições das tecnologias na prática docente. Para isso, recomendamos que o professor revise os objetivos das aulas, a fim de avaliar se os recursos tecnológicos são utilizados apenas como ferramentas adicionais ou se, de fato, impactam nos resultados. O mero uso de equipamentos tecnológicos, por si só, não garante o alcance dos objetivos pedagógicos.

Outro aspecto relevante é a necessidade de alinhar os materiais tecnológicos ao conteúdo a ser ensinado, o que exige que o professor detenha conhecimentos sobre tecnologias educacionais. Tardif (2014) destaca dois pontos cruciais nesse contexto: a formação docente e a produção de saberes, que se configuram como elementos indissociáveis para a efetividade do ensino.

Sugerimos uma prática reflexiva que ressalte a importância de uma perspectiva de ensino mais comprometida no espaço didático e pedagógico. O professor poderá tomar decisões mais estratégicas, identificar oportunidades e implementar mudanças positivas. Busca-se promover maior autonomia nos alunos, de modo que a escola assume um papel essencial na formação das crianças.

Para uma análise ampla, é necessário considerar o que Bruner propõe em sua teoria de aprendizagem, conhecida como currículo em espiral. Isso implica no desenvolvimento gradual dos conteúdos ao longo de todo o Ensino Fundamental I, em que cada estágio possui sua importância. Dessa forma, caso o aluno seja exposto às atividades em todas as cinco séries, ele terá a oportunidade de avançar, construindo seus conhecimentos a partir de uma base sólida de experiências concretas.

Referências

ANDRÉ, Marli. O que é um estudo de caso qualitativo em educação? **Revista da FAAEBA: Educação e Contemporaneidade**, Salvador, v. 22, n. 40, p. 95-103, jul./dez. 2013. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-70432013000200009&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 15 dez. 2024.

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

BRASIL. Ministério da Educação. FNDE – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. **Robótica Educacional – Audiência Pública nº 04/2017**. Disponível em: <https://www.gov.br/fnde/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/acoes/compras-governamentais/compras-nacionais/audiencias-publicas/anos-anteriores/04-2017/apresentao-ecnica-robtica-educacional.pdf>. Acesso em: 4 dez. 2024.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências Naturais**. Brasília: MEC/SEF, 1997.

BRUNER, Jerome Seymour. **Em busca da educação**. 2. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

BRUNER, Jerome Seymour. **O processo da educação**. 3. ed. São Paulo: Nacional, 1973.

BRUNER, Jerome Seymour. **Uma nova teoria de aprendizagem**. 1. ed. Rio de Janeiro: Bloch, 1969.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

JUNIOR, Roberto; OLIVEIRA, Leopoldo. **Resumo de Arduino, códigos, sensores e atuadores**. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2021. 158 p.

KRASILCHIK, Miriam; MARANDINO, Martha. **Ensino de Ciências e Cidadania**. São Paulo: Moderna, 2004.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, Amilton Rodrigo de Quadros. **Usando o Scratch para potencializar o pensamento criativo em crianças do Ensino Fundamental**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2012. 113f.

MENDES JÚNIOR, José Jair Alves; STEVAN JR., Sérgio Luiz. LDR e sensores de luz ambiente: funcionamento e aplicações. *In: Anais... Semana de Eletrônica e Automação 2013*, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Câmpus Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/287958715>. Acesso em: 22 mar. 2025.

MOREIRA, José. **Psicologia e educação**. 2. ed. São Paulo: EPU, 1999.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 3: Eletromagnetismo**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2015.

NUSSENZVEIG, Herch Moysés. **Curso de Física Básica 4: ótica, relatividade, física quântica**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014.

OLIVEIRA, Sérgio. **Internet das Coisas com ESP8266, Arduino e Raspberry Pi**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2021.

PIAGET, Jean. **A psicologia da criança**. 14. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1999.

PIAGET, Jean. **A psicologia da inteligência**. 10. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 1986.

SOUZA, Anderson; PAIXÃO, Alexsander; UZÊDA, Diego; DIAS, Marco; DUARTE, Sergio; AMORIM, Hélio. A placa Arduino: uma opção de baixo custo para experiências de física assistidas pelo PC. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 33, n. 1, p. 1-5, mar., 2011. DOI: 10.1590/S1806-11172011000100026. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/FWYNZZqJJgkchRqBQcLbYyh/?lang=pt>. Acesso em: 27 mar. 2025.

TARDIF, Maurice. **Saberes docentes e formação profissional**. 16. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2014.

7 | Inovações pedagógicas no ensino de física: práticas em sala que visam o fortalecimento da atuação inclusiva do docente

Joisilany Santos Dos Reis³²

Valdemar Matos Paula³³

Bianca Martins Santos³⁴

32 Doutoranda em Biotecnologia e Biodiversidade pela Universidade Federal do Pará (UFPA). <http://lattes.cnpq.br/0113374693141603>. E-mail: joisy.santos15@hotmail.com.

33 Mestrando em Ciência, Inovação e Tecnologia para a Amazônia pela Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/5386114730703772>. E-mail: Vldmrmatos@gmail.com.

34 Docente de Física na Universidade Federal do Acre (Ufac), <http://lattes.cnpq.br/4579645373015515>. E-mail: bianca.santos@ufac.br.

Introdução

Ensinar Física atualmente não é apenas um desafio para qualquer docente desta área de conhecimento, no entanto, a prática de ensinar física exige um novo olhar na busca de que o processo de ensino e aprendizagem possa ocorrer de maneira significativa. Em meio aos avanços tecnológicos, existe uma grande preocupação em ensinar Física através de metodologias ativas que possam ser associadas com a vida cotidiana dos alunos e com a carga de conhecimento que estes já possuem. Pensando nisto, este capítulo de livro apresenta a aplicação prática de atividades realizadas dentro do ramo da física envolvendo as ondas e oscilações, e, esta área foi escolhida pelo fato de apresentar conceitos fundamentais para o ensino de física que estão presentes na vivência diária de todos os indivíduos, como por exemplo, o sinal de *Wi-Fi*, o processo de ouvir e falar e até mesmo simples movimentos. Levantou-se também outra questão de relevância, abordar ainda na formação inicial de professores de física o tema de inclusão de estudantes com deficiência visual em aulas de Física.

Este estudo é oriundo dos resultados obtidos da dissertação do curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Ufac da autora principal deste trabalho. A proposta faz o relato de uma experiência didática sobre uma aula/oficina ministrada com o uso de recursos inclusivos na formação inicial de professores de física, dentro da disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física do Curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Acre.

É essencial que ocorram discussões envolvendo a formação inicial de professores de Física e a inclusão de estudantes com Deficiência Visual (DV) nas aulas de Física (Motta, 2015). Esse é um tema urgente, considerando que a exclusão de estudantes com Necessidades Educacionais Específicas (NEE) ainda é uma realidade frequente

nas escolas e para enfrentá-la, é imprescindível que os futuros professores desenvolvam estratégias que promovam o acesso equitativo ao ensino.

O objetivo deste trabalho é fomentar prioritariamente o uso da Audiodescrição (AD) na formação inicial de professores de Física, aliando-a à proposta de uma Sequência Didática (SD). Essa abordagem visa discutir a inclusão de estudantes com deficiência visual, e fornece subsídios para que os licenciados se sintam mais preparados para lidar com as barreiras enfrentadas por esses alunos no processo de aprendizagem (Nunes; Lomônaco, 2010).

