



A Física que Transforma: 10 Anos de Ensino, Pesquisa e Extensão na FACFIS/CANAN - UFPA

Organizadores:

Alessandra Nascimento Braga (Doutora em Física/UFPA)
Carlos Alberto Brito da Silva Júnior (Doutor em Engenharia Elétrica/UFPA)
Josiney Farias de Araújo (Doutorando em Botânica/UFPA)
Shirsley Joany dos Santos da Silva (Doutora em Física/UFPA)
Vicente Ferrer Pureza Aleixo (Doutor em Engenharia Elétrica/UFPA)



2026 - Thesis Editora Científica

Copyright © Thesis Editora Científica.

Copyright do texto © 2026 Os organizadores.

Copyright da edição © 2026 Thesis Editora Científica

Direitos para esta edição cedidos à Thesis Editora Científica pelos organizadores.

Open access publication by Thesis Editora Científica.

Editor Chefe: Felipe Cardoso Rodrigues Vieira.

Diagramação, Projeto Gráfico e Design da Capa: Thesis Ed. Cien.

Revisão: Os organizadores



Licença Creative Commons

A Física que Transforma: 10 Anos de Ensino, Pesquisa e Extensão na FACFIS/CANAN - UFPA da Thesis Editora Científica está licenciada com uma Licença Creative Commons - Atribuição-NãoComercial-SemDerivações 4.0 Internacional. (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo da obra e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, não representando a posição oficial da Thesis Editora Científica. É permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares (*blind peer review*), membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

ISBN: 978-65-83199-66-9

Thesis Editora Científica
Teresina – PI – Brasil
contato@thesiseditora.com.br
www.thesiseditora.com.br



2026

Título:

A Física que Transforma: 10 Anos de Ensino, Pesquisa e Extensão na FAFIS/CANAN -
UFPA

Organizadores:

Alessandra Nascimento Braga (Doutora em Física/UFPA)

Carlos Alberto Brito da Silva Júnior (Doutor em Engenharia Elétrica/UFPA)

Josiney Farias de Araújo (Doutorando em Botânica/UFPA)

Shirley Joany dos Santos da Silva (Doutora em Física/UFPA)

Vicente Ferrer Pureza Aleixo (Doutor em Engenharia Elétrica/UFPA)

CONSELHO EDITORIAL

Felipe Cardoso Rodrigues Vieira – lattes.cnpq.br/9585477678289843
Adilson Tadeu Basquerote Silva – lattes.cnpq.br/8318350738705473
Andréia Barcellos Teixeira Macedo – lattes.cnpq.br/1637177044438320
Eliana Napoleão Cozendey da Silva – lattes.cnpq.br/2784584976313535
Rodolfo Ritchelle Lima dos Santos – lattes.cnpq.br/8295495634814963
Luís Carlos Ribeiro Alves – lattes.cnpq.br/9634019972654177
João Vitor Andrade – lattes.cnpq.br/1079560019523176
Bruna Aparecida Lisboa – lattes.cnpq.br/1321523568431354
Júlio César Coelho do Nascimento – lattes.cnpq.br/7514376995749628
Ana Paula Cordeiro Chaves – lattes.cnpq.br/4006977507638703
Stanley Keynes Duarte dos Santos – lattes.cnpq.br/3992636884325637
Brena Silva dos Santos – lattes.cnpq.br/8427724475551636
Jessica da Silva Campos – lattes.cnpq.br/7849599391816074
Milena Cordeiro de Freitas – lattes.cnpq.br/5913862860839738
Thiago Alves Xavier dos Santos – lattes.cnpq.br/4830258002967482
Clarice Bezerra – lattes.cnpq.br/8568045874935183
Bianca Thaís Silva do Nascimento – lattes.cnpq.br/4437575769985694
Ana Claudia Rodrigues da Silva – lattes.cnpq.br/6594386344012975
Francisco Ronner Andrade da Silva – lattes.cnpq.br/5014107373013731
Maria Isabel de Vasconcelos Mavignier Neta – lattes.cnpq.br/8440258181190366
Anita de Souza Silva – lattes.cnpq.br/9954744050650291
Sara Milena Gois Santos – lattes.cnpq.br/6669488863792604
Leônidas Luiz Rubiano de Assunção – lattes.cnpq.br/4636315219294766
Jose Henrique de Lacerda Furtado – lattes.cnpq.br/8839359674024233
Noeme Madeira Moura Fé Soares – lattes.cnpq.br/7107491370408847
Luciene Rodrigues Barbosa – lattes.cnpq.br/2146096901386355
Mário César de Oliveira – lattes.cnpq.br/8924508898024445
Antonio da Costa Cardoso Neto – lattes.cnpq.br/9036328153320126



2026 - Thesis Editora Científica

Copyright © Thesis Editora Científica.

Copyright do texto © 2026 Os organizadores.

Copyright da edição © 2026 Thesis Editora Científica

Direitos para esta edição cedidos à Thesis Editora Científica pelos organizadores.

Open access publication by Thesis Editora Científica.

Editor Chefe: Felipe Cardoso Rodrigues Vieira.

Diagramação, Projeto Gráfico e Design da Capa: Thesis Ed. Cien.

Revisão: Os organizadores

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

A Física que transforma [livro eletrônico] : 10 anos de ensino, pesquisa e extensão na FACFIS/CANAN - UFPA / organizadores Alessandra Nascimento Braga ... [et al.]. -- Teresina, PI : Thesis Editora Científica, 2026.
PDF

Vários autores.

Outros organizadores: Carlos Alberto Brito da Silva Júnior, Josiney Farias de Araújo, Shirsley Joany dos Santos da Silva, Vicente Ferrer Pureza Aleixo

ISBN 978-65-83199-66-9

1. Ensino 2. Extensão universitária 3. Física 4. Pesquisa 5. Professores - Formação I. Braga, Alessandra Nascimento. II. Silva Junior, Carlos Alberto Brito da. III. Araújo, Josiney Farias de. IV. Silva, Shirsley Joany dos Santos da. V. Aleixo, Vicente Ferrer Pureza

26-386967.0

CDD-370.71

Índices para catálogo sistemático:

1. Formação de professores : Educação 370.71

Maria Alice Ferreira - Bibliotecária - CRB-8/7964

Thesis Editora Científica
Teresina – PI – Brasil
contato@thesiseditora.com.br
www.thesiseditora.com.br



2026

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	8
CAPÍTULO 1 - PERCEPÇÃO TÉRMICA E ENSINO DE TERMOMETRIA NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA	10
CAPÍTULO 2 - MEDIAÇÃO PEDAGÓGICA E FORMAÇÃO DOCENTE NO ENSINO DE FÍSICA EM ESCOLA PÚBLICA: EXPERIMENTAÇÃO DE BAIXO CUSTO E ABORDAGEM CTS	20
CAPÍTULO 3 - PARTICIPAÇÃO FEMININA NA CIÊNCIA NA AMAZÔNIA: PERCEPÇÕES ESTUDANTIS E IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS PARA O ENSINO DE FÍSICA E STEM.....	30
CAPÍTULO 4 - CONSERVAÇÃO DO MOMENTO ANGULAR NA EDUCAÇÃO BÁSICA: EXPERIMENTO CADEIRA GIRATÓRIA–RODA DE BICICLETA	42
CAPÍTULO 5 - MODELOS TÁTEIS ACESSÍVEIS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA E ÓPTICA FÍSICA NO ENSINO DE BAIXA VISÃO	53
CAPÍTULO 6 - ENSINO DE FÍSICA INCLUSIVO: ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS PARA ESTUDANTES COM TDAH E TEA À LUZ DO DESENHO UNIVERSAL PARA A APRENDIZAGEM.....	63
CAPÍTULO 7 - DO LABORATÓRIO EXPERIMENTAL AO AMBIENTE VIRTUAL: USO DO FALSTAD CIRCUIT SIMULATOR NO ENSINO DE CIRCUITOS RETIFICADORES A DIODO	75
CAPÍTULO 8 - APRENDIZAGEM BASEADA EM GAMES EDUCACIONAIS E TECNOLOGIAS DIGITAIS: DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO APLICADO AO ENSINO DE CIÊNCIAS E FÍSICA.....	85
INTRODUÇÃO.....	86
CAPÍTULO 9 - HERBORIZAÇÃO E CONFECÇÃO DE EXSICATAS COMO ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS NO ENSINO DE BOTÂNICA: ANÁLISE DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR	96
CAPÍTULO 10 - EXPERIMENTAÇÃO DE BAIXO CUSTO NO ENSINO DE FÍSICA COMPUTACIONAL: ANÁLISE DE UM PÊNDULO SIMPLES COM TRACKER E GNU OCTAVE.....	110
CAPÍTULO 11 - CIÊNCIA NA ILHA 2024: EXPLORANDO O SISTEMA SOLAR POR MEIO DE UMA OFICINA PEDAGÓGICA NO 5º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL	122
CAPÍTULO 12 - A GEOMETRIA DO SOM: PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA COM FIGURAS DE LISSAJOUS SOB A ABORDAGEM STEAM....	135
CAPÍTULO 13 - AMORTECEDORES DE IMPACTO: UMA OFICINA INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO	146
CAPÍTULO 14 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA ESTRUTURA ELETRÔNICA DO GRAFENO: UMA ABORDAGEM VIA MODELO TIGHT-BINDING	158

CAPÍTULO 15 - ARTE E FÍSICA INTERATIVA: UMA EXPERIÊNCIA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM UMA FEIRA DE CIÊNCIAS	168
CAPÍTULO 16 - OFICINA DE ASTRONOMIA NA ILHA DE MOSQUEIRO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA EXTENSINISTA NO 6º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL	178
CAPÍTULO 17 - OFICINAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO ENSINO DE FÍSICA.	190
CAPÍTULO 18 - DIVERGENTE EM CAMPOS VETORIAIS: UM EXPERIMENTO DIDÁTICO DE BAIXO CUSTO PARA A VISUALIZAÇÃO DE FONTES E SORVEDOUROS	202
CAPÍTULO 19 - ENSINAR CALOR ESPECÍFICO POR MEIO DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA INTERVENÇÃO METODOLÓGICA COM ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO MÉDIO	213
CAPÍTULO 20 - O PARADOXO DO TEMPO NO ENSINO MÉDIO INTEGRAL: POR QUE MAIS HORAS FORMAM MENOS	223

APRESENTAÇÃO

Com enorme satisfação apresentamos os capítulos da coletânea, *“A Física que Transforma: 10 Anos de Ensino, Pesquisa e Extensão na FACFIS/CANAN - UFPA”* em comemoração aos 10 anos da Faculdade de Física - Campus Ananindeua (FACFIS/CANAN) da Universidade Federal do Pará (UFPA). A coletânea está comemorando uma década de trajetória de caminho acadêmico e científico. Sendo esses momentos ou etapas construídas pela formação de professores, elaboração de conhecimentos científicos e principalmente em valores de compromisso da educação e a Ciência na Amazônia.

Os capítulos da coletânea, *“A Física que Transforma: 10 Anos de Ensino, Pesquisa e Extensão na FACFIS/CANAN - UFPA”*, apresentam diferentes formas ou maneiras de contribuições da pluralidade das produções científicas nas áreas de Ciências da Natureza e Matemática. Os capítulos deste livro reúnem uma variedade de propostas de ensino, investigações acadêmicas, a utilização de recursos digitais, os recursos interdisciplinares e as aplicações do conhecimento científico em situações reais do cotidiano.

A obra inicia com o capítulo **“Percepção térmica e ensino de termometria no Ensino Médio: uma abordagem investigativa”** que é uma proposta de ensino nas aulas de Física, podendo ser explorado temas de investigação científica como os conceitos de físicos e as percepções térmicas do cotidiano. Enquanto o capítulo **“Mediação pedagógica e formação docente no ensino de Física em escola pública: experimentação de baixo custo e abordagem CTS”** aumenta a possibilidade de produção de discussões acadêmicas sobre as práticas pedagógicas ensinadas nas aulas de Física. Demonstrando a relevância da intermediação pedagógica, em processos e fatores da formação docente. Na sequência é destacado a **“Participação feminina na ciência na Amazônia: percepções estudantis e implicações pedagógicas para o ensino de Física e STEM”**. Essencialmente, a importância do papel de participação das mulheres na ciência e, em particular, os diversos desafios e possibilidades que estão associados com a presença feminina em espaço de Física.

No quarto capítulo, **“Conservação do momento angular na Educação Básica: experimento cadeira giratória–roda de bicicleta”**, é retomado o papel de atividades experimentais, recursos interdisciplinares no ensino dos conceitos nas aulas de Física. A estratégia de ensino pode facilitar aplicações do conhecimento científico através de demonstração prática de situações cotidianas. No quinto capítulo **“Modelos táteis acessíveis: uma proposta para o ensino de Óptica Geométrica e Óptica Física no ensino de baixa visão”** destacando também proposta de ensino. Mas com o diferencial de valorização do

processo de inclusão para estudantes com baixa visão. Inserindo o uso dos modelos táteis como ferramentas de ensino que são capazes de favorecer a representação e a melhor compreensão dos fenômenos ópticos nos conceitos físicos.

Por fim, os capítulos de livros apresentados anteriormente constituem somente algumas das contribuições acadêmicas e científicas que compõem esta edição comemorativa dos 10 anos do curso de Física. No decorrer deste livro, os demais trabalhos científicos aumentam essa visão abrangente que contempla diferentes contextos de propostas de ensino, investigações acadêmicas e científicas, atividades experimentais e lúdicas, recursos tecnológicos, abordagens interdisciplinares e aplicações do conhecimento científico em diferentes cenários de ensino.

Desejamos uma boa leitura a todos!

CAPÍTULO 1 - PERCEPÇÃO TÉRMICA E ENSINO DE TERMOMETRIA NO ENSINO MÉDIO: UMA ABORDAGEM INVESTIGATIVA

Rafael Vinicius de Oliveira dos Santos¹, Marcos Roberto França de Barros², Lucivaldo Silva³
Angela Costa Santa Brígida⁴, Cledson Santana Lopes Gonçalves⁵ e Darlene Teixeira Ferreira⁶

¹ rafaelvine123@gmail.com. Licenciando de Física, Universidade Federal do Pará

² marcos.barros@ananindeua.ufpa.br. Licenciando de Física, Universidade Federal do Pará

³ luckyvaldo@hotmail.com. Mestre, Secretaria de Estado de Educação do Pará

⁴ acsbrigida@ufpa.br. Doutora, Universidade Federal do Pará

⁵ cledsonlg@ufpa.br. Doutor, Universidade Federal do Pará

⁶ dtferreira@ufpa.br. Doutora, Universidade Federal do Pará

RESUMO

O ensino de conceitos relacionados à temperatura e aos fenômenos térmicos no Ensino Médio apresenta dificuldades recorrentes, associadas tanto ao caráter abstrato desses conteúdos quanto à presença de concepções alternativas entre os estudantes. Nesse contexto, este estudo investiga de que maneira uma abordagem investigativa baseada na percepção térmica pode contribuir para a compreensão do conceito de temperatura. A pesquisa foi desenvolvida com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública do estado do Pará, Brasil. A atividade investigativa foi estruturada como uma estação experimental, na qual se explorou a relação entre sensação térmica e temperatura, incluindo uma experiência com três recipientes contendo água em diferentes condições térmicas, com o objetivo de promover conflito cognitivo entre percepção sensorial e medida científica. Para a coleta de dados, foram aplicados questionários antes e após a intervenção didática. Os resultados evidenciaram aumento no número de respostas corretas e maior elaboração conceitual nas respostas abertas, indicando avanços na compreensão da distinção entre sensação térmica e temperatura como grandeza física mensurável. Conclui-se que atividades investigativas baseadas em experiências sensoriais constituem uma estratégia pedagógica relevante para o ensino de termometria.