De acordo com o Decreto nº 5.296/04, a deficiência visual inclui pessoas cegas e aquelas com baixa visão (Brasil, 2004), caracterizando pessoas que apresentam severas limitações na acuidade visual mesmo com correções ópticas. Em 2019, a Lei nº 1.615 também incluiu a visão monocular como uma deficiência sensorial (Brasil, 2019), assegurando a essas pessoas os mesmos direitos garantidos pela legislação. Essa ampliação reflete a crescente conscientização sobre a necessidade de inclusão. E portanto, torna-se indispensável que práticas pedagógicas sejam projetadas para contemplar essas necessidades específicas.

No contexto educacional, as barreiras enfrentadas por estudantes com deficiência visual são significativas, especialmente em disciplinas como Física, que muitas vezes é desenvolvida por meio de recursos visuais. Conteúdos como ondas e suas classificações, que tradicionalmente utilizam imagens e vídeos, apresentam desafios na abstração e compreensão para esses alunos. Isso exige estratégias pedagógicas que contemplem a diversidade.

Estudantes com DV, por exemplo, podem ter dificuldade em compreender conceitos abstratos como luz, que não fazem parte de sua vivência direta. Buzzá *et al.* (2018) destacam que, para esses alunos, é fundamental oferecer abordagens que considerem as especi-

ficidades sensoriais, promovendo uma experiência significativa de aprendizagem.

Camargo (2012) observa que muitos licenciados em Física enfrentam receios de planejar aulas inclusivas. Entre os desafios estão o desconhecimento sobre a deficiência visual, o apego a métodos tradicionais e a falta de preparo para criar estratégias adequadas e esses obstáculos muitas vezes persistem após a formação, contribuindo para a exclusão de alunos com deficiência.

A falta de formação específica é um dos principais fatores que dificultam a inclusão. Assim, de acordo com Dickman e Ferreira (2008) a estrutura das aulas de Física frequentemente ignora estudantes com NEE, utilizando metodologias que privilegiam apenas a visão. Além disso, é comum a adoção de abordagens expositivas e o uso exacerbado de fórmulas sem significado prático, o que dificulta a aprendizagem de todos os alunos.

A utilização de materiais adaptados, como recursos táteis, é essencial para facilitar a compreensão de conceitos por estudantes com deficiência visual. Camargo e Nardi (2009) sugere que, além da linguagem verbal, é fundamental integrar recursos que estimulem os outros sentidos, como o tato, favorecendo a aprendizagem inclusiva.

A Audiodescrição (AD) é uma ferramenta útil nesse contexto, pois traduz elementos visuais em linguagem oral, tornando conteúdos acessíveis para estudantes com deficiência visual. Cozendey e Costa (2018) ressaltam que o AD detalha os aspectos visuais de imagens e situações, ajudando a diminuir as barreiras na comunicação e no ensino de conceitos abstratos, como as ondas.

A ausência de materiais adaptados e a falta de preparo docente ainda são problemas recorrentes, conforme apontado por Nunes e Lomônaco (2010). Este fato resulta em exclusão, especialmente em aulas que dependem de recursos visuais. Por outro lado, a inclusão

de ferramentas como o AD pode transformar a experiência de aprendizado, permitindo que estudantes com DV participem ativamente das aulas.

Portanto, é imprescindível que os formandos de licenciatura em Física tenham acesso a recursos inclusivos desde a sua formação inicial. Este trabalho exemplifica o uso da AD no ensino de Ondas, propondo uma sequência didática que estimula discussões sobre inclusão e fornece práticas que preparam os futuros professores para lidar com a diversidade em sala de aula.

O ensino de ondas aplicável para um contexto inclusivo

O ensino de Física tem como desafio constante a busca por métodos que aproximem os conceitos científicos da vivência cotidiana dos alunos. Assim, no caso do tema “Ondas”, os fenômenos abordados estão intimamente presentes no dia a dia, como a propagação do som e a luz. Entretanto, para tornar esse conteúdo acessível a todos os estudantes, é necessário adaptar as metodologias de ensino, especialmente quando há alunos com deficiência visual (DV) na sala de aula (Silva, 2010).

Na Física, o ensino de ondas frequentemente recorre a representações visuais, como gráficos e imagens, além de vídeos e experimentos visuais. Para alunos com deficiência visual, essas abordagens apresentam limitações, exigindo alternativas que considerem outros sentidos, como o tato e a audição. Esse desafio reforça a importância de recursos pedagógicos adaptados que possibilitem a compreensão dos conteúdos de maneira equitativa.

A Audiodescrição (AD) surge como um recurso essencial para tornar o ensino de ondas acessível a estudantes com DV, trata-se de uma técnica que traduz elementos visuais em linguagem verbal, descrevendo imagens, gráficos ou cenários de maneira clara e objetiva. Esse recurso permite que os estudantes com deficiência visual compreendam informações que seriam inacessíveis por meio de materiais visuais, tornando as aulas mais inclusivas (Buzzá *et al.*, 2018).

Além da AD, recursos táteis, como maquetes e materiais em relevo, também são fundamentais. No ensino de ondas é possível que haja a criação de representações táteis de ondas mecânicas ou eletromagnéticas, onde o aluno possa sentir as características de amplitude e frequência, como recursos ajudam a consolidar conceitos abstratos e possibilitam uma aprendizagem ativa, independentemente da limitação visual.

Os professores desempenham um papel central na inclusão, mas muitos ainda não se sentem preparados para lidar com as demandas específicas de estudantes com deficiência visual. Estudos apontam que a formação inicial de professores frequentemente negligencia a abordagem inclusiva, o que resulta em práticas de ensino que desconsideram a diversidade em sala de aula e é crucial que os cursos de licenciatura integrem disciplinas ou projetos voltados para a formação inclusiva (Camargo; Nardi, 2009).

Algo que é visto na literatura é o fato de que a falta de preparo também reflete na dificuldade em romper com metodologias tradicionais e as aulas expositivas, muitas vezes centradas no quadro e na fala do professor, tendem a excluir alunos com DV. Assim, para promover a inclusão, é necessário adotar práticas inovadoras que valorizem a interação e o uso de múltiplos sentidos, como atividades em grupo, experimentações adaptadas e jogos educativos acessíveis (Bezerra; Martins, 2013).

O uso de tecnologias assistivas (Brasil, 2021) é outra abordagem promissora para o ensino de ondas em um contexto inclusivo. Os Softwares que convertem texto em áudio, simulações sonoras de fenômenos físicos e dispositivos vibratórios que reproduzem padrões de ondas são exemplos de ferramentas que podem enriquecer as aulas, tornando-as mais dinâmicas e acessíveis para todos os estudantes.

Além das ferramentas tecnológicas, a linguagem utilizada pelo professor em sala de aula é um ponto de atenção. Sabe-se que expressões que dependem da visão, como “olhem aqui” ou “vejam como é”, devem ser substituídas por descrições verbais detalhadas e essa mudança não só auxilia os alunos com deficiência visual, mas também estimula uma comunicação mais precisa e compreensível para toda a turma (Beltramin; Góis, 2013).

A inclusão não se limita a adaptar recursos materiais, mas envolve criar um ambiente de aprendizado colaborativo e a interação entre estudantes com e sem deficiência visual, promove empatia, fortalece o trabalho em equipe e enriquece o processo educativo (Azevedo; Schramm; Souza, 2018). Nesta ótica, Professores devem incentivar atividades que favoreçam a integração, valorizando as contribuições de todos os alunos.