Palavras-chaves: Ensino de Física; Termometria; Percepção térmica; Ensino investigativo; Aprendizagem multissensorial.

ABSTRACT

The teaching of concepts related to temperature and thermal phenomena in high school presents recurring challenges, associated both with the abstract nature of these topics and with the presence of students' alternative conceptions. This study investigates how an inquiry-based approach grounded in thermal perception can contribute to students' understanding of the concept of temperature. The research was conducted with first-year high school students from a public school in the state of Pará, Brazil. The activity was structured as an experimental station exploring the relationship between thermal sensation and temperature, including an experiment with three containers containing water at different thermal conditions to promote cognitive conflict. Data were collected through pre- and post-questionnaires. Results showed an increase in correct answers and improved conceptual explanations. The findings indicate that sensory-based inquiry activities are an effective pedagogical strategy for teaching thermometry.

Keywords: Physics Education; Thermometry; Thermal perception; Inquiry-based learning; Multisensory learning.

INTRODUÇÃO

O ensino de conceitos relacionados à temperatura, calor e energia térmica constitui um dos desafios recorrentes na educação em Física no Ensino Médio. Diversas pesquisas em ensino de Ciências apontam que estudantes frequentemente apresentam concepções

alternativas sobre esses conceitos, como a ideia de que calor é uma substância, que frio corresponde à ausência de calor ou que temperatura mede diretamente a quantidade de energia presente em um corpo (Viennot, 2009; Erickson, 1979). Essas interpretações intuitivas, construídas a partir da experiência cotidiana, frequentemente entram em conflito com os modelos científicos ensinados na escola, dificultando a aprendizagem conceitual.

Esse tipo de dificuldade não se restringe à termodinâmica. No campo do ensino de Física, diferentes áreas, como Mecânica, Ondulatória, Eletromagnetismo e Física Moderna apresentam desafios semelhantes, especialmente devido ao caráter abstrato de seus conceitos e à dificuldade de estabelecer relações entre teoria e experiência sensível dos estudantes. Nesse contexto, propostas didáticas desenvolvidas no âmbito do TEIA – Tecnologia, Ensino, Inovação e Acessibilidade (UFPA) têm buscado enfrentar essas limitações por meio da articulação entre ensino investigativo, abordagens multissensoriais e práticas pedagógicas inclusivas.

No ensino de Mecânica, por exemplo, a organização de sequências didáticas fundamentadas no modelo 5E (Engajar, Explorar, Explicar, Elaborar e Avaliar) possibilita estruturar o processo de aprendizagem a partir da experiência concreta dos estudantes, favorecendo a construção progressiva dos conceitos físicos (Santos *et al*, 2025). De forma convergente, na Ondulatória, a utilização de estações investigativas associadas à cultura maker permite integrar experimentação, prototipagem e modelagem, ampliando as possibilidades de compreensão de fenômenos como som e luz (Brígida *et al*, 2025a). No campo do Eletromagnetismo Brígida *et al*, 2025b, abordagens que articulam sensibilização inicial, experimentação e construção de dispositivos tornam mais acessíveis fenômenos tradicionalmente abstratos (Brígida *et al*, 2025c), enquanto, na Física Moderna, práticas fundamentadas em multiletramentos e princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) favorecem a inclusão e a compreensão de conceitos não diretamente observáveis.

Essas experiências convergem ao indicar que a aprendizagem em Física se fortalece quando o estudante assume uma posição ativa no processo de construção do conhecimento, sendo incentivado a formular hipóteses, explorar fenômenos e confrontar suas interpretações iniciais com evidências experimentais. Nesse sentido, o ensino por investigação (Carvalho, 2013; Bybee, 2014), articulado à organização em estações experimentais, ao uso de abordagens multissensoriais e à cultura maker, configuram um referencial pedagógico robusto e coerente com as demandas contemporâneas do ensino de Física conceitual.

No caso específico da termometria, a percepção térmica se apresenta como uma experiência cotidiana relevante que pode ser mobilizada pedagogicamente como ponto de

partida para a investigação científica. Situações em que diferentes objetos são percebidos como “mais quentes” ou “mais frios”, mesmo quando se encontram em equilíbrio térmico, configuram oportunidades privilegiadas para a geração de conflitos cognitivos. Esses conflitos são fundamentais para promover a reflexão sobre a distinção entre sensação térmica e temperatura como grandeza física mensurável, aspecto central para a compreensão dos fenômenos térmicos.

Apesar do reconhecimento do potencial dessas abordagens, ainda são relativamente escassos estudos que investiguem de forma sistemática o papel da percepção térmica em atividades investigativas voltadas ao ensino de termometria no Ensino Médio. Essa lacuna evidencia a necessidade de pesquisas que articulem, de forma estruturada, experiência sensorial, conflito cognitivo e construção conceitual — elementos que, como evidenciado ao longo deste trabalho, constituem o núcleo das propostas investigativas contemporâneas.

Diante desse cenário, o presente estudo busca investigar de que maneira uma abordagem investigativa baseada na percepção térmica pode contribuir para a compreensão do conceito de temperatura entre estudantes do Ensino Médio. Assim, o problema de pesquisa que orienta este trabalho pode ser formulado da seguinte maneira: como experiências investigativas baseadas na percepção térmica podem favorecer a aprendizagem do conceito de temperatura no Ensino Médio?

O objetivo geral deste estudo é analisar como uma atividade investigativa fundamentada na percepção térmica pode contribuir para a compreensão conceitual de temperatura por estudantes do Ensino Médio. Como objetivos específicos, pretende-se: (i) identificar concepções iniciais dos estudantes; (ii) desenvolver e aplicar uma atividade investigativa baseada em experiências sensoriais; e (iii) analisar possíveis mudanças nas explicações dos estudantes após a intervenção.

Ao articular percepção sensorial, conflito cognitivo e investigação experimental, este estudo integra um eixo formativo mais amplo desenvolvido pelo TEIA – Tecnologia, Ensino, Inovação e Acessibilidade (UFPA), contribuindo para a consolidação de práticas pedagógicas inovadoras, inclusivas e conectadas à realidade dos estudantes no ensino de Física.

MATERIAIS E MÉTODOS

Este estudo caracteriza-se como uma investigação de abordagem qualitativa, com apoio de dados quantitativos, desenvolvida a partir da aplicação de uma atividade investigativa em uma turma do Ensino Médio de uma escola pública do estado do Pará. A proposta pedagógica integrou uma sequência de atividades experimentais multissensoriais voltadas à exploração de

diferentes formas de energia. Para o presente capítulo, foram analisados especificamente os dados referentes à estação experimental relacionada à energia térmica, com foco na compreensão do conceito de temperatura e na relação entre sensação térmica e medida física.

A atividade foi realizada com estudantes do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública localizada no município de Ananindeua, Pará, Brasil. Participaram inicialmente 24 estudantes, que responderam ao questionário diagnóstico aplicado antes da aula, e 13 estudantes que responderam ao questionário final após a intervenção. A ação foi desenvolvida no contexto da formação inicial de professores do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Pará (UFPA), sendo mediada por licenciandos, sob orientação de professores formadores.

A intervenção foi estruturada como uma das estações investigativas de uma aula organizada em estações multissensoriais sobre diferentes formas de energia. Especificamente, a estação de energia térmica teve como objetivo explorar a relação entre sensação térmica e temperatura, promovendo a problematização das percepções sensoriais dos estudantes e sua articulação com a medição científica.

A atividade foi organizada em três momentos investigativos interdependentes. No primeiro momento, voltado à percepção e ao conflito sensorial, os estudantes tiveram contato com recipientes contendo líquidos em diferentes temperaturas. Inicialmente, foram convidados a descrever suas sensações térmicas, classificando os recipientes como mais quentes ou mais frios. Em seguida, foi realizada a experiência dos três recipientes (água fria, quente e morna), na qual os estudantes colocaram uma mão na água fria e outra no quente e, posteriormente, ambas na água morna. A percepção simultânea de sensações opostas para o mesmo sistema evidenciou o caráter relativo da sensação térmica, promovendo um conflito cognitivo que serviu como ponto de partida para a investigação (Carvalho, 2013).

No segundo momento, a investigação foi direcionada à análise da influência das propriedades dos materiais na percepção térmica. Os estudantes foram levados a comparar objetos de diferentes naturezas, como metal e madeira, em equilíbrio térmico com o ambiente, percebendo que produziam sensações distintas ao toque. Essa etapa possibilitou discutir o papel da condutividade térmica e problematizar a concepção de que materiais distintos apresentam temperaturas diferentes por natureza (Erickson, 1979).

No terceiro momento, a atividade concentrou-se na compreensão do equilíbrio térmico como um processo dinâmico. Por meio da utilização de termômetros, os estudantes acompanharam a variação da temperatura em diferentes situações de troca térmica, observando o processo de busca pelo equilíbrio. Essa etapa favoreceu a compreensão da temperatura como

grandeza física mensurável e do equilíbrio térmico como resultado de interações entre sistemas (Çengel; Boles, 2015).

Para a coleta de dados, foram aplicados questionários antes e após a intervenção, contendo questões de múltipla escolha e questões abertas. As questões objetivas permitiram identificar padrões quantitativos de desempenho, enquanto as respostas abertas possibilitaram analisar qualitativamente a evolução das explicações dos estudantes, considerando aspectos como clareza argumentativa, uso de vocabulário científico e capacidade de relacionar observações experimentais a conceitos físicos.

A análise dos dados foi realizada por meio da comparação entre os resultados obtidos nos questionários pré e pós-intervenção, com foco na identificação de indícios de mudança conceitual. Foram considerados, entre outros aspectos, o aumento no número de respostas corretas, a redução de respostas em branco e a presença de explicações mais elaboradas e fundamentadas cientificamente.

A dinâmica pedagógica da atividade é sintetizada pelo modelo investigativo apresentado na Figura 1, no qual a experiência sensorial inicial, associada ao conflito cognitivo, conduz à problematização, à experimentação e à construção do conceito científico de temperatura.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados obtidos antes e após a intervenção investigativa evidencia a relevância da articulação entre percepção sensorial, conflito cognitivo e construção conceitual no ensino de termometria. Os resultados iniciais indicam que os estudantes apresentavam forte dependência da percepção térmica como critério para determinar a temperatura de um objeto, revelando uma compreensão intuitiva amplamente descrita na literatura como concepção alternativa persistente (Erickson, 1979; Viennot, 2009).

Nas respostas ao questionário diagnóstico, observou-se que os estudantes tendiam a interpretar a temperatura como uma propriedade diretamente acessível aos sentidos. Afirmações como “eu vejo se está quente ou frio colocando a mão” ou “se parece mais frio, então tem temperatura menor” evidenciam a associação direta entre sensação térmica e temperatura real, desconsiderando o papel dos instrumentos de medida e das propriedades físicas dos materiais. Esse tipo de interpretação reforça a ideia de que experiências cotidianas, embora fundamentais para a construção do conhecimento, podem sustentar explicações cientificamente inadequadas quando não são devidamente problematizadas.

Além disso, foram identificadas concepções imprecisas relacionadas ao comportamento da matéria sob aquecimento, como a ideia de que “as moléculas desaparecem” quando a água é aquecida. Essas respostas evidenciam dificuldades na compreensão de fenômenos microscópicos e indicam a necessidade de abordagens que articulem experiência sensorial e modelagem conceitual.

A intervenção investigativa, estruturada em três momentos — percepção inicial e conflito sensorial, análise da condutividade térmica e compreensão do equilíbrio térmico como processo dinâmico — mostrou-se eficaz na problematização dessas concepções. A experiência dos três recipientes (água fria, quente e morna), ao produzir percepções simultaneamente opostas para o mesmo sistema, constituiu um conflito cognitivo produtivo, essencial para desencadear processos de reconstrução conceitual, conforme discutido no âmbito do ensino por investigação (Carvalho, 2013).

Esse conflito foi aprofundado no momento em que os estudantes passaram a analisar a influência das propriedades dos materiais na sensação térmica. Ao confrontar a percepção de objetos metálicos e de madeira em equilíbrio térmico com o ambiente, os estudantes foram levados a reconsiderar a relação entre sensação e temperatura, reconhecendo o papel da condutividade térmica. Essa etapa mostrou-se fundamental para desconstruir a ideia de que materiais distintos possuem temperaturas diferentes por natureza, evidenciando a importância da mediação docente na condução da discussão conceitual.

Os dados obtidos no pós-questionário reforçam a efetividade da abordagem. Observou-se um aumento médio de 34% no índice de acertos, evidenciando impacto quantitativo significativo da intervenção. Ainda mais relevante foi o salto qualitativo nas respostas abertas, que passaram a apresentar maior clareza argumentativa, uso mais consistente de vocabulário científico e melhor articulação entre observação e explicação.

As falas dos estudantes evidenciam essa mudança. Um aluno afirmou: “a sensação de quente ou frio não mostra exatamente a temperatura, porque depende do material e de como ele conduz calor. Para saber a temperatura precisa usar um termômetro”. Essa resposta demonstra não apenas a superação da concepção inicial, mas também a integração de conceitos trabalhados ao longo da atividade, como condutividade térmica e a função dos instrumentos de medida.

De forma semelhante, outro estudante destacou que “às vezes dois objetos parecem ter temperaturas diferentes, mas estão na mesma temperatura do ambiente”, evidenciando a compreensão do equilíbrio térmico como condição de igualdade de temperatura, independentemente da percepção sensorial. Essa mudança indica uma transição significativa

de uma explicação baseada na experiência imediata para uma interpretação fundamentada em conceitos físicos.

Um aspecto particularmente relevante foi a compreensão do equilíbrio térmico como um processo dinâmico. Ao acompanhar experimentalmente a variação da temperatura com o uso de termômetros, os estudantes puderam visualizar a transferência de energia ao longo do tempo, superando a visão estática frequentemente associada a esse conceito. Essa experiência contribuiu para aproximar a percepção sensorial da modelagem científica, favorecendo uma compreensão mais consistente dos fenômenos térmicos.

Do ponto de vista teórico, esses resultados reforçam a importância de abordagens investigativas que promovam o confronto entre concepções intuitivas e evidências experimentais. A simples exposição a fenômenos não garante aprendizagem; é a problematização mediada pelo professor que possibilita transformar a experiência em conhecimento científico. Nesse sentido, a mediação docente mostrou-se central para orientar a reflexão dos estudantes e direcionar a construção do conceito de temperatura como grandeza física mensurável.

Além disso, os resultados evidenciam o potencial das abordagens multissensoriais no ensino de conceitos abstratos. A mobilização do tato, articulada à observação e à medição instrumental, permitiu aos estudantes compreender a distinção entre sensação subjetiva e grandeza física, aspecto fundamental para o entendimento da termometria. Essa perspectiva está alinhada a propostas contemporâneas que defendem o uso de experiências sensoriais como mediadoras da aprendizagem em Física conceitual (Brígida et al., 2024).

Do ponto de vista pedagógico, a atividade investigativa demonstrou que a articulação entre percepção sensorial, conflito cognitivo e experimentação estruturada pode constituir uma estratégia eficaz para enfrentar dificuldades recorrentes no ensino de termometria. Ao promover o protagonismo dos estudantes, incentivar a formulação de hipóteses e favorecer a construção de explicações fundamentadas em evidências, essa abordagem contribui para transformar a aula de Física em um espaço de investigação e diálogo.