Por fim, a inclusão no ensino de Física é uma oportunidade de transformar a sala de aula em um espaço mais justo e equitativo e ao integrar recursos como a Audiodescrição e materiais táteis, bem como ao investir na formação docente e no uso de tecnologias assistivas, é possível promover ações que visam tornar o ensino de ondas mais acessível. Essas práticas não apenas atendem às necessidades dos alunos com deficiência visual, mas também promovem uma educação mais inclusiva e enriquecedora para todos.

Portanto, o ensino de ondas em um contexto inclusivo requer esforço e planejamento. Recursos adaptados, metodologias inovado-

ras e práticas colaborativas são os pilares para garantir que nenhum aluno seja abandonado. Assim, ao superar barreiras e repensar as estratégias de ensino, é possível construir uma educação que valorize a diversidade e contribua para a formação integral de todos os estudantes. Os resultados destes estudos expressam o quanto as práticas de Física necessitam tornar-se inclusas e atrativas para os alunos e não somente para o aluno que possui algum tipo de deficiência, mas inclusiva para todos.

Metodologia de implementação e produto educacional desenvolvido

Utilizando uma abordagem qualitativa (Bogdan; Biklen, 1994), o percurso metodológico do trabalho visa relatar a experiência acerca de uma aula com caráter de oficina sobre ondas e com uso da AD aplicada para os acadêmicos do curso de licenciatura em física da Ufac, no formato remoto via Google Meet devido à pandemia da Covid-19. Além de fomentar aos acadêmicos o contato com a AD de forma aplicada em conteúdos de física, objetivou-se também possibilitar ainda durante a formação inicial de professores a conscientização dos graduandos sobre a importância da inclusão educacional de deficientes visuais.

Este trabalho concentrou-se inicialmente em delinear a dinâmica de como seria a aula, bem como construir os slides e o vídeo que auxiliam na condução dela. Os slides³⁵ incluem imagens sobre os fenômenos físicos abordados e as respectivas audiodescrição, e o vídeo³⁶ contém a AD e a janela de Libras (Língua Brasileira de Sinais).

35 Disponível em: <http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/599556>. Acesso em: 27 mar. 2025.

36 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gCE3P2oh1Bw>. Acesso em: 27 mar. 2025.

A audiodescrição aplicada ao ensino de física apresenta com palavras a descrição detalhada de uma imagem, acompanhada da explicação do que ela está representando fisicamente. A construção da AD trata-se de um trabalho cuidadoso para não induzir a pessoa com deficiência visual ao entendimento errado sobre a imagem ou sobre os elementos que possam compor as cenas do vídeo, por exemplo. Este trabalho exige o acompanhamento de um consultor que necessariamente deve ser uma pessoa com deficiência visual, para testar se a partir da audiodescrição construída, a pessoa com DV é capaz de construir mentalmente a imagem ou imaginar como a cena do vídeo se passa, bem como dar sugestões para melhorar a descrição. Nestes aspectos, a audiodescrição deve ser: clara, correta, específica e vívida. Assim, a audiodescrição pode ser considerada pronta, quando depois de construída foi testada e aprovada por um consultor cego.

É sabido ainda que a AD é uma descrição de forma verbal dos elementos visuais não percebidos, que colabora para transformar aquilo que não é visto no que é ouvido, proporcionando uma criação mental por parte dos envolvidos (Lavorato; Martinez; Mól, 2016). Conforme exemplifica os autores supracitados, os olhos apenas recebem as imagens, porém a construção dá-se por outras áreas do corpo humano. Para exemplificar, os autores levam em consideração uma leitura por meio do sistema braile – sistema universal de leitura tátil e escrita – por parte de uma pessoa com DV, na qual o DV pode produzir imagens mentais e, portanto, esse recurso colabora para que possamos compreender melhor a essência da AD.

Ainda nesta etapa, foi gravado o vídeo para compor a janela de Libras pelo qual se faz a tradução em Libras de todo áudio do vídeo original utilizado: “Tema 07 - O que são Ondas | Experimentos - Mola Slink: ondas transversais e longitudinais”³⁷, bem como a AD inserida no vídeo. Para isso, buscou-se parceria com uma intérprete

37 Disponível em: https://youtu.be/zYdho_gcCRE. Acesso em: 27 mar. 2025.

de Libras, um editor de vídeo profissional e um consultor cego que já estava acostumado a fazer consultoria para audiodescrição. Neste contexto, como forma de retribuir a parceria e dar certificação sobre as atividades realizadas, a ação aqui relatada fez parte do projeto de extensão “Aula/Oficina remota sobre ondulatória para deficientes visuais”, cadastrado institucionalmente na Ufac. O vídeo finalizado com a inserção da janela de Libras e da audiodescrição representou um dos resultados do projeto de extensão, e está disponível para toda comunidade acadêmica e público externo da Ufac³⁸.

Na perspectiva de ser realizado um levantamento de dados para o trabalho, optou-se por uma roda de conversa e observação direta dos participantes *in loco*. A observação é considerada uma técnica, na qual faz uso dos sentidos (audição, visão) para conseguir dados, e possibilita meios de estudar uma variedade de fenômenos (Lakatos; Marconi, 2021).

As rodas de conversas são discussões em torno de uma determinada temática, escolhida conforme os objetivos da pesquisa, no qual cada pessoa poderá ouvir o posicionamento do outro, de forma a instigar a participação de todos os colegas envolvidos na roda de conversa (Méllo *et al.*, 2007). Tal método de pesquisa possibilitou a interação entre o pesquisador e os participantes da investigação, e são diálogos focados em tópicos, onde os participantes são motivados a falarem as opiniões sobre a temática envolvida nos diálogos de interesse do pesquisador (Iervolino; Pelicioni, 2001).

Assim, a aula aqui relatada teve o foco em apresentar o recurso da audiodescrição, já que os participantes envolvidos já conheciam o conteúdo de física abordado. Além disso, foi convidada uma funcionária do Núcleo de Apoio à Inclusão (NAI) da Ufac para falar ao final da aula sobre adaptação de materiais para deficientes visuais, comentar o assunto e tirar dúvidas. Esta aplicação desta aula/oficina

38 Disponível em: www.youtube.com/watch?v=gCE3P2oh1Bw. Acesso em: 27 mar. 2025.

foi feita dentro da disciplina de Instrumentação do Ensino de Física IV, ofertada no período de 2020/1 que ocorreu entre março e junho de 2021, devido à pandemia da Covid-19; contou com a participação de 12 graduandos, entre eles uma estudante com deficiência visual do curso de Pedagogia da Ufac.

A presença da estudante com deficiência visual na aplicação da aula teve o objetivo de promover uma discussão mais ampla, com base na vivência dessa aluna, sobre ter acesso ao recurso da AD na formação inicial de professores e a importância de se utilizar este recurso futuramente durante o exercício da docência dos graduandos envolvidos na ação aqui relatada. A professora responsável pela disciplina, que nunca trabalhou com inclusão, também participou da aula.