Por fim, a experiência desenvolvida evidencia um aspecto fundamental da natureza da ciência: muitas propriedades físicas não podem ser determinadas apenas pela percepção humana, exigindo o uso de instrumentos e modelos teóricos para sua compreensão. A transição da percepção intuitiva para a medição objetiva constitui, portanto, não apenas um avanço conceitual, mas também uma aproximação das práticas científicas, fortalecendo a formação crítica dos estudantes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo investigou como uma abordagem investigativa baseada na percepção térmica pode contribuir para a compreensão do conceito de temperatura entre estudantes do Ensino Médio. Os resultados evidenciam que a exploração de experiências sensoriais, articulada a práticas investigativas, favorece a problematização das concepções alternativas dos estudantes e contribui para a construção de explicações mais próximas do modelo científico.

As concepções iniciais identificadas — especialmente a associação direta entre sensação térmica e temperatura — confirmam achados amplamente discutidos na literatura. Após a intervenção, observou-se avanço tanto no desempenho conceitual quanto na qualidade das explicações, evidenciado pelo uso mais consistente de linguagem científica e pelo reconhecimento do papel dos instrumentos de medida na determinação da temperatura. Esses resultados indicam que o confronto entre percepção sensorial e evidência experimental, mediado por atividades investigativas, constitui um elemento central nos processos de reconstrução conceitual.

Do ponto de vista pedagógico, a proposta desenvolvida demonstrou que a articulação entre percepção sensorial, conflito cognitivo e experimentação estruturada pode se configurar como uma estratégia eficaz para o ensino de termometria. Ao promover o protagonismo dos estudantes, estimular a formulação de hipóteses e favorecer a construção coletiva de explicações, essa abordagem aproxima o ensino de Física das práticas da investigação científica, contribuindo para um ambiente de aprendizagem mais ativo, reflexivo e significativo.

Entretanto, o estudo apresenta limitações relacionadas ao número de participantes que concluíram todas as etapas da investigação e ao fato de ter sido desenvolvido em um único contexto escolar, o que restringe a generalização dos resultados. Nesse sentido, pesquisas futuras podem ampliar a aplicação da proposta para diferentes turmas e níveis de ensino, bem como investigar outros fenômenos térmicos a partir de abordagens investigativas e multissensoriais.

Como contribuição, este estudo evidencia o potencial pedagógico da percepção térmica como ponto de partida para o ensino de termometria, ao articular experiência sensorial, conflito cognitivo e construção conceitual. Inserido no conjunto de propostas desenvolvidas pelo TEIA – Tecnologia, Ensino, Inovação e Acessibilidade (UFPA), o trabalho reforça a relevância de práticas pedagógicas inovadoras, inclusivas e contextualizadas no ensino de Física.

Dessa forma, conclui-se que a integração entre investigação, experiência sensorial e mediação docente constitui um caminho promissor para tornar o ensino de Física mais significativo, crítico e epistemologicamente fundamentado, articulado às experiências concretas dos estudantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BYBEE, Rodger W. **The BSCS 5E instructional model: creating teachable moments**. Arlington: NSTA Press, 2014.

BRÍGIDA, Angela *et al.* Sequência didática investigativa, inclusiva e interdisciplinar para o ensino de ondulatória: integrando som e luz. In: AZEVEDO, Hugo José Coelho Corrêa de (org.). **Ensino em Ciências: Inovações, Metodologias e Desafios na Educação Científica**. Barueri: Científica Digital, 2025 (a).

BRÍGIDA, Angela *et al.* Práticas em eletromagnetismo: a energia invisível como experiência investigativa e inclusiva. In: FINELLI, Leonardo Augusto Couto; PEREIRA, Walmir Fernandes (org.). **Construindo a docência: fundamentos e experiências na formação de professores**. Barueri: Científica Digital, 2025 (b).

BRÍGIDA, Angela *et al.* Física do invisível: proposta criativa e inclusiva sobre tempo, luz e encantamento no ensino da Física Moderna. In: **TDH: interfaces entre psicologia, neurociência e educação**. Barueri: Científica Digital, 2025 (c).

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. **Ensino de Ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

ÇENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. **Termodinâmica**. 7. ed. Porto Alegre: AMGH, 2015.

DRIVER, Rosalind; SQUIRES, Ann; RUSHWORTH, Peter; WOOD-ROBINSON, Valerie. **Making sense of secondary science: research into children's ideas**. London: Routledge, 1994.

ERICKSON, Gaalen L. Children's conceptions of heat and temperature. **Science Education**, v. 63, n. 2, p. 221–230, 1979.

GILBERT, John K. Models and modelling: routes to more authentic science education. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 2, p. 115–130, 2004.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Concepções alternativas sobre calor e temperatura: implicações para o ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 2, p. 145–158, 1995.

SANTOS, Gedeão *et al.* Roteiro de experiência criativa em mecânica: movimento que toca. In: SILVA, Andrew Vinícius Cristaldo da; CUSTÓDIO, Elivaldo Serrão; CÂMARA, Sítia Fabiana Alves de Mello (org.). **Educação hoje: saberes, desafios e práticas**. Belém: RFB Editora, 2025. p. 8–15.

VIENNOT, Laurence. **Learning and reasoning in physics**. Dordrecht: Springer, 2009.

YEO, Shelley; ZADNIK, Marjan. Introductory thermal concept evaluation: assessing students' understanding. **The Physics Teacher**, v. 39, n. 8, p. 496–504, 2001.

CAPÍTULO 2 - MEDIAÇÃO PEDAGÓGICA E FORMAÇÃO DOCENTE NO ENSINO DE FÍSICA EM ESCOLA PÚBLICA: EXPERIMENTAÇÃO DE BAIXO CUSTO E ABORDAGEM CTS

Carlos Daniel da Silva Pereira¹, Lucas Vinicius Pantoja e Pantoja², Lucivaldo Silva³ e Angela Costa Santa Brígida⁴, Cledson Santana Lopes Gonçalves⁵ e Luciana Pereira Gonzales Ferreira⁶

¹ carlos.pereira@ananindeua.ufpa.br, Licenciando de Física, Universidade Federal do Pará

² lucas.pantoja@ananindeua.ufpa.br, Licenciando de Física, Universidade Federal do Pará

³ luckyvaldo@hotmail.com, Mestre, Secretaria de Estado de Educação do Pará

⁴ acsbrigida@ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

⁵ cledsonlg@ufpa.br, Doutor, Universidade Federal do Pará

⁶ lpgonzalez@ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

RESUMO

O ensino de Física na escola pública tem sido frequentemente analisado a partir de uma lógica deficitária, centrada na ausência de infraestrutura e de recursos didáticos. Em contraposição a essa perspectiva, este estudo analisa uma intervenção pedagógica desenvolvida em turmas regulares do Ensino Médio, propondo uma leitura epistemológica da escassez como elemento estruturante da prática docente.

De natureza qualitativa, a pesquisa investigou atividades experimentais de baixo custo articuladas à abordagem Ciência–Tecnologia–Sociedade (CTS), mediadas por licenciandos em contexto escolar real. Os resultados evidenciam maior engajamento discente e avanços na compreensão conceitual de natureza qualitativa, indicando que a experimentação, quando orientada por uma mediação pedagógica situada, favorece a construção de significados em Física mesmo em condições de restrição estrutural.

Nesse sentido, a principal contribuição do estudo reside na análise da mediação pedagógica como eixo do ensino e na compreensão da formação docente como processo que se constrói na fricção com a escola pública concreta.

Palavras-chaves: ensino de física; mediação pedagógica; formação docente; experimentação de baixo custo; abordagem CTS.

ABSTRACT

Physics teaching in public schools is often analyzed from a deficit-oriented perspective, centered on the lack of infrastructure and instructional resources. In contrast, this study analyzes a pedagogical intervention developed in regular upper secondary school classes, proposing an epistemological reading of scarcity as a structuring element of teaching practice. The qualitative research investigated low-cost experimental activities articulated with the Science–Technology–Society (STS) approach, mediated by pre-service teachers in real school contexts. The results indicate increased student engagement and advances in qualitative conceptual understanding, showing that experimentation, when guided by situated pedagogical mediation, supports meaning-making in physics even under structural constraints. In this sense, the main contribution of the study lies in highlighting pedagogical mediation as a central axis of teaching and in understanding teacher education as a process constructed through engagement with the concrete realities of public schools.

Keywords: physics teaching; pedagogical mediation; teacher education; low-cost experimentation; STS approach.

INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma experiência pedagógica desenvolvida no ensino de Física em escolas públicas do município de Ananindeua (PA), articulando experimentação de baixo custo e abordagem Ciência–Tecnologia–Sociedade (CTS). A proposta integra ações

formativas vinculadas à Licenciatura em Física da Universidade Federal do Pará (UFPA), no âmbito da formação inicial docente, evidenciando possibilidades de mediação pedagógica situada em contextos marcados por escassez estrutural. Nesse estudo, a experimentação não é tomada como foco central, mas como meio a partir do qual se analisam a mediação pedagógica e a formação docente em contextos reais de ensino.

O ensino de Física na educação básica brasileira é historicamente atravessado por desafios relacionados à abstração conceitual, à dissociação entre teoria e prática e às limitações estruturais das escolas públicas, especialmente no que se refere à ausência de laboratórios e à escassez de materiais didáticos para atividades experimentais. Esses fatores têm sido frequentemente associados à desmotivação discente e às dificuldades na compreensão de conceitos fundamentais da disciplina, muitas vezes percebida como distante da experiência cotidiana dos estudantes (Carvalho; Gil-Pérez, 2011; Moreira, 2018).

Entretanto, a recorrência desse diagnóstico tem produzido um efeito colateral pouco problematizado: a consolidação de uma leitura deficitária da escola pública, na qual a escassez é compreendida exclusivamente como obstáculo. Em contraposição a essa perspectiva, este capítulo propõe uma interpretação epistemológica da escassez, entendendo-a não como falha a ser superada, mas como elemento estruturante da prática pedagógica e da formação docente em contextos escolares concretos. Assim, a escassez deixa de ser exceção e passa a ser assumida como condição de produção do ensino, deslocando o foco das carências materiais para a intencionalidade didática, a mediação pedagógica e as escolhas epistemológicas do professor.

Nesse cenário, a experimentação assume papel relevante no ensino de Ciências, ao possibilitar a observação direta de fenômenos, a formulação de hipóteses e a construção de explicações fundamentadas em evidências empíricas. Quando integrada de forma intencional ao planejamento didático, favorece não apenas a compreensão conceitual, mas também o desenvolvimento do raciocínio científico e a articulação entre diferentes formas de representação do conhecimento (Hodson, 1994; Araújo; Abib, 2003; Receptuti; Pereira; Rezende, 2020). Sob uma perspectiva sociocultural, a experimentação configura-se como instrumento de mediação pedagógica, criando condições para que os estudantes avancem na construção de significados por meio da interação, do diálogo e da mobilização de conhecimentos prévios (Vygotsky, 2007).

Apesar de sua relevância, a implementação da experimentação em escolas públicas enfrenta limitações significativas, como a ausência de laboratórios e a escassez de materiais didáticos. Nesse contexto, a experimentação de baixo custo emerge não apenas como

alternativa viável, mas como estratégia pedagógica intencional, que desloca o foco do ensino da dependência de equipamentos sofisticados para a mediação pedagógica, a problematização e a contextualização dos fenômenos físicos (Araújo; Abib, 2003; Receputi; Pereira; Rezende, 2020). Trata-se, portanto, não de uma simplificação conceitual, mas de uma reorganização didática coerente com as condições reais da escola pública.

Essa perspectiva articula-se à abordagem Ciência–Tecnologia–Sociedade (CTS), que compreende o conhecimento científico como uma construção histórica, social e culturalmente situada, propondo sua contextualização a partir de problemas socialmente relevantes (Aikenhead, 2005; Laurindo; Silva; Neves, 2020). Diferentemente de abordagens CTS de caráter declarativo, neste estudo a contextualização não é adicionada posteriormente, mas emerge da própria escolha dos fenômenos físicos, das situações-problema e das condições reais de ensino, configurando-se como prática pedagógica efetiva.

Ao integrar experimentação de baixo custo, abordagem CTS e mediação pedagógica, constrói-se um ambiente de aprendizagem que favorece o protagonismo discente, a aprendizagem significativa e o desenvolvimento de competências científicas. Nessa perspectiva, o ensino de Física ultrapassa a transmissão de conteúdos e passa a constituir-se como prática formativa situada, orientada pela problematização da realidade e pela construção coletiva do conhecimento (Freire, 2011; Moreira, 2018).

Diante desse contexto, o objetivo deste capítulo é analisar uma experiência pedagógica desenvolvida em escolas públicas, fundamentada na experimentação de baixo custo e na abordagem CTS, evidenciando como a mediação pedagógica situada contribui para o engajamento discente e para a formação inicial de professores de Física. Ao deslocar o olhar da carência para a mediação, o estudo evidencia que a formação docente se constrói na fricção com a escola pública real, oferecendo subsídios analíticos relevantes para o campo do ensino de Ciências.

MATERIAIS E MÉTODOS

A presente investigação caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, com delineamento de intervenção pedagógica, desenvolvida no contexto do ensino de Física em escolas públicas. A opção por essa abordagem fundamenta-se na necessidade de compreender processos formativos, interações pedagógicas e significados atribuídos por estudantes e licenciandos às atividades realizadas em sala de aula, dimensões que não podem ser plenamente apreendidas por instrumentos quantitativos isolados.

O estudo insere-se no campo interpretativo da pesquisa educacional, no qual se busca compreender os fenômenos em seus contextos naturais, considerando a complexidade das relações sociais, pedagógicas e institucionais envolvidas. Conforme Bogdan e Biklen (1994), a pesquisa qualitativa privilegia a análise dos processos e das experiências vividas pelos sujeitos. Nessa perspectiva, as limitações estruturais do contexto escolar não foram tratadas como ruído metodológico, mas como elementos constitutivos da realidade investigada, em consonância com Minayo (2014).

A intervenção foi desenvolvida em duas escolas públicas estaduais do município de Ananindeua (PA), no período de setembro a novembro de 2025, envolvendo turmas regulares do Ensino Médio caracterizadas por heterogeneidade de perfis, trajetórias escolares distintas e diferentes ritmos de aprendizagem, incluindo turmas em processo de aceleração de estudos. As escolas e turmas foram selecionadas a partir de critérios pedagógicos e institucionais, oferta de Ensino Médio regular, ausência de laboratório de Ciências, disponibilidade da gestão escolar e heterogeneidade discente, buscando contemplar contextos representativos da escola pública, nos quais a escassez constitui condição recorrente do trabalho docente.

Participaram da intervenção estudantes regularmente matriculados e dois licenciandos do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal do Pará, responsáveis pela condução das atividades sob orientação docente. As propostas foram aplicadas, adaptadas e continuamente reelaboradas pelos licenciandos, que atuaram como mediadores do processo de ensino. Em diversos momentos, foi necessário tomar decisões pedagógicas em tempo real, ajustando as atividades às condições concretas da escola pública.

A intervenção organizou-se por meio de uma sequência de aulas experimentais e contextualizadas, contemplando conteúdos de Calorimetria, Eletromagnetismo, Ondulatória e Mecânica. Não se tratou da aplicação ou validação de material didático previamente estruturado, mas de propostas pedagógicas em construção, desenvolvidas no âmbito da formação inicial docente e continuamente ajustadas ao contexto escolar.

O planejamento das aulas estruturou-se em quatro momentos: problematização inicial, desenvolvimento conceitual mediado pelo diálogo, realização da atividade experimental e sistematização coletiva dos conhecimentos. Os experimentos foram selecionados com base em critérios de baixo custo, viabilidade prática e potencial de contextualização, utilizando materiais acessíveis e compatíveis com a infraestrutura disponível.

Nesse contexto, as atividades experimentais foram articuladas a situações-problema do cotidiano local. Em Calorimetria, exploraram-se fenômenos térmicos associados ao preparo de alimentos; em Eletromagnetismo, a construção de eletroímãs permitiu discutir aplicações

tecnológicas; em Ondulatória, dispositivos simples possibilitaram a visualização de ondas; e, em Mecânica, situações relacionadas à mobilidade cotidiana fundamentaram a discussão de conceitos como força e movimento.

As estratégias didático-metodológicas adotadas basearam-se na mediação pedagógica, no diálogo e na participação ativa dos estudantes, estimulando a formulação de hipóteses, a observação dos fenômenos e a discussão coletiva dos resultados. Durante as atividades, observou-se que os estudantes respondiam de forma mais participativa quando convidados a interpretar os experimentos e relacioná-los a situações do cotidiano.

A abordagem CTS foi incorporada como eixo estruturante da intervenção, orientando a contextualização dos conteúdos a partir de suas relações com dimensões tecnológicas, sociais e culturais.

A avaliação das aprendizagens ocorreu de forma contínua e diagnóstica, por meio de atividades curtas, discussões mediadas, jogos de perguntas e resolução de problemas contextualizados. Esses instrumentos permitiram identificar indícios de compreensão conceitual, dificuldades recorrentes, especialmente na formalização matemática e diferentes níveis de engajamento discente.

A coleta de dados envolveu observações sistemáticas em sala de aula, registros escritos dos licenciandos, análise de atividades diagnósticas e registros das interações discursivas. Também foram utilizados relatos reflexivos produzidos pelos licenciandos ao final da intervenção, com caráter formativo, como estratégia de triangulação qualitativa leve.

A análise dos dados seguiu abordagem interpretativa, orientada pela leitura recorrente dos registros e pela construção de categorias emergentes em diálogo com o referencial teórico. As categorias analíticas contemplaram engajamento discente, compreensão conceitual, mediação pedagógica, abordagem CTS, formação docente e limitações estruturais.

Durante a intervenção, foram necessárias adaptações metodológicas em função de condições recorrentes da escola pública, como redução do tempo de aula e limitações materiais. Essas adaptações incluíram simplificação de procedimentos experimentais, reorganização do tempo didático e priorização de conteúdos com maior potencial de discussão conceitual. Tais adequações foram compreendidas como parte constitutiva do processo investigativo, reafirmando a escassez como condição pedagógica e não como fator externo ao ensino.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise da experiência didática evidencia que a experimentação de baixo custo, articulada à abordagem Ciência–Tecnologia–Sociedade (CTS), favoreceu o engajamento discente e a compreensão conceitual em Física. Em um contexto marcado por limitações estruturais, a mediação pedagógica dialógica aproximou os conceitos científicos do cotidiano dos estudantes, contribuindo para a construção de aprendizagens mais significativas.

Ao longo da intervenção, verificou-se uma reconfiguração do padrão de participação discente nas aulas experimentais, em contraste com momentos predominantemente expositivos. Destacaram-se o aumento de questionamentos espontâneos, a ampliação da interação entre pares e maior envolvimento nas discussões coletivas, indicando uma transição de uma postura mais passiva para uma participação ativa e investigativa.

As interações em sala evidenciam que essa participação se intensificou especialmente durante as atividades experimentais, quando os estudantes passaram a formular hipóteses, propor explicações e dialogar entre si sobre os fenômenos observados. Esse movimento tornou-se ainda mais evidente quando os experimentos se relacionavam a situações do cotidiano, como fenômenos térmicos associados ao preparo de alimentos, aplicações do eletromagnetismo em equipamentos domésticos e situações mecânicas vinculadas à mobilidade urbana e fluvial.

Em uma das atividades, por exemplo, utilizou-se um experimento simples para discutir relações entre temperatura e pressão. A necessidade de repetir o procedimento até o funcionamento adequado mobilizou a curiosidade dos estudantes e ampliou sua participação nas discussões, evidenciando o potencial da experimentação como mediadora da aprendizagem em contextos reais de ensino.

A análise das atividades diagnósticas e das interações em sala indicou avanços na compreensão dos conceitos trabalhados, especialmente em situações que envolviam observação direta dos fenômenos e interpretação qualitativa dos resultados. Com o objetivo de sistematizar essas mudanças, apresenta-se o Quadro 1.

Quadro 1 – Comparação qualitativa do engajamento discente antes e após a intervenção

Indicador observado	Situação antes da intervenção	Situação durante/após a intervenção
Participação em aula	Predominantemente passiva	Ativa, com envolvimento nas atividades
Questionamentos espontâneos	Raros	Frequentes, especialmente durante os experimentos

Formulação de hipóteses	Pouco recorrente	Presente nas discussões coletivas
Interação entre pares	Limitada	Ampliada, com colaboração durante as atividades
Relação com o cotidiano	Pouco explicitada	Frequentemente mobilizada

Fonte: Dos próprios autores.

Os dados evidenciam que a experimentação de baixo custo, associada à mediação pedagógica e à abordagem CTS, produziu deslocamentos consistentes na postura discente. Persistiram, contudo, dificuldades em atividades que exigiam maior formalização matemática, especialmente na resolução de cálculos e na articulação de grandezas físicas. Esse resultado indica que a experimentação atua como suporte epistemológico para a compreensão qualitativa dos fenômenos, sem substituir a necessidade de estratégias específicas voltadas à formalização matemática.

Esses achados dialogam com estudos recentes no campo do Ensino de Física, que apontam a experimentação como mediadora da aprendizagem quando articulada a práticas investigativas e contextualizadas (Receputi; Pereira; Rezende, 2020).

A incorporação da abordagem CTS ampliou o significado das atividades ao deslocar o foco do ensino da transmissão de conteúdos para a análise de situações reais. Os estudantes passaram a relacionar conceitos físicos a questões como segurança no trânsito, funcionamento de tecnologias cotidianas e consumo de energia. No contexto das aulas, observou-se a mobilização de exemplos oriundos das próprias experiências dos estudantes, evidenciando a aproximação entre conhecimento científico e realidade vivida.

Diferentemente de abordagens CTS de caráter declarativo, neste capítulo a contextualização emergiu da escolha dos fenômenos, das situações-problema e das condições reais de ensino. Assim, a CTS não se configurou apenas como recurso motivacional, mas como eixo organizador da prática pedagógica.

A mediação pedagógica baseada no diálogo e na problematização mostrou-se decisiva para o protagonismo discente. Os relatos dos licenciandos indicaram que a condução das aulas exigiu escuta atenta, intervenções constantes e reorganização do planejamento. Um dos participantes destacou que atuar como mediador “exigiu escuta e intervenções constantes, auxiliando os alunos a compreenderem os conceitos a partir dos experimentos”, evidenciando a centralidade da mediação no processo de aprendizagem.

Do ponto de vista formativo, a experiência evidenciou que a docência se constrói na fricção com a escola pública real, demandando planejamento, flexibilidade metodológica e tomada de decisões em situações concretas. Os licenciandos reconheceram que ensinar Física

em contextos de restrição estrutural exige adaptação contínua, mediação qualificada e sensibilidade diante da heterogeneidade das turmas.

As limitações estruturais, como redução do tempo de aula, ausência de laboratórios e escassez de materiais didáticos, influenciaram a organização das atividades e a profundidade de exploração dos conteúdos. Contudo, tais condições não foram tratadas como impeditivas, mas como constitutivas do contexto educacional. A escassez foi, assim, compreendida como dado pedagógico, capaz de reconfigurar a mediação docente, as escolhas didáticas e a própria formação dos licenciandos.

Com o objetivo de sintetizar os principais achados, apresenta-se o Quadro 2.

Quadro 2 – Síntese analítica dos resultados à luz do referencial teórico

Dimensão analisada	Evidências observadas na intervenção	Diálogo com a literatura
Engajamento discente	Maior participação, questionamentos e interação em aulas experimentais contextualizadas	Hodson (1994); Araújo & Abib (2003)
Compreensão conceitual	Avanços na interpretação qualitativa dos fenômenos físicos	Moreira (2018); Receptuti, Pereira e Rezende (2020)
Formalização matemática	Dificuldades persistentes em cálculos e relações quantitativas	Moreira (2018)
Abordagem CTS	Contextualização emergente a partir das situações-problema e fenômenos locais	Aikenhead (2005); Silva (2020)
Formação docente	Construção da docência na fricção com a escola pública real	Freire (2011); Vygotsky (2007)

Fonte: Dos próprios autores.

A síntese apresentada no Quadro 2 permite compreender a intervenção como um processo integrado, no qual engajamento discente, compreensão conceitual, contextualização CTS e formação docente se articulam de forma indissociável. Os resultados indicam que as limitações estruturais não inviabilizam práticas pedagógicas significativas; ao contrário, exigem mediação docente qualificada, intencionalidade didática e reorganização contínua das estratégias de ensino.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo analisou uma experiência pedagógica desenvolvida em escolas públicas, tomando a experimentação de baixo custo e a abordagem Ciência–Tecnologia–Sociedade

(CTS) como práticas mediadas em condições reais de ensino. Mais do que discutir a viabilidade de atividades experimentais em contextos de escassez, buscou-se compreender como a mediação pedagógica situada reconfigura as possibilidades de ensinar e aprender Física na educação básica.

Os resultados indicam que a experimentação de baixo custo, quando articulada a situações socialmente significativas e mediada de forma dialógica, favorece o engajamento discente e a construção de compreensões conceituais de natureza qualitativa. Ao deslocar o foco do aparato experimental para a intencionalidade pedagógica, as atividades contribuíram para aproximar os conceitos físicos da experiência concreta dos estudantes. Com isso, tensiona-se a percepção da Física como conhecimento abstrato e distante da realidade escolar.

A abordagem CTS mostrou-se central não como um enquadramento teórico declarativo, mas como prática que emerge da escolha dos fenômenos, das situações-problema e das condições efetivas de ensino. Nessa perspectiva, a contextualização deixa de operar como recurso ilustrativo e passa a organizar a prática pedagógica. Ciência, tecnologia e dimensões sociais articulam-se de forma situada, ampliando o significado formativo do ensino de Física.

Do ponto de vista da formação docente, a intervenção evidenciou que o aprender a ensinar Física se constrói na fricção com a escola pública concreta. A atuação dos licenciandos revelou uma docência baseada na mediação situada, na escuta atenta e na adaptação contínua do planejamento. Em sala de aula, foi necessário tomar decisões em tempo real, considerando a heterogeneidade das turmas e as limitações estruturais.

Esse aspecto constitui uma das principais contribuições do estudo. Evidencia-se que a formação docente não se consolida pela aplicação de metodologias idealizadas, mas pela experiência reflexiva em contextos reais de ensino.

Ao assumir a escassez como dado pedagógico, e não como simples déficit, o estudo propõe uma leitura epistemológica das condições materiais da escola pública. O debate desloca-se da lógica da carência para a análise da mediação pedagógica, das escolhas didáticas e da intencionalidade formativa. Essa perspectiva não desresponsabiliza o Estado quanto à necessidade de melhores condições estruturais, mas evidencia que práticas pedagógicas consistentes podem emergir mesmo em cenários adversos.

Como delimitação do estudo, destaca-se a ausência de dados quantitativos padronizados de desempenho discente. Trata-se de uma escolha coerente com a natureza qualitativa da investigação e com o objetivo de compreender processos formativos e significados construídos em contexto real de sala de aula.

Por fim, reafirma-se o caráter situado da pesquisa. Os resultados não visam à generalização, mas à ampliação do debate no campo do Ensino de Física. As contribuições apresentadas oferecem subsídios analíticos para docentes e pesquisadores interessados em pensar o ensino para além de modelos prescritivos, reconhecendo a escola pública como espaço legítimo de produção pedagógica, formativa e epistemológica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIKENHEAD, G. **Science education for everyday life**. New York: Teachers College Press, 2005.

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176–194, 2003.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de Ciências**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. 50. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

HODSON, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio. **Enseñanza de las Ciencias**, Barcelona, v. 12, n. 3, p. 299–313, 1994.

LAURINDO, A. P.; SILVA, J. A. P.; NEVES, M. C. D. (orgs.). **Educação para a ciência e CTS: um olhar interdisciplinar**. Ponta Grossa: Texto e Contexto, 2020.

MINAYO, M. C. S. **O desafio do conhecimento: pesquisa qualitativa em saúde**. 14. ed. São Paulo: Hucitec, 2014.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa**. Brasília: Editora da UnB, 2018.

RECEPUTI, C. C.; PEREIRA, A. J.; REZENDE, F. Concepções epistemológicas de professores e licenciandos de Física sobre a experimentação no ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 37, n. 2, p. 428–454, 2020.

SILVA, F. R. As abordagens CTS/CTSA e alguns desafios atuais do ensino de Ciências. In: LAURINDO, A. P.; SILVA, J. A. P.; NEVES, M. C. D. (orgs.). **Educação para a ciência e CTS: um olhar interdisciplinar**. Ponta Grossa: Texto e Contexto, 2020. p. 11–22.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

CAPÍTULO 3 - PARTICIPAÇÃO FEMININA NA CIÊNCIA NA AMAZÔNIA: PERCEPÇÕES ESTUDANTIS E IMPLICAÇÕES PEDAGÓGICAS PARA O ENSINO DE FÍSICA E STEM

Carla Leticia Rodrigues Araujo¹, Tamires Victoria Silva Rodrigues², Angela Costa Santa Brígida³, Cledson Santana Lopes Gonçalves⁴, Darlene Teixeira Ferreira⁵ e Francisco das Chagas de Oliveira Cacela Filho⁶

¹ carla.rodrigues@itec.ufpa.br, Mestranda em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará

² tamires.rodrigues@ananindeua.ufpa.br, Licenciando em Física, Universidade Federal do Pará

³ acsbrigida@ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

⁴ cledsonlg@ufpa.br, Doutor, Universidade Federal do Pará

⁵ dtferreira@ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

⁶ cacela@ufpa.br, Mestre, Universidade Federal do Pará

RESUMO

A participação feminina em áreas científicas permanece limitada por fatores históricos, sociais, culturais e educacionais, que influenciam diretamente as escolhas acadêmicas e profissionais das meninas. Este estudo investigou as percepções de estudantes do ensino médio da Escola EEEFM Mário Barbosa (Belém-PA) sobre ciência, com ênfase na Física, no conhecimento de mulheres cientistas, no interesse por carreiras STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) e na percepção de igualdade de oportunidades entre gêneros. A pesquisa envolveu 38 estudantes (23 meninas e 15 meninos) e utilizou uma ficha estruturada vinculada ao projeto “Vozes Femininas na Amazônia – UFPA”, organizada em cinco eixos analíticos. A análise combinou estatística descritiva e análise de conteúdo à luz do referencial teórico. Os resultados evidenciam diferenças entre os gêneros: meninos tendem a apresentar respostas mais técnicas e objetivas, enquanto meninas demonstram abordagens mais simbólicas, emocionais e criativas, além de menor interesse em seguir carreiras STEM. Apesar disso, a maioria reconhece a importância da participação feminina na ciência. Os achados indicam a necessidade de estratégias educativas que promovam representatividade, desconstrução de estereótipos de gênero e maior aproximação das meninas com o universo científico, especialmente no contexto amazônico.

Palavras-chaves: Participação feminina; Educação científica; Amazônia; Equidade de gênero.