Resultados e discussões

O desenvolvimento e a aplicação da aula/oficina remota com alunos do curso de Licenciatura em Física da Ufac tiveram a participação de uma estudante com deficiência visual (DV), acadêmica do curso de pedagogia da Universidade, esta prática possibilitou um contato significativo por parte da docente com um aprendiz que necessita de recursos especiais para que haja sucesso no seu processo de aprendizagem. Assim que terminou a aula foi dada oportunidade para a docente responsável pela disciplina fazer as suas considerações iniciais a respeito da aula, pelo qual se verificou a preocupação da docente em saber o quanto um estudante com DV seria capaz de compreender sem ter o sentido da visão.

Para quem nunca trabalhou com inclusão, o ensino para estudantes com DV pode representar inicialmente um grande desafio. Segundo Lima (2006) os professores afirmam que em sua formação

acadêmica não foram preparados para lidar com o público com NEE. Oliveira *et al.* (2012) em seu trabalho salienta que muitas das instituições de ensino superior ainda não implementaram práticas que contribuem para a formação de docentes a fim de promover a inclusão. Nesta direção, a experiência didática aqui relatada representa uma ação importante para formação de professores de física.

Além disso, durante a roda de conversa discutiu-se a questão de que para cada aluno com NEE é necessário preparar uma aula específica, não tem como generalizar e afirmar ‘vou preparar uma aula que servirá para todos os estudantes com deficiência visual’. Até porque existem estudantes com NEE que só possuem a deficiência visual, e por outro lado, existem aqueles que têm múltiplas deficiências, além da deficiência visual. Neste caso, a adaptação de materiais deve ser personalizada para cada estudante, de forma a atender às suas respectivas NEE.

A estudante com DV presente na aula *on-line* já havia enxergado anteriormente, logo ela tinha memória visual e teria condições de acompanhar a aula somente com o recurso da AD, que é uma ferramenta de acessibilidade. Destaca-se que as AD apresentadas durante a aula/oficina também mencionaram as cores: “corda azul”, “seta vermelha”, “base alaranjada”, entre outros exemplos. Mas por que mencionar as cores, se a AD é direcionada para pessoa com deficiência visual? Observe que quem enxerga pouco vai conseguir olhar a imagem que está sendo descrita e ver somente o vulto da cor, mas não definir o objeto, logo a AD é importante para que o estudante com baixa visão consiga diferenciar os elementos apresentados nas imagens através da cor descrita.

Na descrição do vídeo, a ideia é explicar a base do que está passando nas cenas, sem muito detalhamento, pois o vídeo é contínuo e são apresentadas muitas informações ao mesmo tempo. Enquanto na descrição de imagem, procura-se informar o máximo de

detalhamento possível. No contexto de AD para o ensino de Física, este recurso ganha um peso a mais, pois ao descrever a imagem, o professor elucida todas as informações relevantes e importantes para o entendimento do fenômeno representado na imagem e isso pode beneficiar o entendimento do conceito físico de pessoas com e sem deficiência na visão. Neste ponto, salienta-se a fala da estudante com DV participante da aula remota:

(...) eu tenho uma memória fotográfica de muitas coisas que ela falou em relação a onda, movimento, propagação, os exemplos, muita coisa eu tenho do meu processo educacional do Ensino Médio mesmo. Da época que eu enxergava e que estudei alguma coisa relacionado, então para mim é fácil, é fácil lembrar ou então construir a imagem do exemplo. Por exemplo, os exemplos da mola na mesa pra mim é fácil pois provavelmente eu já devo ter visto alguma atividade relacionada sobre isso, usando o mesmo objetivo, agora para uma pessoa que nunca enxergou (...), teria que ser uma outra aula, outros exemplos, teria que ter uma construção de conceitos sobre o que a pessoa (...) ainda não sabe. Mas assim, eu particularmente, pra mim ficou bem esclarecido. Claro, certas dificuldades devido à distância vão existir, mas acho que deu de aproveitar na sua grande maioria todas as explicações, a audiodescrição, muito bom! (Estudante com DV participante, maio de 2021).

Verifica-se na declaração da estudante com DV a facilidade em compreender a AD, pelo fato de ela ter memória visual e já ter visto um pouco deste tema na época em que ainda enxergava. Assim, é importante conhecer sobre a deficiência dos estudantes com NEE da turma antes de aplicar qualquer recurso ou adaptação de material. Por exemplo, saber quando o estudante adquiriu a deficiência? Qual o grau desta? Se possui baixa visão ou cegueira de nascença? Ou ainda se adquiriu a deficiência visual em algum momento da vida escolar? É essencial investigar também se o estudante tem alguma memória visual? São questionamentos desse gênero que o professor deve atentar-se para desenvolver algum recurso de acessibilidade para alunos com NEE.

O estreitamento de laço com o estudante com NEE também ajuda no desenvolvimento da aula e na preparação das ferramentas que visam o ensino e aprendizagem do aluno, logo o diálogo é fundamental nesse processo, para o desenvolvimento cognitivo do estudante, conforme destaca a funcionária do Núcleo de Apoio à Inclusão (NAI), convidada na oportunidade da aplicação da aula remota:

Quando você tem um aluno com deficiência, você tem que fazer tipo um diagnóstico, porque as vezes na sua adaptação, você está achando linda, bela, maravilhosa, mas quando você vai aplicar com ele, ele não vai entender, não vai compreender, então assim, tem que ter um relacionamento mais próximo com o aluno, e aquele estudo, para saber qual material ele vai se adaptar melhor (Funcionária do NAI/Ufac, maio de 2021).

Observa-se que a funcionária do NAI/Ufac reforça a importância de conhecer qual a deficiência dos discentes com NEE, bem como os recursos disponíveis para adaptação de materiais para o trabalho com estes. Entre alguns esclarecimentos levantados por ela, sobressai a recomendação de fazer na AD o detalhamento das cores. E a questão do uso do contraste de cores em apresentação de slides, destacando a diversidade e o fato de cada estudante com DV ter a sua preferência:

(...). Em relação às cores, por mais que a pessoa seja cega total, é interessante falar sim porque na estimulação precoce, nós tentamos sempre descrever a questão das cores e também relacionar as cores com alguns sentidos ou sentimentos. (...) Então, cada pessoa com deficiência tem sua especificação, tem uns que preferem com o fundo preto e letras amarelas, outros gostam de amarelo com vermelho, fundo azul com letra branca, vai depender de cada um (Funcionária do NAI/Ufac, maio de 2021).

O uso adequado dos contrastes pode melhorar a função visual dos alunos com baixa visão (Eastwood; Ross, 2008), devem-se usar o branco ou amarelo, evitar cores que seja difícil de contrastar e de visualizar pelos estudantes com deficiência visual, vale mencionar que para gráficos e cartazes devem-se utilizar as cores como amarelo em fundo preto, azul ou verde em fundo branco, de maneira a fazer

uso de cores escuras em fundo luminoso para dar um bom contraste, facilitando para o aluno com baixa visão. Silva (2010) informa que os melhores contrastes também são: preto no branco, azul no amarelo, isso para elaboração de material escrito.

Neste ponto, é importante definir que a Tecnologia Assistiva é uma área de conhecimento e de pesquisa que visa proporcionar uma maior independência e qualidade de vida, ocasionando a inclusão social das pessoas com alguma deficiência (Sonza *et al.*, 2013). Além de estratégias e de práticas, consiste em recursos que podem possibilitar e ampliar habilidades inerentes a estudantes com especificações, provocando a autonomia na execução das atividades corriqueiras da vida diária (Lavorato; Martinez; Mól, 2016).