ABSTRACT

Women's participation in scientific fields remains limited due to historical, social, cultural, and educational factors that directly influence girls' academic and professional choices. This study investigated the perceptions of high school students from EEEFM Mário Barbosa School (Belém-PA, Brazil) regarding science, with an emphasis on Physics, knowledge of women scientists, interest in STEM careers (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), and perceptions of gender equality in opportunities. The research involved 38 students (23 girls and 15 boys) and employed a structured questionnaire linked to the project “Women's Voices in the Amazon – UFPA,” organized into five analytical axes. Data analysis combined descriptive statistics and content analysis grounded in the theoretical framework. The results reveal gender differences: boys tend to present more technical and objective responses, whereas girls demonstrate more symbolic, emotional, and creative approaches, in addition to showing less interest in pursuing STEM careers. Despite this, most students recognize the importance of women's participation in science. The findings highlight the need for educational strategies that promote representation, challenge gender stereotypes, and foster greater engagement of girls with scientific fields, particularly in the Amazonian context.

Keywords: Female participation; Science education; Amazon; Gender equality.

INTRODUÇÃO

A participação feminina em STEM vai além de dados estatísticos, pois envolve aspectos epistemológicos e sociais da ciência. Mesmo com o aumento do acesso das mulheres

à educação, sua sub-representação evidencia desigualdades simbólicas em um campo historicamente masculinizado (Louro, 2003; Hooks, 2013).

O gênero, como categoria analítica, influencia trajetórias e relações com o conhecimento científico (Scott, 1995). A epistemologia feminista questiona a neutralidade da ciência e destaca seu caráter situado, produzido a partir de posições sociais específicas (Haraway, 1988; Harding, 1991).

Na escola, essas desigualdades aparecem no currículo e nas práticas pedagógicas, que ainda reforçam estereótipos de gênero, associando áreas exatas aos meninos e habilidades comunicativas às meninas (Louro, 2003), apesar das diretrizes da BNCC (Brasil, 2018) para uma educação mais equitativa.

No contexto amazônico, essas desigualdades se ampliam devido às limitações estruturais e de acesso a recursos educacionais (UNESCO, 2017), gerando uma dupla invisibilidade.

Assim, este estudo investiga percepções de estudantes do ensino médio sobre ciência e Física, considerando o conhecimento de mulheres cientistas, o interesse por STEM e a percepção de igualdade de gênero, buscando compreender como essas visões são construídas e influenciam a identidade científica feminina.

MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo caracteriza-se como descritivo e exploratório, com abordagem mista (quantitativa e qualitativa), adequada à complexidade das relações entre gênero e ciência, envolvendo dimensões objetivas e subjetivas.

A pesquisa foi realizada com 38 estudantes do ensino médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Mário Barbosa, em Belém-PA (23 meninas e 15 meninos, entre 15 e 18 anos), selecionados por conveniência e participação voluntária, com garantia de anonimato e consentimento.

A coleta ocorreu em uma exposição científica do projeto de extensão “Vozes Femininas na Amazônia – UFPA”, em contexto não formal, favorecendo respostas mais espontâneas sobre ciência e gênero.

Utilizou-se uma ficha com questões abertas e fechadas, organizada em cinco eixos: associação com ciência/Física, igualdade de gênero, mulheres cientistas, interesse em STEM e relevância da participação feminina na ciência.

Os dados quantitativos foram analisados por estatística descritiva e os qualitativos por análise de conteúdo, com base no referencial teórico. Reconhece-se ainda a posição situada da pesquisadora no processo de interpretação, articulando descrição e análise crítica.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos dados de 38 estudantes da Escola Estadual Mário Barbosa (Belém–PA) indica que as percepções sobre ciência, gênero e STEM são influenciadas por fatores sociais, culturais e educacionais que impactam a relação com o conhecimento científico e a identidade científica.

Essas percepções não são individuais, mas resultam de processos históricos e sociais de produção do conhecimento. Conforme Haraway (1988), todo conhecimento é situado, e Harding (1991) destaca que a ciência foi historicamente marcada por exclusões epistemológicas, refletidas também no ambiente escolar.

Assim, observa-se que a desigualdade de gênero em STEM não se limita ao acesso, mas se expressa sobretudo na dimensão simbólica e na construção da identidade científica (Louro, 2003; Scott, 1995).

Distribuição por gênero

A amostra foi composta por 38 estudantes da Escola Estadual Mário Barbosa (Belém–PA), sendo 23 do sexo feminino e 15 do sexo masculino. Observa-se predominância feminina, com cerca de 60,5% da amostra, enquanto os meninos representam aproximadamente 39,5%.

Tabela 1 – Distribuições dos estudantes por gênero.

Gênero	Número dos estudantes
Feminino;	23
Masculino;	15
Total;	38

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A predominância feminina na amostra (60,5%) pode sugerir maior aproximação das meninas com a ciência escolar, mas não implica necessariamente pertencimento ou interesse por STEM.

Essa interpretação se relaciona à socialização de gênero, que associa às meninas habilidades de cuidado e comunicação, enquanto áreas como Física e Matemática são

vinculadas ao masculino (UNESCO, 2021; Wang; Degol, 2020). No ensino de Ciências, práticas descontextualizadas reforçam essas desigualdades, favorecendo alguns perfis e afastando outros, especialmente meninas.

Assim, a presença feminina não garante inclusão epistemológica, havendo dissociação entre presença e pertencimento, relacionada à autoeficácia acadêmica (OECD, 2022). A falta de práticas experimentais também limita a identificação com a ciência (UNESCO, 2021).

Dessa forma, os dados refletem dinâmicas curriculares e pedagógicas que mantêm desigualdades simbólicas (Louro, 2003; Scott, 1995), indicando que inclusão numérica não assegura inclusão real na ciência.

Associação com ciência/Física

A análise das associações com ciência e Física evidencia diferentes formas de construção de significado, influenciadas pelas experiências escolares e sociais dos estudantes.

As palavras evocadas refletem estruturas cognitivas e simbólicas que orientam sua relação com o conhecimento científico. Os resultados estão na Tabela 2, com as principais associações por gênero.

Tabela 2 – Associações dos estudantes com ciência/Física por gênero.

Gênero	Palavras/Associações mais citadas	Observações
Meninos;	Conta, sistema solas, essencial, planeta, corrida, espaço, natureza, estrela, cálculo	Respostas técnicas e objetivas
Meninas;	Céu, raiva, estrela, sistema solar, arte, pular, espaço, pesquisa, bom, chuva	Respostas simbólicas e criativas

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Segundo Ausubel (2003), o conhecimento científico é construído pela interação entre novos conteúdos e estruturas cognitivas prévias. Assim, as associações dos estudantes refletem tanto o ensino quanto suas experiências sociais e escolares, sendo prejudicadas quando o ensino é expositivo e pouco contextualizado.

Os dados mostram que meninos associam ciência e Física a termos técnico-conceituais, enquanto meninas utilizam associações mais simbólicas e cotidianas. Essa diferença não indica desigualdade cognitiva, mas processos de socialização e acesso diferenciado às linguagens científicas.

Essa assimetria relaciona-se ao ensino tradicional de Física, centrado na matematização, o que favorece determinados perfis; para Ausubel (2003), a aprendizagem significativa depende da ancoragem em conhecimentos prévios, o que se fragiliza sem contextualização. Também reflete a socialização de gênero (UNESCO, 2021; WANG; DEGOL, 2020).

De modo geral, a ciência aparece como campo de múltiplos significados, embora o ensino ainda privilegie uma visão técnica. No contexto amazônico, limitações estruturais reforçam a necessidade de metodologias mais investigativas e contextualizadas.

Percepção de igualdade de oportunidades

A percepção de igualdade em STEM reflete como os estudantes compreendem as relações de gênero na ciência e na escola, resultando de processos sociais e escolares, e não de opiniões isoladas.

Os dados são apresentados na Tabela 3, com as respostas sobre igualdade de gênero no campo científico.

Tabela 3 – Percepção dos estudantes sobre igualdade de oportunidades entre gêneros.

Resposta	Número dos estudantes	Percentual (%)
Sim;	22	58 %
Não;	10	26 %
Parcialmente;	6	16 %
Total:	38	100 %

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os dados mostram que 58% dos estudantes percebem igualdade de oportunidades em STEM, 26% não e 16% parcialmente, indicando à primeira vista uma visão positiva sobre equidade de gênero. No entanto, há uma dissociação entre o discurso de igualdade e as condições reais de acesso das meninas à ciência.

Segundo Moreira (2011), os significados são construídos na interação entre novos conhecimentos e experiências prévias, o que pode levar à incorporação de uma ideia de ciência neutra quando o ensino é pouco contextualizado. Assim, o reconhecimento da igualdade no discurso não se confirma necessariamente na prática.

As respostas também revelam percepções distintas entre os estudantes, refletindo interpretações variadas sobre gênero na escola. Essa ambivalência, segundo Scott (1995) e Louro (2003), está relacionada ao gênero como estrutura social e à escola como espaço de reprodução de normas, enquanto Harding (1991) aponta a naturalização das desigualdades na ciência.

No contexto amazônico, essas questões são intensificadas por desigualdades regionais e baixa visibilidade feminina (UNESCO, 2017; BRASIL, 2020). Assim, os dados indicam uma percepção heterogênea de igualdade em STEM, com tensões entre discurso e realidade.

Conhecimento de mulheres cientistas

O conhecimento de mulheres cientistas indica a visibilidade da participação feminina na ciência e sua relação com a identidade científica dos estudantes. Também revela como a ciência é apresentada na escola e quem é reconhecido como produtor de saber.

Os dados são apresentados na Tabela 4, com as respostas sobre cientistas mulheres.

Tabela 4 – Conhecimento de cientistas mulheres pelos estudantes.

Resposta	Número dos estudantes	Percentual (%)
Sim;	28	74 %
Não;	10	26 %
Total;	38	100 %

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os resultados indicam que 74% dos estudantes conhecem ao menos uma mulher cientista, enquanto 26% não. Isso sugere maior visibilidade feminina na ciência, mas ainda restrita a poucas figuras, sem alterar a percepção da ciência como campo masculino.

Segundo Moreira (2011), a aprendizagem significativa depende da integração de novos conhecimentos às estruturas prévias; quando apresentados de forma pontual, os exemplos de cientistas mulheres tendem a ser memorizados sem gerar identificação.

Esse quadro se relaciona ao currículo ainda centrado em homens, produzindo uma memória científica seletiva (UNESCO, 2021; OECD, 2022). Por isso, a falta de modelos femininos limita o interesse em STEM.

Também se articula ao currículo oculto, no qual silenciamentos indicam quem pertence à ciência (LOURO, 2003). Harding (1991) e Haraway (1988) reforçam que a ciência é situada e marcada por exclusões. No contexto amazônico, essa invisibilidade é ainda mais acentuada.

Interesse em carreiras científicas ou tecnológicas

O interesse por carreiras STEM indica a construção da identidade científica ao longo da escolarização, sendo influenciado por socialização, experiências escolares e expectativas de gênero, e não apenas por escolhas individuais.

Os dados são apresentados na Tabela 5, com o interesse dos estudantes em carreiras científicas e tecnológicas por gênero.

Tabela 5 – Interesse dos estudantes em seguir carreiras científicas ou tecnológicas por gênero.

Resposta	Sim	Não	Talvez	Observações
Meninos	6	6	3	Maior equilíbrio e indecisão
Meninas	8	20	0	Menor interesse em carreiras STEM

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os dados mostram que os meninos apresentam maior abertura para carreiras STEM, enquanto as meninas tendem ao afastamento. Esse padrão não indica capacidade, mas processos históricos e culturais ligados à socialização escolar.

Segundo Moreira (2011), o interesse depende da relação entre experiências escolares e conhecimentos prévios; quando o ensino é pouco contextualizado, o interesse por STEM diminui.

Bandura (1997) destaca a autoeficácia como fator decisivo, e estudos indicam menor autoeficácia feminina em STEM (WANG; DEGOL, 2020; OECD, 2022). Eccles e Wigfield (2002) apontam ainda a influência do valor atribuído às atividades.

Práticas tradicionais de Física e a socialização de gênero reforçam esse afastamento (UNESCO, 2021). Carvalho (2017) e Archer et al. (2020) destacam a falta de modelos femininos e a restrição precoce de possibilidades.

No contexto amazônico, limitações estruturais ampliam esse cenário. Assim, o interesse por STEM resulta de fatores sociais e pedagógicos, não de capacidade.

Importância da participação feminina na ciência

A percepção da importância da participação feminina na ciência indica a consciência dos estudantes sobre desigualdades de gênero e valores de equidade, resultando de processos de socialização escolar.

Os dados são apresentados na Tabela 6, com as respostas sobre a relevância da participação feminina na ciência.

Tabela 6 – percepção da importância da participação feminina na ciência

Resposta	Número	Percentual (%)
Sim;	36	95 %
Nunca pensaram sobre isso;	2	5 %
Não	0	0 %
Total	38	100 %

Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

Os dados mostram alto reconhecimento da importância da participação feminina na ciência (95%), indicando ampla difusão do discurso de equidade de gênero. À primeira vista, isso sugere maior conscientização, mas há dissociação entre esse reconhecimento e o interesse por carreiras STEM.

Segundo Scott (1995) e Louro (2003), o gênero estrutura percepções sociais e a escola reproduz normas de gênero mesmo em discursos de igualdade. Harding (1991) destaca a falsa neutralidade da ciência, enquanto Moreira (2011) explica que esses significados são assimilados de forma declarativa, sem reflexão crítica.

Essa contradição revela o descompasso entre discurso e pertencimento científico. Para Hooks (2013), a educação deve ir além da conscientização, promovendo experiências de protagonismo. No contexto amazônico, desigualdades estruturais e baixa visibilidade feminina intensificam essa lacuna (UNESCO, 2021; BRASIL, 2020).

Síntese da discussão

A análise integrada indica que as percepções sobre ciência, gênero e STEM são influenciadas por fatores sociais, culturais e educacionais, sem relação com capacidades cognitivas, mas com a socialização e experiências escolares.

As associações mostram meninos com visão mais técnica e meninas com referências simbólicas, associadas a um ensino tradicional e pouco contextualizado. Isso se relaciona a

práticas expositivas e baixa experimentação, o que limita a aprendizagem significativa (Moreira, 2011) e o engajamento feminino em STEM.

O conhecimento sobre mulheres cientistas ainda é restrito, dificultando a identificação com a ciência e evidenciando lacunas entre currículo e prática. A percepção de igualdade também é contraditória, pois não se reflete no interesse por STEM, indicando desigualdades simbólicas.

No contexto amazônico, essas questões são ampliadas por limitações estruturais. Assim, os dados apontam para a necessidade de práticas pedagógicas mais investigativas e contextualizadas.

Quadro 1 – Síntese dos resultados empíricos e análise interpretativa

Eixo de análise	Resultados principais	Interpretação analítica
Associação com ciência e Física	Meninos associam ciência ao técnico e matemático; meninas, ao social e criativo.	Indica influência de estereótipos de gênero nas representações da ciência, com predominância de uma visão tecnicista.
Percepção de igualdade de oportunidades na ciência	58% percebem igualdade; 26% não; 16% parcialmente.	Revela contradição entre o discurso de igualdade e a percepção de desigualdades na escola.
Interesse em STEM	Meninas mostram maior rejeição ou indecisão; meninos, maior abertura.	Sugere influência de estereótipos de gênero e autoeficácia na escolha de carreiras científicas.

Fonte: Elaborada pelos autores (2026).