Uma Tecnologia Assistiva com grau de relevância grande é a AD, embora não seja amplamente divulgada e utilizada pelos docentes, ela tem se mostrado uma ferramenta que pode acarretar a remoção de obstáculos na comunicação entre o docente e o discente com DV, gerando oportunidades igualitárias na aprendizagem de todos os alunos em uma turma (Franco; Silva, 2010; Motta, 2015). Além disso, outro ponto levantado foi a questão de a AD ter alcance de vários públicos, além dos estudantes com deficiência visual.

Ao final da participação da funcionária do NAI, foram apresentadas fotos de alguns recursos para abordagem do tema em aulas presenciais, como imagens em alto relevo e maquete tátil-visual. Em seguida, foi feita uma roda de conversa, onde cada participante teve a oportunidade de falar sobre o tema. A seguir, apresentam-se as falas de todos os participantes, a começar pela professora da disciplina em que a aula foi ministrada, que nunca trabalhou com inclusão.

Eu acho superinteressante, é fundamental essa aula com meus alunos, tendo em vista que são futuros professores em formação; eu acabei de ter uma ideia porque por exemplo eu nunca trabalhei com inclusão, nunca tive alunos com deficiência, mas fico preocupada se um dia vou ter tal situação dessa em sala de aula. E eu

acho assim, que é formidável o trabalho (...) Eu acho interessante vocês fazerem essa aplicação com uma turma de instrumentação de ensino, pois ela possibilita uma contribuição para uma turma de futuros professores (Docente de física da Ufac, maio de 2021).

Pela fala da professora, foi possível observar a importância de trazer este tema para os estudantes de Física. Nesta direção, as discussões realizadas com os futuros docentes de Física durante a roda de conversa expressaram a importância de conhecer os recursos para trabalhar com estudantes com DV.

Já tinha ouvido falar em AD, na matéria de educação especial, não tinha visto isso presencialmente, só na teoria, achei interessante a tradutora de Libras, não tinha visto nenhuma videoaula de física assim, ela é tradutora da Ufac mesmo? Achei bem legal (...) (Acadêmico A, maio de 2021).

O trabalho foi maravilhoso, achei muito inclusivo esse núcleo. (Acadêmico B, maio de 2021).

No aspecto geral achei bem interessante, porque no começo da pandemia estava fazendo a disciplina de educação especial, e nesse contexto estávamos no debate falando sobre essas questões que são vistas em escolas públicas, querendo ou não, os alunos especiais acabam sendo esquecidos, às vezes eles até tem um certo interesse de participar, mas não existe essa mediação por parte da escola que possa oferecer, daí eles são limitados a aprender o básico, eles às vezes tem até a vontade, mas acaba por não haver esse recurso de uma pessoa para mediar, mas achei bem interessante, ainda não tinha visto..., na época quando fazendo a disciplina a professora chegou a comentar sobre um centro aqui no estado em Rio Branco, mas esse na Ufac ainda não tinha ouvido falar. (Acadêmico C, maio de 2021).

Achei muito boa a proposta, e o que eu acho mais interessante é o fato de..., porque assim, muitas escolas de Ensino Médio (pensando na aplicação para o Ensino Médio), os alunos com DV são atendidos pelo o centro que tem nas escolas de apoio aos alunos com deficiência, (...) Sala de recursos. E aí muitas vezes, a responsável pela sala de recurso, ela não tem um conhecimento muito amplo de física. Então quando (...) o professor de física tem o contato direto com esse aluno, ele pode passar uma gama bem maior de conteúdo, tendo os recursos necessários. Daí quando esse aluno vai pra sala de recursos, esse aluno terá um conhecimento bem

maior, e acho que isso é interessante, trazer um conhecimento para esse aluno bem maior do que ele teria somente na sala de recursos (...). Eu tenho uma tia que ela é intérprete, e às vezes ela tem que interpretar algumas aulas de eletromagnetismo, e ela sofre pois ela não consegue passar muito bem o conteúdo para os alunos porque ela não entende muito bem o conteúdo de Física, daí é complicado. (Acadêmico D, maio de 2021).

Achei interessante também o trabalho do NAI, eu não sabia que tinha um núcleo na Ufac para dar o suporte para o estudante com deficiência na Ufac, achei bem interessante. (Acadêmico E, maio de 2021).

O Núcleo de Apoio à Inclusão (NAI) da Ufac tem como objetivo prestar suporte técnico e didático-pedagógico aos estudantes com Necessidade Educacional Específica (NEE) que frequentam a universidade (Bezerra e Martins, 2013). O lugar conta com revisores de textos em sistema braile, tradutores intérpretes de Libras de forma promover a acessibilidade. O ambiente também disponibiliza cursos de capacitação a comunidade acadêmica e externa, bem como para os funcionários técnicos administrativos e docentes, promovendo a conscientização sobre como se trabalha com esse público. Muitos acadêmicos não sabiam da existência do NAI e do apoio a alunos com NEE na Ufac, logo a ação também promoveu a divulgação dele entre os discentes participantes.

Durante o início da roda de conversa foram apresentados alguns recursos para uma aula presencial, e foram exibidas algumas imagens da aplicação da aula na casa de uma aluna com DV do Ensino Médio, de uma escola pública de Rio Branco/AC, pois devido à pandemia do Covid-19, a professora da escola, foi até a residência da aluna e desenvolveu a aula, utilizando maquetes, imagens em alto relevo, além da AD das imagens, bem como o vídeo com AD e janela de Libras sobre ondas transversais e longitudinais. Um dos participantes da aula/oficina remota salientou a importância da dedicação da docente aos alunos com NEE, conforme a fala a seguir. Dentro deste mesmo assunto, outro aluno mencionou a importância da uti-

lização do material tátil-visual, no caso em específico as imagens em alto relevo e as maquetes, não somente para os alunos DV, mas para todo o público escolar.

Eu achei bacana o jeito da professora trabalhar, o fato dela ir até a casa da aluna deficiente, é muito difícil ter uma pessoa assim, se dedicar, igual ela está se dedicando para essa pessoa, (...). (Acadêmico E, maio de 2021)

Eu achei muito interessante o trabalho das meninas, eu vendo as imagens da aluna que é DV, eu achei muito interessante como ela fez a representação da difração, da refração, fazendo com que a aluna DV tocasse né. E é algo que apesar de ser feito para alunos com deficiência visual, mas é algo que também poderia ser usado com os alunos sem deficiência para que os mesmos pudessem perceber e tentar entender melhor o que seria os fenômenos ondulatórios, porque é uma maneira didática diferente de se mostrar. (Acadêmico F, maio de 2021).

Neste ponto, vale destacar que quando o professor de física mostra uma imagem ou um esquema que representa um fenômeno, o estudante vai olhar para ela e interpretar segundo suas próprias concepções, e pode passar despercebida alguma informação importante relacionada à situação física. Assim, durante a descrição da imagem, ao falar todos os pontos importantes da imagem, deixa especificado para todos os alunos cada parte da imagem. E, portanto, a AD pode ajudar os alunos sem deficiência a entender o conteúdo explicado, trazendo benefícios para todos os alunos, conforme a fala da aluna participante que observou e comprovou isso durante a aula/oficina *on-line*.

Porque acho que mostrar imagens por slides apenas faz com que a visão fique um pouco limitada, não sei se faz sentido, mas para os alunos com algum tipo de deficiência eu achei muito interessante, pois assim eles teriam esse sensorial né em relação a Física. Eu achei muito bacana e muito interessante o fato de ir na casa da aluna, se predispor a mostrar isso a ela, eu achei muito interessante, muito bacana o trabalho. (...) eu acho que muitas vezes, por exemplo, no pré escolar somos acostumados a ver as coisas mais detalhadas, pra ter o primeiro contato com aquilo, mas aí com o passar da vida acadêmica, a gente vai se acostumando só com aquilo que o professor passou, sem uma descrição, sem coisas a

mais e ver esse trabalho mais detalhado com a descrição e outras coisas, não ajuda só o aluno deficiente, mas a sala de aula como um todo, achei interessante. (Acadêmico F, maio de 2021).

De fato, a AD amplia o senso de observação e o discernimento visual que, conforme Motta (2015, p. 57), “mostra e desvela detalhes que passariam despercebidos”. Outra vantagem da AD é que ela também pode ajudar estudantes com dislexia, com síndrome de Down, com deficiência auditiva (Motta; Romeu Filho, 2010); servindo também para pessoas com dificuldade de leitura de imagens, ou seja, é uma ferramenta de ensino que pode auxiliar múltiplos públicos.

(...) eu achei bem interessante, (...) no meu ponto de vista isto é necessário em todas as áreas acadêmicas não só no ensino superior, (...) achei muito legal. (Acadêmico G, maio de 2021)

Eu achei muito interessante a aula, principalmente a parte de descrever a imagem porque quando, não sei assim, para mim, quando você apresenta uma aula aí mostra uma imagem e fala os pontos, a gente só olha e acaba esquecendo, aí quando descrito a imagem, faz com que chamasse mais atenção, observasse por mais tempo a imagem para conseguir entender o conteúdo. E eu não sabia que tinha diferença para as pessoas que tinham deficiência visual na questão da cor dos slides, achei bem interessante isso. (Acadêmico H, maio de 2021)

Eu achei muito interessante também, já tinha ouvido falar na disciplina de educação especial, dos materiais que são adaptados em alto relevo, eu também vi em um congresso sobre a audiodescrição, no caso descrevendo né, achei super interessante porque faz com que os alunos possam imaginar e também como foi falado, pode chamar a atenção dos alunos que não tem deficiência, então é uma inclusão total, achei bem relevante. (Acadêmico I, maio de 2021).

Durante a aplicação da aula remota, a ação de divulgar e conscientizar futuros docentes de física para a inclusão de alunos com especificações nas aulas de física foi realizada. Como exemplo da experiência didática aqui relatada, destaca-se que existem possibilidades e alternativas para inserir no curso de licenciatura em física e em ciências o tema inclusão, por meio de disciplinas como instrumen-

tação, que já fazem parte do currículo ou por meio de novas disciplinas, formadas para tal finalidade (Santos; Brandão, 2020).

Por fim, apresenta-se a fala da estudante DV que participou da aula *on-line*:

Eu acredito que a AD não é só importante, mas essencial, não só na parte acadêmica, não só na universidade, mas acho que em todo nosso processo de estudos, desde lá da creche, as séries iniciais, alfabetização, essas coisas todas. Todas as pessoas, todas as crianças deveriam ter o acesso a audiodescrição e as adaptações de materiais, materiais didáticos, essas coisas. Como algumas pessoas aqui falaram, a audiodescrição não ajuda somente o deficiente visual, a audiodescrição vai muito além do que dizer o que tem lá na imagem, ela descreve um processo. (Estudante com DV participante, maio de 2021).

Conforme a experiência e fala da aluna com deficiência visual participante da aula, pode-se verificar a suma importância que é para o processo educativo o recurso de AD, e como foi salientado por ela, não somente em uma parte dos anos de escolarização, mas em todo o processo educacional, desde as séries iniciais até a formação acadêmica, pois dessa maneira o estudante aprende a ter melhor percepção e interpretação de imagens e textos, portanto a AD pode estimular o ensino e aprendizagem de forma mais abrangente. De acordo com Motta (2015), a audiodescrição abre novos horizontes para a leitura, desse modo o leitor não é aquele que lê somente livros, mas também aquele que lê imagens.

Eu acredito que se as pessoas tivessem acesso a esse tipo de inclusão, seria uma inclusão não só para pessoas com DV. Acredito que com isso, as pessoas teriam uma capacidade de interpretação e entendimento de conteúdo, de conceito, muito melhor que por exemplo hoje eu tenho, eu sou uma pessoa que eu perdi minha visão com 17 anos, mas talvez eu tenha uma memória fotográfica boa porque eu era de estar prestando atenção muito nas coisas, mas e quem não era assim? E depois de um tempo passou por alguma coisa e perdeu a visão? Ou passou por algum empecilho e ficou com alguma dificuldade não só específica da visão? Pra mim, então seria essencial que em todo o nosso processo educati-

vo, tivéssemos essa inclusão, mas infelizmente ainda não é assim
(Estudante com DV participante, maio de 2021).

Santos e Brandão (2020), em seu estudo de caso, após inserir a AD no curso de licenciatura em física, relatam nos resultados e considerações finais a eficácia dessa importante ferramenta para o estudante do curso com DV, nas palavras das autoras a AD permite “que os alunos sejam mais participativos, críticos e autônomos, refletindo de maneira positiva em seu rendimento acadêmico e influenciando diretamente na sua atuação enquanto cidadãos” (Santos; Brandão, 2020, p. 11).

Conforme pontuado por Motta (2015), o impacto em aprender a ler imagens pode colaborar na formação de estudantes mais preparados para entender os aspectos culturais, históricos e sociais inseridos nas representações visuais, além de gerar uma compreensão mais abrangente no próprio texto descrito. Para um público diversificado em uma sala de aula, a AD tem se mostrado um meio de ajudar na leitura e interpretação das imagens dos fenômenos da natureza. A seguir, apresenta-se a fala transcrita da estudante com DV que gera grandes reflexões para futuros docentes e para os professores que já lecionam, a pensar e repensar sua maneira de planejar e executar as aulas. O incentivo da aluna é um apelo de forma implícita a inclusão dos alunos com NEE e que precisam de um olhar diferenciado do professor em sala de aula, não um olhar preconceituoso, porém de amor e dedicação a árdua missão de ser professor e mudar de forma radical as metodologias de ensino a fim de incluir estudantes com NEE de maneira a integrá-lo de maneira efetiva e ativa durante as aulas.

Estamos aqui nesse processo para tentar modificar essa situação, como eles são alunos de Física e eu de pedagogia, então assim, daqui a um tempo estaremos em sala de aula. Estaremos com alunos e nós poderemos fazer isso né, é que nem algumas pessoas falam, a vida de professor não é fácil né, você tem que pensar em conteúdo, tem que elaborar a aula, tem que avaliar, mostrar re-

sultados e aí no meio disso tudo você tem que ainda se preocupar com o aluno lá no meio daquela sala que você sabe que ele tem um pouco mais de dificuldade e tem que pensar no produto específico para ele (...). Daí eu acho que vai mais da força de vontade do professor de se dispor a fazer, é muito isso, nós que ainda vamos nos formar, acho que temos que ter isso, tenho que ter força de vontade de chegar lá e me interessar em fazer para aqueles que eu sei que posso ajudar, então cabe um pouco pensar nisso e se possível passar esse raciocínio para frente (Estudante com DV participante, maio de 2021).