Os dados mostram que, apesar do reconhecimento da igualdade de gênero na ciência, ainda existem influências socioculturais que moldam de forma desigual o interesse e a identificação dos estudantes com STEM.

Implicações pedagógicas e proposta de intervenção: Clube de Ciências

Diante das evidências empíricas apresentadas, torna-se necessária a proposição de intervenções pedagógicas que superem o ensino tradicional de Ciências, ainda baseado na transmissão de conteúdos e exercícios mecânicos. Nesse sentido, propõe-se o Clube de Ciências como estratégia de articulação entre diagnóstico, intervenção e mudança de percepções sobre ciência e gênero.

O Clube de Ciências funciona como espaço complementar ao currículo, no qual os estudantes vivenciam práticas investigativas e experimentais, compreendendo a ciência como

processo. Essa abordagem favorece a aprendizagem significativa (Moreira, 2011), ao conectar conteúdos às experiências dos estudantes.

A proposta se justifica pelo menor interesse das meninas por STEM e menor identificação com o ensino tradicional. O clube pode fortalecer a identidade científica feminina ao promover protagonismo e participação ativa.

Também permite valorizar mulheres cientistas, ampliando a representatividade (UNESCO, 2021), além de superar limitações do ensino de Física por meio de atividades investigativas e contextualizadas.

Além disso, possibilita discutir gênero e ciência de forma integrada, promovendo uma educação crítica (Hooks, 2013). No contexto amazônico, torna-se ainda mais relevante por ampliar o acesso a experiências científicas.

Assim, o Clube de Ciências se apresenta como estratégia de intervenção pedagógica que integra ensino, pesquisa e inclusão, promovendo uma formação científica mais significativa e equitativa em STEM.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados deste estudo evidenciam que a participação feminina nas áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (STEM), especialmente no contexto amazônico, é atravessada por fatores sociais, culturais, educacionais e epistemológicos. Embora haja reconhecimento quase unânime da importância da presença feminina na ciência, esse entendimento não se converte proporcionalmente em interesse ou engajamento das estudantes em carreiras científicas, revelando uma dissociação entre consciência social e ação concreta.

Essa contradição está relacionada à permanência de práticas pedagógicas ainda marcadas por abordagens tradicionais de ensino, nas quais o conhecimento científico é frequentemente apresentado de forma descontextualizada e centrada na memorização. Esse modelo dificulta a construção de uma relação significativa com a ciência, reforçando a percepção de que as áreas STEM são distantes e pouco acessíveis, sobretudo para meninas, já atravessadas por estereótipos de gênero.

Diante disso, torna-se necessário repensar o ensino de Ciências a partir de metodologias ativas, investigativas e críticas, que ampliem o protagonismo discente. Experiências em contextos não formais e projetos pedagógicos demonstram o potencial de práticas que rompem

com o modelo tradicional, permitindo maior participação dos estudantes na construção do conhecimento.

A utilização de experimentos com materiais de baixo custo é especialmente relevante no contexto amazônico, marcado por limitações estruturais e escassez de recursos laboratoriais. Essas práticas ampliam o acesso à experimentação científica e favorecem uma aprendizagem mais significativa, crítica e contextualizada.

Nesse sentido, a promoção da equidade de gênero na ciência exige não apenas ampliação do acesso à educação, mas também transformação das práticas pedagógicas, das representações sociais e das condições estruturais que influenciam a relação dos estudantes com o conhecimento científico. Estratégias como mentorias, visibilidade de mulheres cientistas, projetos de extensão e atividades investigativas são fundamentais para transformar conscientização em engajamento efetivo.

Este estudo contribui para o campo da Educação em Ciências e dos Estudos de Gênero ao evidenciar que a desigualdade em STEM não se limita ao acesso, mas se expressa sobretudo em dimensões simbólicas, identitárias e epistemológicas. Ao articular dados empíricos e referenciais teóricos, reforça-se a compreensão da ciência como construção social atravessada por relações de poder e gênero.

Do ponto de vista pedagógico, os resultados indicam a necessidade de superação do ensino tradicional de Ciências, ainda centrado na transmissão de conteúdo. Evidencia-se a importância de metodologias ativas, ensino por investigação e práticas experimentais como estratégias de maior engajamento, especialmente entre estudantes do sexo feminino, além da inserção sistemática da temática de gênero no ensino de Ciências.

Os achados possuem aplicabilidade direta no contexto escolar, especialmente na construção de práticas pedagógicas mais inclusivas. A implementação de atividades experimentais investigativas e de espaços como clubes de ciências apresenta-se como estratégia viável para transformar diagnósticos em intervenção pedagógica concreta. No contexto amazônico, essas ações são ainda mais relevantes diante das limitações estruturais e da necessidade de alternativas pedagógicas de baixo custo e alto impacto formativo.

Conclui-se, portanto, que um ensino de Ciências mais inclusivo, crítico e significativo depende da valorização do protagonismo discente, da diversificação metodológica e do reconhecimento da pluralidade de formas de produção do conhecimento. No contexto amazônico, tais ações tornam-se ainda mais urgentes, contribuindo para a superação das desigualdades de gênero e para a formação de estudantes capazes de se reconhecer como sujeitos ativos na construção da ciência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSUBEL, David P. *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. Lisboa: **Plátano**, 2003.
- BANDURA, Albert. *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: **W. H. Freeman**, 1997.
- BRASIL. Ministério da Educação. *Base Nacional Comum Curricular*. Brasília: **MEC**, 2018.
- BRASIL. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). *Mulheres na ciência no Brasil: dados e indicadores de participação feminina na pesquisa científica*. Brasília: **CNPq**, 2020.
- CARVALHO, Ana Maria Pessoa de. *Ensino de ciências: unindo pesquisa e prática*. São Paulo: **Cengage Learning**, 2017.
- ECCLES, Jacquelynne S.; WIGFIELD, Allan. *Motivational beliefs, values, and goals*. **Annual Review of Psychology**, v. 53, p. 109–132, 2002.
- HARAWAY, Donna. Situated knowledges: The science question in feminism and the privilege of partial perspective. *Feminist Studies*, v. 14, n. 3, p. 575–599, 1988.
- HARDING, Sandra. *Whose science? Whose knowledge? Thinking from women's lives*. Ithaca: **Cornell University Press**, 1991.
- HOOKS, bell. *Teaching to transgress: Education as the practice of freedom*. New York: **Routledge**, 1994.
- LOURO, Guacira Lopes. *Gênero, sexualidade e educação: uma perspectiva pós-estruturalista*. Petrópolis: **Vozes**, 2003.
- MOREIRA, Marco Antonio. *Aprendizagem significativa*. Brasília: **Editora da UnB**, 2011.
- OECD. *Education at a Glance 2022: OECD Indicators*. Paris: **OECD Publishing**, 2022.
- SCOTT, Joan W. Gender: A useful category of historical analysis. *The American Historical Review*, v. 91, n. 5, p. 1053–1075, 1986. *(publicação original 1986; muito usada em 1995 em traduções e compilações)*
- UNESCO. *Cracking the code: Girls' and women's education in STEM*. Paris: **UNESCO**, 2017.
- UNESCO. *Women in science*. Paris: **UNESCO**, 2021.
- UNESCO. *STEM education for girls and women: policy brief*. Paris: **UNESCO**, 2022.
- WANG, Ming-Te; DEGOL, Jessica L. Gender differences in STEM aspirations: The contribution of motivational beliefs. *Educational Researcher*, v. 49, n. 9, p. 683–693, 2020.

CAPÍTULO 4 - CONSERVAÇÃO DO MOMENTO ANGULAR NA EDUCAÇÃO BÁSICA: EXPERIMENTO CADEIRA GIRATÓRIA–RODA DE BICICLETA

Camila Vilhena Ferreira¹, Elanne Sena Gemaque², Aline Nascimento Braga³, Vicente Ferrer Pureza Aleixo⁴, Shirsley Joany dos Santos da Silva⁵ e Alessandra Nascimento Braga⁶

¹camila.ferreira@ananindeua.ufpa.br, Licencianda em Física, FAFIS/CANAN/UFPA.

²elanne.gemaque@ananindeua.ufpa.br, Licencianda em Física, FAFIS/CANAN/UFPA.

³aline.braga@iemci.ufpa.br, Doutoranda em Educação e Ciências Matemáticas, PPGECEM/ IEMCI/UFPA.

⁴ferrer@ufpa.br, Professor Doutor da Faculdade de Física, FAFIS/CANAN/UFPA.

⁵shirsley@ufpa.br, Professora Doutora da Faculdade de Física, FAFIS/CANAN/UFPA.

⁶alessandrabg@ufpa.br, Professora Doutora da Faculdade de Física, FAFIS/CANAN/UFPA.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo investigar a aplicação de práticas experimentais no estudo de cinemática e dinâmica rotacional no ensino de conservação do momento angular. O estudo foi desenvolvido na “*I Exposição da FAFIS-CANAN-UFPA na E.E.E.M Pedro Amazonas Pedroso*” para estudantes do 1º ao 3º ano do Ensino Médio. A abordagem utilizada para a exposição do experimento se desenvolveu com explicação teórica do assunto seguida da participação ativa dos estudantes na execução do experimento Cadeira Giratória-Roda de Bicicleta (CG-RB). A coleta de dados da pesquisa foi realizada por meio da aplicação de um questionário dividido em 4 quesitos: 1 - Perfil dos participantes, 2 - Aplicabilidade e Funcionalidade do Experimento, 3 - Desafios e Barreiras 4 - Percepções sobre as Limitações e Potencialidades. Com 56 alunos presentes na atividade experimental, apenas 14 se voluntariaram a responder o questionário, a análise feita evidencia a importância da experimentação de baixo custo para complementar as aulas de Física, principalmente em escolas onde não há uma infraestrutura adequada para realização de atividades práticas. Dessa forma, a pesquisa demonstra que os experimentos de baixo custo constituem uma alternativa eficaz e acessível para o ensino de Física, favorecendo a compreensão de conceitos complexos mesmo em que os alunos ainda não tivessem estudado o assunto em sala de aula.

Palavras-chaves: Ensino de Física; Experimentos de baixo custo; Momento angular.

ABSTRACT

The present study aims to investigate the application of experimental practices in the study of kinematics and rotational dynamics in the teaching of angular momentum conservation. The study was carried out during the “*I Exposição da FAFIS-CANAN-UFPA na E.E.E.M Pedro Amazonas Pedroso*” for high school students from the 1st to the 3rd year. The approach used in the experiment presentation consisted of a theoretical explanation of the subject followed by the active participation of the students in performing the Rotating Chair–Bicycle Wheel (RC-BW) experiment. Data collection was conducted through the application of a questionnaire divided into four sections: 1 - Participants’ Profile, 2 - Applicability and Functionality of the Experiment, 3 - Challenges and Barriers 4 - Perceptions regarding Limitations and Potentialities. Although 56 students attended the experimental activity, only 14 volunteered to answer the questionnaire. The analysis highlights the importance of low-cost experimentation as a complement to Physics classes, especially in schools that lack adequate infrastructure for practical activities. Therefore, the research demonstrates that practical and low-cost experiments constitute an effective and accessible alternative for Physics teaching, promoting the understanding of complex concepts even when students had not yet studied the subject in the classroom.

Keywords: Physics teaching; Low-cost experiments; Angular momentum.

INTRODUÇÃO

Estudantes do Ensino Médio frequentemente apresentam dificuldades na compreensão de vetores, produto vetorial, aplicação da regra da mão direita e visualização tridimensional em conteúdos relacionados à rotação, o que compromete o entendimento de conceitos como torque e momento angular (Jensen & Poling, 2022). Nesse contexto, a conservação do momento angular é reconhecida na literatura como um conceito abstrato e de elevada complexidade, pois exige dos estudantes habilidades de interpretação vetorial e percepção espacial (Yıldırım & Selçuk, 2024). Além disso, pesquisas apontam que muitos alunos mantêm concepções equivocadas acerca da direção das grandezas angulares mesmo após o ensino desses conteúdos em sala de aula (Jensen & Poling, 2022).

Diante dessas dificuldades, práticas experimentais de baixo custo, desenvolvidas com materiais simples ou recicláveis, têm sido defendidas como estratégias capazes de democratizar o ensino experimental e ampliar o acesso às atividades práticas no ensino de Física (Juliatto *et al.*, 2024). A literatura também destaca que a aprendizagem significativa em Física depende da articulação entre teoria, experimentação e raciocínio científico, tornando as atividades laboratoriais fundamentais para a construção do conhecimento (Nugroho & Waslam, 2020). Nesse sentido, dispositivos experimentais de baixo custo possibilitam a exploração de fenômenos como colisões rotacionais, conservação do momento angular e energia de rotação em laboratórios básicos, suprimindo uma lacuna frequentemente observada no ensino introdutório de Física (Polley, 2021).

Entretanto, atividades experimentais pouco articuladas à fundamentação teórica tendem a ser realizadas de maneira mecânica, limitando a compreensão conceitual dos estudantes e dificultando a percepção da ciência como um processo investigativo (Velez & Alvarez-Alvarado, 2024). Por outro lado, abordagens investigativas favorecem o aumento da motivação intrínseca, do interesse e do engajamento dos estudantes em práticas laboratoriais, especialmente quando acompanhadas de suporte adequado, como roteiros, vídeos e orientações durante o processo experimental (Meulenbroeks, Van Rijn & Reijkerkerk, 2023). Além disso, materiais didáticos que permitam visualizar o sistema em rotação, as variações da velocidade angular e a direção do vetor momento angular contribuem para tornar esses conceitos mais concretos, favorecendo o desenvolvimento da percepção espacial e tridimensional (Yıldırım & Selçuk, 2024).

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo investigar a aplicação de um experimento de baixo custo no ensino da conservação do momento angular, utilizando o sistema Cadeira Giratória–Roda de Bicicleta (CG-RB). A atividade foi desenvolvida durante a “I Exposição da

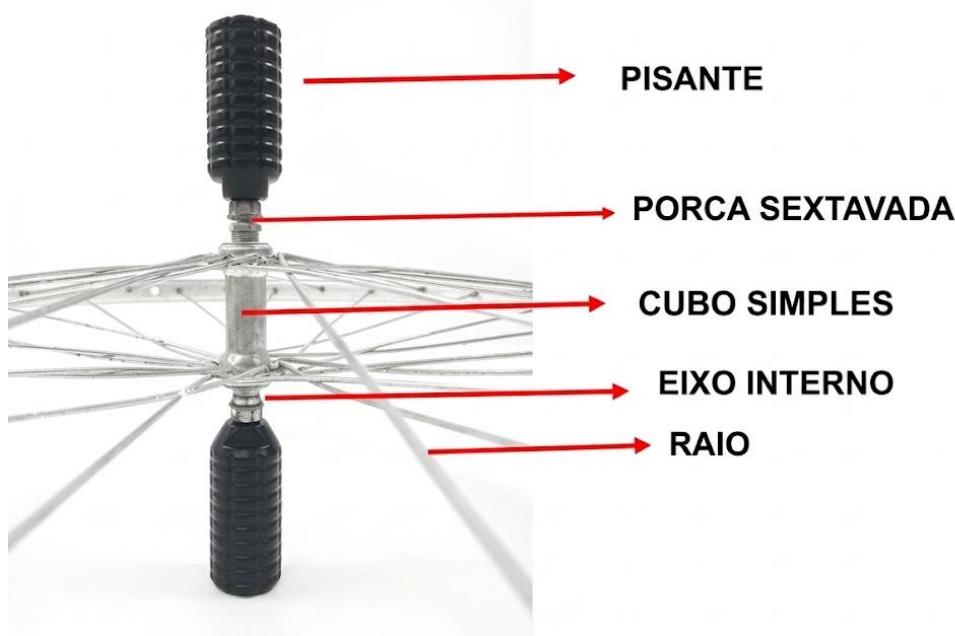
FACFIS-CANAN-UFPA na E.E.E.M. Pedro Amazonas Pedroso”, com o propósito de analisar as percepções dos estudantes acerca da contribuição da experimentação para a compreensão de conceitos relacionados à cinemática e à dinâmica rotacional.