Aponta-se nesse momento da discussão alguns pontos negativos da aula/oficina remota aqui relatada, que infelizmente devido o distanciamento social, ocasionada pela pandemia da Covid-19, não permitiu ser efetuadas as interações em grupos e a roda de conversa de maneira mais eficiente, pois de forma remota os alunos ficam de certa maneira acanhados e tímidos para falar suas opiniões. Em uma sala de aula presencial, os alunos teriam mais liberdade e intimidade um com o outro, e poderiam ter participado mais durante toda a ação realizada. Além das limitações para o uso de outros recursos para inclusão, tais como as maquetes e imagens em alto relevo para toda a turma manusear. Conforme mencionado na participação da aluna com DV:

(...) se ela fosse fazer essa mesma aula de maneira presencial e tivesse esses materiais e outros materiais, tipo que ela pudesse exemplificar, tanto para mim que já enxerguei, como para uma pessoa que nunca enxergou ou para outra que tem baixa visão, a aula ficaria muito mais construtiva, tanto por conceito, por aprendizagem (Estudante com DV participante, maio de 2021).

Embora a ação não tenha ocorrido de forma presencial, esta representou um ponto de partida importante a ser desenvolvido, tendo em vista que foi a primeira ação desse tipo dentro do Curso de Licenciatura em Física da Ufac, como parte dos temas discutidos na disciplina de Instrumentação para o Ensino de Física.

Considerações finais

O trabalho apresentou a experiência de uma aula/oficina remota ministrada para alunos da licenciatura em física, com o objetivo principal de sensibilizar futuros professores sobre a importância de práticas pedagógicas inclusivas, especialmente para alunos com deficiência visual (DV). A atividade permitiu o contato prático com o recurso da audiodescrição (AD) aplicado ao ensino de ondas, promovendo reflexões relevantes sobre acessibilidade e inclusão no contexto educacional, especialmente no ensino de física.

Entre os aspectos positivos observados, destaca-se a introdução prática da audiodescrição durante a aula/oficina, o que facilitou a compreensão da ferramenta por parte dos participantes. A atividade também proporcionou acesso a informações sobre instituições e centros especializados que podem auxiliar professores no trabalho com estudantes com necessidades educacionais especiais (NEE). Esses elementos enriqueceram a formação inicial dos acadêmicos, capacitando-os a lidar de forma mais efetiva com desafios de inclusão no ambiente escolar.

Outro ponto significativo foi a participação ativa dos acadêmicos na roda de conversa. Os estudantes demonstraram satisfação com o uso da AD, apontando que o recurso não apenas beneficia alunos com DV, mas também contribui para o aprendizado da turma como um todo. A audiodescrição revelou-se uma ferramenta útil para estimular a atenção aos detalhes e a interpretação mais profunda de representações visuais, competências essenciais para a compreensão dos fenômenos físicos abordados.

A inclusão da AD também destacou a relevância de tornar as aulas de física mais acessíveis e claras para todos. Muitas vezes, aulas excessivamente visuais, sem uma explicação detalhada dos conceitos e das imagens apresentadas, podem gerar lacunas no entendimento

dos alunos. A AD, ao transformar elementos visuais em descrições verbais detalhadas, não apenas apoia estudantes com DV, mas também enriquece o processo de ensino e aprendizagem de forma geral.

O trabalho contribuiu, ainda, para ampliar a percepção dos futuros docentes sobre as possibilidades de adaptação pedagógica em contextos inclusivos. A experiência demonstrou que iniciativas acessíveis não precisam ser restritas a um público específico, mas podem ser integradas como parte da metodologia de ensino, beneficiando todos os alunos.

Por fim, a aula/oficina reforçou a importância de incluir a formação em práticas inclusivas como parte essencial da graduação em licenciatura. Atividades como esta ampliam o repertório pedagógico dos futuros professores, permitindo que eles desenvolvam aulas mais acessíveis e inclusivas, atendendo às demandas de uma educação equitativa e de qualidade para todos. Essa experiência ressalta o papel transformador de metodologias inclusivas, não apenas como um recurso técnico, mas como um caminho para construir uma educação mais justa, colaborativa e humanizada.

Referências

AZEVEDO, Samara da Silva Morett; SCHRAMM, Delson Ubiratan da Silva; SOUZA, Marcelo de Oliveira. Materiais pedagógicos inclusivos: Trabalhando com maquetes tátil-visuais do modelo geocêntrico e do heliocêntrico. **Física na Escola**, São Paulo v. 16, n. 1, p. 33-35, /SP, 2018. Disponível em: <https://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16-Num1/a08.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2025.

BELTRAMIN, Franciane Silva; GÓIS, Jackson. Materiais didáticos para alunos cegos e surdos no ensino da química. In: **Anais XVI Encontro Nacional do Ensino de Química (XVI ENEQ)**, Instituto

de Química da Universidade de Brasília (IQ/UnB), de 17 a 22 de julho de 2012, Salvador, BA, 2013. p. 1-12. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/anaiseneq2012/article/view/7563>. Acesso em: 22 mar. 2025.

BEZERRA, Maria de Lourdes Esteves; MARTINS, Joseane de Lima. Atendimento educacional aos Alunos com Deficiência Visual na Ufac. **Benjamin Constant**, Rio de Janeiro v. 54, p. 1-12, 2013. Disponível em: <https://revista.ibc.gov.br/index.php/BC/issue/view/59>. Acesso em: 22 mar. 2025.

BOGDAN, Robert; BIKLEN, Sari. **Investigação qualitativa em educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Trad. Maria João Alvarez, Sara Bahia dos Santos e Telmo Morim Baptista. Porto: Porto Editora. 1994.

BRASIL. **Decreto nº 5.296**, de 2 de Dezembro de 2004. 2004. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2004/decreto-5296-2-dezembro-2004-534980-norma-pe.html>. Acesso em: 27 mar. 2025.

BRASIL. **Plano Nacional de Tecnologia Assistiva**. Comitê Interministerial de Tecnologia Assistiva. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/mdh/pt-br/navegue-por-temas/pessoa-com-deficiencia/acoes-e-programas/plano-nacional-de-tecnologia-assistiva>. Acesso em: 27 mar. 2025.

BRASIL. **Projeto de Lei de nº 1615**, 2019. Disponível em: <https://www25.senado.leg.br/web/atividade/materias/-/materia/135839/pdf>. Acesso em: 27 mar. 2025.

BUZZÁ, Hilde Harb; CAMPOS, Carolina de Paula, Michelle Barreto; REQUENA; ANDRADE, Cintia Teles de; LEITE, Ilaiali Souza; FORTUNATO, Thereza Cury; STRINGASCI, Mirian Denise; GERALDE, Mariana Carreira; FARIA, Clara Maria; CORREA, Thaila Quatrini; ROMANO, Renan Arnon; ROSA, Ramon Gabriel Teixeira; ONO, Bruno; OLIVEIRA, Bruno Pereira; CAMARGO, Eder Pires de; KURACHI, Cristina. Preparação de material tátil-visual

torna o ensino dos conceitos de óptica acessível para pessoas com deficiência visual - Exposição “Luz ao Alcance das Mãos”. **Física na Escola**, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 36-42, 2018. Disponível em: <https://www1.fisica.org.br/fne/phocadownload/Vol16-Num1/a09.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2025.

CAMARGO, Eder Pires de. **Saberes docentes para a inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de física**. São Paulo: Editora Unesp, 2012.

CAMARGO, Eder Pires de; NARDI, Roberto. Inclusão no ensino de Física: materiais e metodologia adequados ao ensino de alunos com e sem deficiência visual. In: NARDI, R. (org.). **Ensino de ciências e matemática**, I: temas sobre a formação de professores [online]. São Paulo: Editora Unesp; São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. 258 p. Disponível em: <https://books.scielo.org/id/g5q2h/pdf/nardi-9788579830044-08.pdf>. Acesso em: 27 mar. 2025.

COZENDEY, Sabrina Gomes; COSTA, Maria da Piedade Resende da. Utilizando a audiodescrição como um recurso de ensino. **Revista Ibero Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, SP, v. 13, n. 3, p. 1164-1186, jul./set., 2018. DOI: 10.21723/riaee.v13.n3.2018.9626. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/view/9626/7525>. Acesso em: 27 mar. 2025.

DICKMAN, Adriana Gomes; FERREIRA, Amauri Carlos. Ensino e aprendizagem de Física a estudantes com deficiência visual: desafios e perspectivas. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, p. 1-14, 2008. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4020>. Acesso em: 27 mar. 2025.

FRANCO, Eliana Paes Cardoso; SILVA, Manoela Cristina Correia Carvalho da. Audiodescrição: um breve passeio histórico. In: MOTTA, Livia Maria Villela de Mello; ROMEU FILHO, Paulo. (org.). **Audiodescrição: transformando imagens em palavras**. São Paulo: Secretaria dos Direitos da Pessoa com Deficiência do Estado de São Paulo, 2010. p. 19-36. Disponível em: <http://www>.

vercompalavras.com.br/download/audiodescricao-transformando-imagens-em-palavras.pdf. Acesso em: 27 mar. 2025.

IERVOLINO, Solange Abrocesi; PELICIONI, Maria Cecília Focesi. A utilização do grupo focal como metodologia qualitativa na promoção da saúde. **Revista Escola de Enfermagem USP**, São Paulo, v. 35, n. 2, p.115-21, 2001. DOI: 10.1590/S0080-62342001000200004. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reeusp/a/kFzCC9Dfbfv7WzPNQbJZVmF/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 27 mar. 2025.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos da metodologia científica**. 9ª ed. São Paulo: Atlas, 2021.

LAVORATO, Simone Uler; MARTINEZ, Isabella Gudes; MÓL, Gerson de Souza. Áudio-descrição como estratégia pedagógica de inclusão no ensino de Química. In: **Anais... XVIII Encontro Nacional de Ensino de Química (XVIII ENEQ)**, Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC, de 25 a 29 de julho, 2016. Disponível em: <https://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R2250-1.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2025.

LIMA, Priscila Augusta. **Educação Inclusiva e igualdade social**. São Paulo: Avercamp, 2006.

MÉLLO, Ricardo Pimentel; SILVA, Alyne Alvarez; LIMA, Maria Lúcia Chaves; DI PAOLO, Angela Flexa. Construcionismo, práticas discursivas e possibilidades de pesquisa. **Psicologia & Sociedade**, Recife, v. 19, n. 3, p. 26-32, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0102-71822007000300005>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/psoc/a/MQMyqKPsdBWf5WTffM6FFPJ/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 mar. 2025.

MOTTA, Livia Maria Villela de Mello. **Audiodescrição na escola: abrindo caminhos para leitura de mundo**. Campinas: Pontes, 2015.

MOTTA, Livia Maria Villela de Mello; ROMEU FILHO, Paulo. (org.). **Audiodescrição: transformando imagens em palavras**. São

Paulo: Secretaria de Estado dos Direitos da Pessoa com Deficiência, 2010.

NUNES, Sylvia; LOMÔNACO, José Fernando Bitencourt. O aluno cego: preconceitos e potencialidades. **Revista Semestral da Associação Brasileira de Psicologia Escolar e Educacional**, São Paulo, v. 14, n. 1, p. 55-64, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-85572010000100006>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pee/a/YKv7sx5Zp6557RQvrBQ66gp/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 22 mar. 2025.

OLIVEIRA, Elizângela de Souza; SILVA, Talita Pepes da; PADILHA, Meyrecler Aglair De Oliveira; BOMFIM, Raphaela Da Silva. Inclusão social: professores preparados ou não? Rio de Janeiro, **POLEM!CA**, v. 11, n. 2, p. 314-323, abril/junho, 2012. DOI: 10.12957/polemica.2012.3103. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/polemica/article/view/3103/2206>. Acesso em: 22 mar. 2025.

SANTOS, Priscila Valdênia dos; BRANDÃO, Gisllayne Cristina de Araújo. A. Tecnologias Assistivas no Ensino de Física para Alunos com Deficiência Visual: um estudo de caso baseado na audiodescrição. **Ciência & Educação**, Bauru, SP, v. 26, n. 20046, p. 1-15, 2020. DOI: 10.1590/1516-731320200046. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ciedu/a/SV5RWTYNqG3C9dZP74dXjWj/>. Acesso em: 22 mar. 2025.

SILVA, Luzia Guacira dos Santos. **Orientações para atuação pedagógica junto a alunos com deficiência**: intelectual, auditiva, visual, física. Natal: WP Editora, 2010.

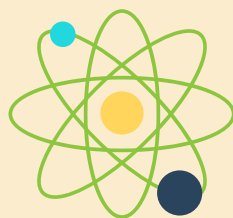
SONZA, Andréa Poletto; KADE, Adrovane; FAÇANHA, Agebson; REZENDE, André Luiz Andrade; NASCIMENTO, Gleison Samuel do; ROSITO, Maurício Covolan; BORTOLINI, Sirlei; FERNANDES, Woquiton Lima. (org.). **Acessibilidade e tecnologia assistiva**: pensando a inclusão sociodigital de pessoas com necessidades especiais. Bento Gonçalves, RS: IFRS, 2013.

Sobre a organizadora



Bianca Martins Santos é professora da Universidade Federal do Acre (Ufac) na área de Física Geral e lotada no Centro de Ciências Biológicas e da Natureza (CCBN). Possui Pós-Doutorado em Ensino de Física pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ, 2023), supervisionado pela Professora Deise Miranda Vianna no grupo de Pesquisa em Ensino/Formação de Professores de Física (Proenfis); Pós-Doutorado (2016) e Doutorado (2015) em Física Nuclear Teórica, no Instituto de Física, na Universidade Federal Fluminense, Mestrado em Engenharia Nuclear pelo Instituto Militar de Engenharia (IME, 2011) e graduação em Licenciatura em Física (2008) pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ). É docente perma-

nente credenciada no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNpef) - Polo 59 e no Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática (MPecim), ambos da Ufac. Atualmente coordena o MNpef/Polo 59 - Ufac (mandato 2024-2025). Já coordenou importantes programas relacionados à formação inicial e continuada de professores de física: quatro edições do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid) de Física (2017-2018; 2018-2020; 2020-2022; 2022-2024); e assumiu dois mandatos do MNpef/Polo 59 (2018-2020; 2020-2022), atuando também como membro do Conselho do MNpef (2022-2025). Compõe o corpo editorial da Revista *A Física na Escola* (FnE), como Editora Adjunta (2022-). Desenvolve projetos de pesquisa, ensino e de extensão na área de ensino de Física ou Ciências, relacionados diretamente aos temas: atividades lúdicas, jogos didáticos, ensino para estudantes com deficiência visual e mulheres nas ciências, bem como a formação inicial e continuada de professores de Física ou Ciências.



Edufac