MATERIAIS E MÉTODOS

A experiência foi desenvolvida na escola pública de Ensino Médio *E.E.E.M. Pedro Amazonas Pedroso*, localizada em Belém-Pará, com a participação de estudantes do 1º, 2º e 3º anos do Ensino Médio, totalizando mais de 250 participantes.

O experimento foi realizado utilizando uma cadeira giratória disponível na escola, uma roda de bicicleta com dois pisantes, reutilizados de uma bicicleta inutilizada, e duas porcas sextavadas, empregadas para conectar os pisantes ao eixo interno do cubo simples da roda. A Figura 1 apresenta o conjunto experimental composto pela roda de bicicleta e seus respectivos elementos.

Figura 1 - Roda de bicicleta e seus respectivos elementos.



Fonte: Autores (2026).

Inicialmente, os estudantes eram convidados, de forma voluntária, a participar do experimento. Ao subir na cadeira giratória e permanecer em pé, garantindo que o único ponto de contato com o solo fosse a própria cadeira, o participante segurava a roda da bicicleta pelas extremidades (pisantes) na direção vertical, mantendo o eixo da roda na horizontal. Ressalta-se que, antes da realização do experimento, foi apresentada uma explicação teórica envolvendo conceitos de cinemática e dinâmica das rotações.

Em seguida, a roda era colocada em rotação, produzindo um momento angular orientado paralelamente ao solo. Posteriormente, o estudante era orientado a alterar gradualmente a orientação do eixo da roda, variando aproximadamente entre 0° e 90° , até posicioná-lo na direção vertical. Com essa mudança, estabelecia-se um novo momento angular orientado verticalmente. A partir dessa ação, os estudantes podiam observar o comportamento do sistema aluno–cadeira giratória. Na ausência de torques externos significativos, ocorre a conservação do momento angular; consequentemente, o sistema cadeira–aluno passa a girar em sentido oposto ao da rotação da roda, de modo que o momento angular total do sistema permaneça conservado. A Figura 2 apresenta alguns momentos da realização do experimento.

Figura 2 - Execução do experimento CG-RB.



Fonte: Autores (2026).

Na etapa final, buscou-se investigar de que maneira a atividade experimental poderia contribuir para potencializar a compreensão dos conceitos de cinemática e dinâmica das rotações, especialmente aqueles relacionados ao momento angular. A pesquisa caracteriza-se como quantitativa quanto à abordagem e descritiva-exploratória em relação aos objetivos, utilizando questionários para coleta de dados e técnicas de estatística descritiva para análise dos resultados. O questionário teve como objetivo mapear, a partir da percepção dos estudantes, características da experimentação que pudessem estar associadas à facilitação da compreensão dos conceitos físicos abordados durante a atividade experimental.

O método de aplicação integrou questionamentos, explicações teóricas e a participação ativa dos estudantes na experimentação. Ao término da exposição, foi aplicado voluntariamente um questionário contendo perguntas objetivas em escala de 1 a 10. O instrumento foi dividido em quatro quesitos principais, apresentados na Tabela 1.

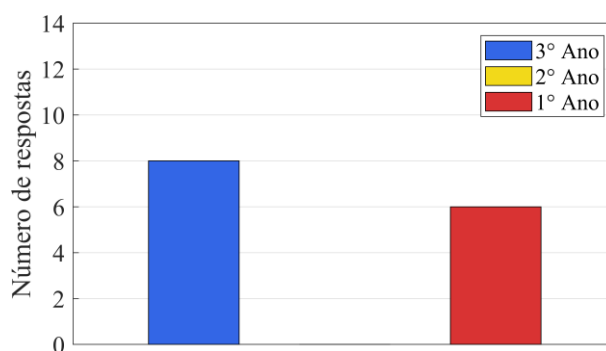
Tabela 1 - A estrutura lógica do questionário para 4 (quatro) quesitos investigativos.

1º Perfil dos participantes	2º Aplicabilidade e Funcionalidade do Experimento	3º Desafios e Barreiras	4ª Percepções sobre Limitações e Potencialidades
01) Qual seu nível de escolaridade?	04) Você acredita que o experimento da roda de bicicleta e cadeira giratória ajudou a compreender melhor o conceito de momento angular?	07) Você encontrou alguma dificuldade ao realizar o experimento?	09) Você acredita que o uso desse tipo de experimento pode ser uma boa ferramenta para o ensino de outros conceitos de Física?
02) Você já tinha conhecimento prévio sobre cinemática e dinâmica das rotações?	05) O uso da cadeira giratória e da roda de bicicleta tornou o assunto mais interessante e interativo para você?	08) Na sua opinião, quais foram os maiores desafios enfrentados ao realizar este experimento?	10) Você recomendaria o uso desse experimento para outros alunos?
03) Como você avalia seu nível de interesse em Física antes deste experimento?	06) Na sua opinião, o que mais ajudou você a entender o conceito de cinemática e dinâmica das rotações? durante o experimento?		

Fonte: Autores (2026).

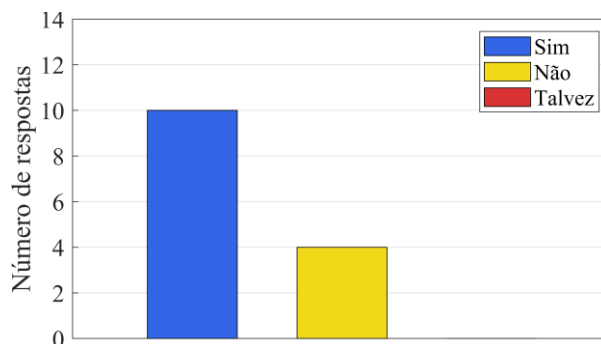
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre os 56 estudantes convidados a participar da pesquisa, apenas 14 responderam voluntariamente ao questionário, representando 25% dos participantes presentes na atividade experimental. Embora esse número constitua uma limitação da pesquisa, os dados obtidos permitiram identificar tendências relevantes acerca da percepção dos estudantes sobre a experimentação e sua contribuição para a compreensão dos conceitos físicos abordados. As Figuras 3, 4 e 5 apresentam, respectivamente, os resultados para as perguntas 1, 2 e 3.

Figura 3 – Respostas obtidas para pergunta: “Qual seu nível de escolaridade?”.

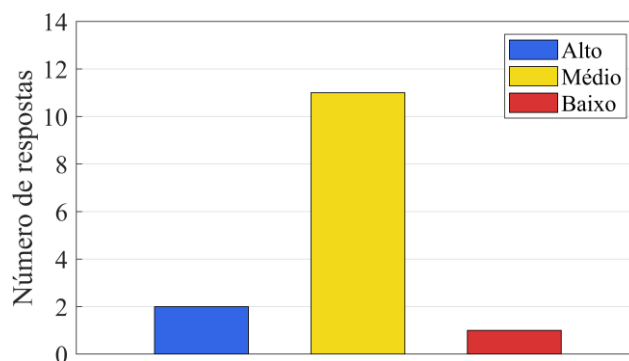
Fonte: Autores (2026).

Figura 4 – Respostas obtidas para pergunta: “Você já tinha conhecimento prévio sobre cinemática e dinâmica das rotações?”.



Fonte: Autores (2026).

Figura 5 – Respostas obtidas para pergunta: “Como você avalia seu nível de interesse em Física antes deste experimento?”.

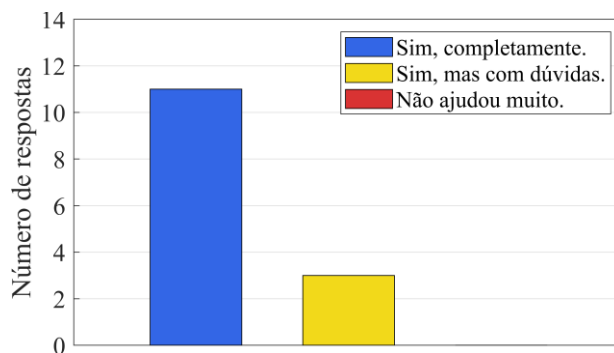


Fonte: Autores (2026).

Em relação ao perfil dos participantes, observou-se predominância de estudantes do 3º ano do Ensino Médio, correspondendo a 57,1% dos respondentes, enquanto 42,9% eram alunos do 1º ano. Quando questionados sobre o conhecimento prévio em cinemática e dinâmica rotacional, 71,4% afirmaram não possuir familiaridade com o tema, ao passo que apenas 28,6% relataram já ter algum conhecimento sobre o assunto. Esses resultados evidenciam lacunas na aprendizagem de conteúdos relacionados à Física Rotacional, inclusive entre estudantes em etapas finais da Educação Básica (Domingues *et al.*, 2023).

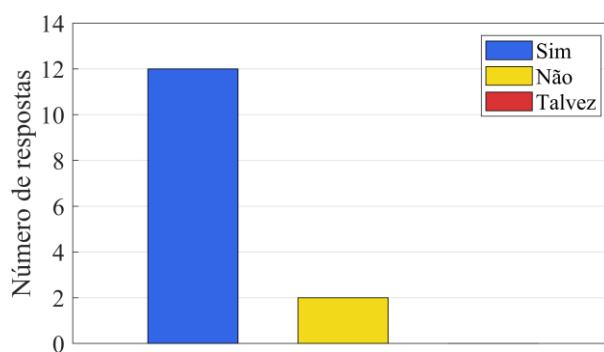
Quanto ao interesse em Física antes da realização do experimento, 78,6% dos estudantes classificaram seu interesse como médio, 14,3% como alto e 7,1% como baixo. Esse resultado indica que, embora a disciplina não fosse amplamente rejeitada, a maioria dos estudantes ainda apresentava interesse moderado, reforçando a importância de estratégias didáticas capazes de aumentar o engajamento e a motivação no processo de aprendizagem (Tanti *et al.*, 2025). As Figuras 6, 7 e 8 apresentam, respectivamente, os resultados para as perguntas 4, 5 e 6.

Figura 6 – Respostas obtidas para pergunta: “Você acredita que o experimento da roda de bicicleta e cadeira giratória ajudou a compreender melhor o conceito de momento angular?”.



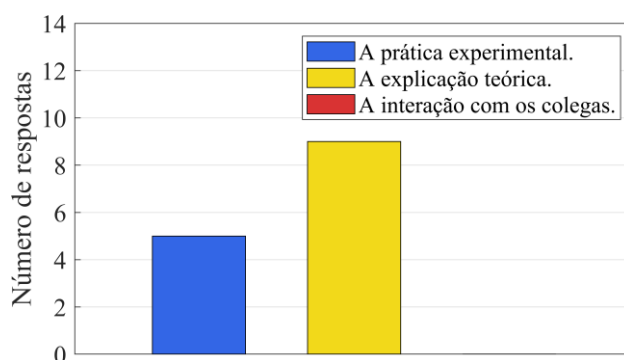
Fonte: Autores (2026).

Figura 7 – Respostas obtidas para pergunta: “Você encontrou alguma dificuldade ao realizar o experimento?”.



Fonte: Autores (2026).

Figura 8 – Respostas obtidas para pergunta: “Na sua opinião, o que mais ajudou você a entender o conceito de cinemática e dinâmica das rotações?”.

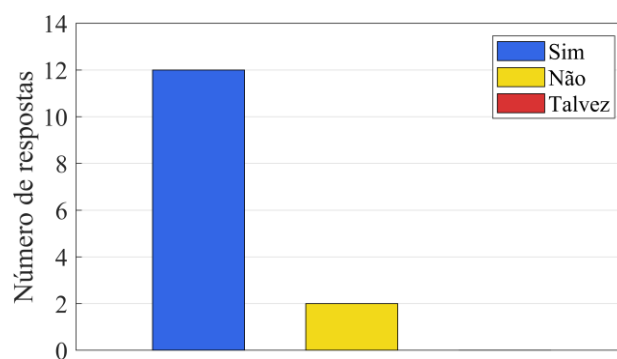


Fonte: Autores (2026).

Aproximadamente 78,6% dos estudantes afirmaram que o experimento contribuiu para a compreensão do conceito de momento angular e de sua conservação, enquanto 21,4% relataram que a atividade auxiliou apenas parcialmente, mantendo dúvidas sobre o fenômeno observado. Esse resultado evidencia que a experimentação atua como importante ferramenta de aproximação entre teoria e prática, especialmente em conteúdos abstratos, embora não substitua a mediação teórica do professor (Nugroho & Waslam, 2020).

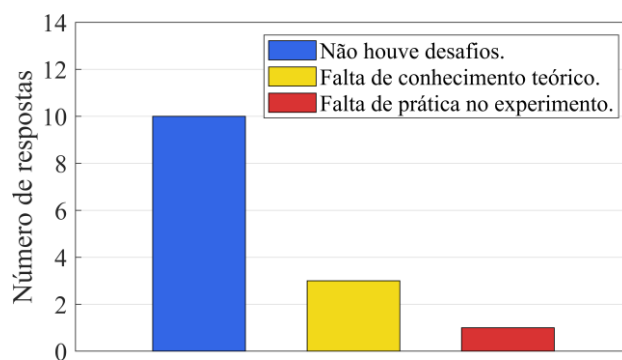
Além disso, 85,7% dos participantes consideraram que o uso da cadeira giratória e da roda de bicicleta tornou o conteúdo mais interessante e interativo, demonstrando o potencial motivador das práticas experimentais no ensino de Física e seu impacto no engajamento dos estudantes (Nikitin *et al.*, 2025). Quanto aos fatores que mais contribuíram para a compreensão dos conceitos de cinemática e dinâmica das rotações, 64,3% dos estudantes apontaram a explicação teórica prévia como principal elemento facilitador da aprendizagem, enquanto 35,7% atribuíram maior relevância à observação prática do movimento da roda e da cadeira giratória. Esses resultados indicam que a aprendizagem se torna mais significativa quando há integração entre fundamentação teórica e experimentação (Meulenbroeks, Van Rijn & Reijerkerk, 2023). As Figuras 9 e 10 apresentam, respectivamente, os resultados para as perguntas 7 e 8.

Figura 9 – Respostas obtidas para pergunta: “Você encontrou alguma dificuldade ao realizar o experimento?”.



Fonte: Autores (2026).

Figura 10 - Respostas obtidas para pergunta: “Na sua opinião, quais foram os maiores desafios enfrentados ao realizar este experimento?”.



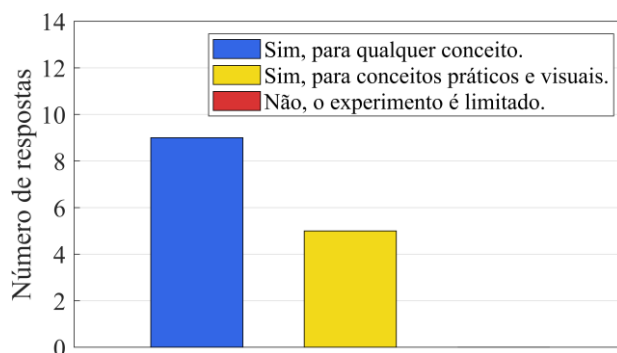
Fonte: Autores (2026).

No quesito relacionado aos desafios e barreiras, 85,7% dos estudantes relataram ter encontrado dificuldades durante a execução do experimento, enquanto 14,3% afirmaram não ter apresentado dificuldades. Esse resultado demonstra que a compreensão inicial de

fenômenos relacionados à dinâmica rotacional ainda representa um desafio significativo para estudantes do Ensino Médio (Polley, 2021).

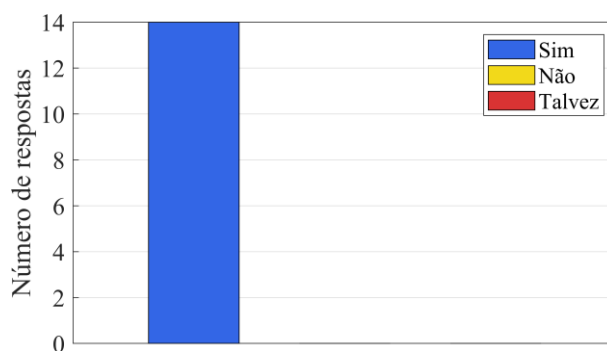
Entretanto, ao serem questionados sobre os principais obstáculos enfrentados durante a atividade, 71,4% afirmaram não ter encontrado dificuldades relevantes, enquanto 21,4% atribuíram as dificuldades à falta de conhecimento teórico e 7,2% à pouca prática experimental. Esse contraste sugere que, embora o experimento tenha causado complexidade inicial, os estudantes conseguiram compreender gradualmente o fenômeno ao longo da atividade (Meulenbroeks, Van Rijn & Reijkerk, 2023). As Figuras 11 e 12 apresentam, respectivamente, os resultados para as perguntas 9 e 10.

Figura 11 - Respostas obtidas para pergunta: “Você acredita que o uso desse tipo de experimento pode ser uma boa ferramenta para o ensino de outros conceitos de Física?”.



Fonte: Autores (2026).

Figura 12 - Respostas obtidas para pergunta: “Você recomendaria o uso desse experimento para outros alunos?”.



Fonte: Autores (2026).

Em relação às potencialidades do experimento, 64,3% dos estudantes afirmaram que atividades semelhantes podem ser aplicadas no ensino de outros conteúdos de Física, enquanto 35,7% consideraram esse tipo de experimentação mais adequado para conceitos práticos e visuais. Esses resultados demonstram que os estudantes reconhecem o potencial pedagógico das atividades experimentais, embora ainda as associem principalmente a conteúdos mais intuitivos e observáveis (Nugroho & Waslam, 2020).

Além disso, 100% dos participantes afirmaram que recomendariam o uso do experimento para outros estudantes, evidenciando elevada aceitação da atividade e uma percepção positiva sobre a contribuição da experimentação para o ensino de Física (Nikitin *et al.*, 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso do experimento Cadeira Giratória–Roda de Bicicleta (CG-RB) mostrou-se uma estratégia eficaz para o ensino da conservação do momento angular, contribuindo para tornar os conceitos de cinemática e dinâmica rotacional mais acessíveis e compreensíveis aos estudantes do Ensino Médio. Os resultados obtidos indicaram aumento do interesse e do engajamento dos participantes durante a atividade experimental, evidenciando o potencial das práticas de baixo custo como ferramenta didática no ensino de Física.

Os dados também demonstraram que a maioria dos estudantes possuía pouco ou nenhum conhecimento prévio sobre Física Rotacional, reforçando a existência de dificuldades na aprendizagem de conteúdos relacionados a vetores, torque e momento angular. Nesse contexto, a experimentação associada à explicação teórica mostrou-se fundamental para favorecer a compreensão conceitual dos fenômenos observados.

Além disso, os resultados evidenciaram elevada aceitação da atividade experimental pelos estudantes, uma vez que todos os participantes afirmaram recomendar o uso do experimento para outros alunos. Tal resultado reforça a importância das metodologias ativas e investigativas na promoção de um ensino mais significativo, interativo e contextualizado.

Por fim, conclui-se que experimentos de baixo custo representam alternativas viáveis para auxiliar docentes no desenvolvimento de atividades práticas, especialmente em escolas que não dispõem de laboratórios adequados. Assim, o uso da experimentação pode contribuir significativamente para aproximar os estudantes da Física, favorecendo uma aprendizagem mais dinâmica, concreta e participativa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JENSEN, S.; POLING, J. Teaching rotational physics with bivectors. **American Journal of Physics**, v. 91, p. 970–978, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1119/5.0109883>.

VELEZ, D.; ALVAREZ-ALVARADO, M. Implementation of the Gowin's V strategy in experimental physics teaching for High School students. **Minerva**, v. 5, n. 14, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.47460/minerva.v5i14.166>.

NUGROHO, S.; WASLAM. Physics experiment activities to stimulate interest in learning physics and reasoning in high school students. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1567, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1567/2/022069>.

MEULENBROEKS, R.; VAN RIJN, R.; REIJERKERK, M. Fostering Secondary School Science Students' Intrinsic Motivation by Inquiry-based Learning. **Research in Science Education**, v. 54, p. 339–358, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11165-023-10139-0>.

JULIATTO, H.; MARTINS, M.; KUSMAN, M.; YOKAICHIYA, F.; FRANCO, M. Low-cost experiments for teaching electrostatics in Brazilian high school. **Physics Education**, v. 59, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ad2105>.

YILDIRIM, F.; SELÇUK, G. Indicating the direction in conservation of angular momentum. **Physics Education**, v. 59, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ad27a7>.

POLLEY, J. An inexpensive apparatus to study conservation of angular momentum in the introductory laboratory. **The Physics Teacher**, v. 59, p. 426–427, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1119/10.0006119>.

TANTI, T.; UTAMI, W.; DELIZA, D.; JAHANIFAR, M. Investigation in vocation high school for attitude and motivation students in learning physics subject. **Journal Evaluation in Education**, v. 6, n. 2, p. 479-490, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.37251/jee.v6i2.1452>.

DOMINGUEZ, A.; DE LA GARZA, J.; QUEZADA-ESPINOZA, M.; ZAVALA, G. Integration of physics and mathematics in STEM education: use of modeling. **Education Sciences**, v. 14, n. 1, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/educsci14010020>.

NIKITIN, A.; KÁCOVSKÝ, P.; SNĚTINOVÁ, M.; CHVÁL, M.; HOUFKOVÁ, J.; KOUPILOVÁ, Z. Physics demonstrations, science show, or hands-on practical work? Exploring students' intrinsic motivation. **Physical Review Physics Education Research**, v. 21, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.21.010146>.

CAPÍTULO 5 - MODELOS TÁTEIS ACESSÍVEIS: UMA PROPOSTA PARA O ENSINO DE ÓPTICA GEOMÉTRICA E ÓPTICA FÍSICA NO ENSINO DE BAIXA VISÃO

Gricia Matoso Reis¹, Maria Gilvania da Silva Alves², Aline Nascimento Braga³, Luciana Pererira Gonzalez⁴, Vicente Ferrer Puzera Aleixo⁵, Shirsley Joany dos Santos da Silva⁶

¹ griciamatoso@gmail.com, Graduado, Universidade Federal do Pará,

² a.gilvania46@gmail.com, Especialista, Universidade Federal do Pará

³ aline.braga@iemci.ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

⁴ lucianagonzalez08@gmail.com, Doutora, Universidade Federal do Pará

⁵ ferrer@ufpa.br, Doutor, Universidade Federal do Pará

⁶ shirsley@ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

RESUMO

O presente trabalho propõe o uso de maquetes táteis acessíveis no ensino de Óptica Geométrica e Óptica Física para estudantes no Ensino Fundamental II, incluindo alunos com baixa visão, fundamentado na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. A proposta utiliza recursos multissensoriais não alternativos adaptados, como miçangas, cordões com diferentes texturas, papelão e elementos em relevo. Foram desenvolvidas duas maquetes didáticas: uma representando a dispersão da luz branca em um prisma triangular e outra contemplando os fenômenos de reflexão, refração, absorção, dispersão e difração da luz. A intervenção foi aplicada em uma turma do 7º ano do Ensino Fundamental II, com mediação por audiodescrição, exploração tátil e questões norteadoras. Os resultados indicaram que os estudantes conseguiram compreender e relacionar os fenômenos ópticos às representações construídas, bem como aplicá-los a situações do cotidiano, especialmente no que se refere ao prisma óptico, formação de cores e comportamento da luz em diferentes meios. Observou-se ainda maior participação e interação dos alunos, evidenciando o potencial das maquetes como recurso pedagógico inclusivo no ensino introdutório de Física.

Palavras-chaves: Óptica Geométrica; Ensino de Física; Inclusão educacional; Aprendizagem significativa; Materiais didáticos alternativos.

ABSTRACT

This study proposes the use of accessible tactile models for teaching Geometrical and Physical Optics to middle school students, including students with low vision, based on David Ausubel's theory of meaningful learning. The proposal employs adapted multisensory resources, such as beads, textured cords, cardboard, and embossed elements. Two didactic tactile models were developed: the first representing the dispersion of white light through a triangular prism, and the second addressing the phenomena of reflection, refraction, absorption, dispersion, and diffraction of light. The intervention was applied to a 7th-grade class through audio description, tactile exploration, and guiding questions. The results indicated that students were able to understand and relate optical phenomena to the constructed representations and to everyday situations, especially regarding optical prisms, color formation, and the behavior of light in different media. Increased student participation and interaction were also observed, demonstrating the potential of tactile models as inclusive pedagogical resources for introductory Physics teaching.

Keywords: Geometrical Optics; Physics Teaching; Educational Inclusion; Meaningful Learning; Alternative Teaching Materials.

INTRODUÇÃO

Atualmente, as discussões acerca da educação inclusiva e dos direitos das pessoas com deficiência têm evidenciado a necessidade de garantir condições efetivas de acessibilidade e participação no ambiente escolar. Na perspectiva inclusiva, o desenvolvimento da autonomia,

da mobilidade e da participação nas atividades pedagógicas está diretamente relacionado à oferta de recursos didáticos acessíveis e de estratégias pedagógicas inclusivas.

Embora as políticas educacionais tenham ampliado o acesso desses estudantes às instituições de ensino, ainda persistem desafios associados à permanência e à participação no processo de aprendizagem, especialmente em contextos nos quais os materiais utilizados permanecem centrados em abordagens predominantemente visuais. Xavier & Vianna (2024) mostram que diante desta realidade, a ausência de recursos adaptados pode comprometer a compreensão dos conteúdos e limitar a interação dos estudantes nas práticas escolares.

Diante desse contexto, este trabalho concentra-se na proposição de recursos didáticos acessíveis que contribuam para práticas pedagógicas mais inclusivas, favorecendo a aprendizagem, a participação e a autonomia de estudantes videntes, com baixa visão ou cegos no ambiente educacional. No contexto educacional, a deficiência visual é geralmente classificada em cegueira e baixa visão, considerando o nível de comprometimento da acuidade visual e a funcionalidade da visão do estudante no processo de aprendizagem Hygino *et al.* (2015).

Resultados do Censo Escolar da Educação Básica 2024, Inep (2025), divulgados pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, a educação especial brasileira ultrapassou 1,7 milhões de matrículas na educação básica. No conjunto das matrículas da educação especial, 86.867 correspondem a estudantes com baixa visão, representando aproximadamente 4,9% do total. Observa-se ainda a presença de 7.321 estudantes com cegueira (0,4%) e 693 com surdocegueira (0,04%), evidenciando a relevância da inclusão de estudantes com deficiência visual no contexto educacional brasileiro.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), juntamente com o programa de ampliação da educação em tempo integral reforçam a necessidade de práticas pedagógicas mais inclusivas e acessíveis, especialmente para estudantes com deficiência visual. Para atingir esse objetivo, torna-se necessário o desenvolvimento de recursos didáticos adaptados, como materiais táteis, gráficos em relevo, textos ampliados e metodologias descritivas que favoreçam o acesso aos conteúdos escolares.

Portanto faz-se necessário a adaptação de recursos didáticos no processo de aprendizagem, especialmente em áreas que utilizam representações espaciais, gráficos, esquemas e observações experimentais como parte da construção do conhecimento científico. Camargo & Nardi (2007) evidenciam que, o professor deve compreender não apenas a relevância da sua disciplina, mas também as particularidades relacionadas ao processo de

ensino e aprendizagem dos alunos. Essa necessidade torna-se ainda mais evidente no ensino de Ciências, em destaque, no ensino de Física.

Conforme destacam Rissino & Gonzalez (2020), estratégias fundamentadas exclusivamente em descrições e explicações orais, audiodescrição e recursos sonoros apresentam limitações no ensino de Física para estudantes com deficiência visual, especialmente em conteúdos que envolvem interpretação de vetores, análise de movimentos, compreensão de campos físicos e observação de montagens experimentais. Segundo as autoras, a compreensão desses conceitos demanda a utilização de recursos táteis e abordagens multissensoriais que permitam ao estudante explorar estruturas físicas e relações geométricas por meio do tato. Entretanto, conforme discute Mantoan (2003), os recursos pedagógicos devem ser planejados sob uma perspectiva inclusiva, possibilitando a participação conjunta de estudantes com e sem deficiência visual e evitando práticas segregadoras no ambiente escolar.

Abordagens no Ensino de Física

Para o ensino de Física com foco em conteúdos de óptica, maquetes e modelos experimentais são estratégias importantes para representar fenômenos físicos abstratos e de difícil visualização. Segundo Camargo (2016), recursos táteis e multissensoriais ampliam a acessibilidade aos conceitos físicos ao possibilitar diferentes formas de percepção dos fenômenos científicos por estudantes com deficiência visual, favorecendo a compreensão de conteúdos como propagação da luz, reflexão e refração.

Conforme apresentado por Lima & Souza (2025) no artigo *Maquetes táteis para ensino de espectroscopia óptica a alunos com deficiência visual*, foi desenvolvido um modelo experimental, construído em MDF com relevos, texturas e regiões vazadas, representava os espectros contínuo, de emissão e de absorção, permitindo a exploração tátil das linhas espectrais e da interação entre luz e matéria no ensino de Óptica e Física Moderna. Já Camargo *et al.* (2012) em seu artigo apresentam como principal recurso uma maquete tátil voltada à representação dos fenômenos de reflexão em espelhos esféricos, especialmente o comportamento dos raios incidentes, refletidos e a formação da imagem.

No trabalho que nós propomos, intitulado *Modelos táteis acessíveis: uma proposta para o ensino de Óptica Geométrica e Óptica Física para estudantes com baixa visão*, buscamos desenvolver e aplicar um recurso didático inclusivo voltado ao ensino de Física. A proposta foi implementada em uma turma do 7º ano do Ensino Fundamental II em uma escola Alfa no município de Concordia do Pará-Pa, possibilitando a análise da viabilidade do material no contexto escolar.

Portanto, pretende-se garantir um material didático acessível a todos os estudantes da turma, promovendo inclusão, participação e melhor compreensão dos conceitos de Óptica Geométrica e Óptica Física, em consonância com a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel, Moreira (2012). No ensino de Física, a aprendizagem significativa enfatiza a articulação entre conceitos científicos e a integração entre conhecimentos prévios, sendo os materiais táteis e modelos experimentais fundamentais para estudantes com deficiência visual, pois permitem a mediação entre conteúdos físicos e percepção sensorial.

MATERIAIS E MÉTODO

Propomos a construção dos modelos táteis produzindo duas maquetes didáticas: a Maquete I, destinada à representação do prisma triangular, e a Maquete II, voltada à representação dos fenômenos da luz (reflexão, absorção, dispersão, refração e difração).

Como diferencial da maquete, foram considerados critérios de acessibilidade e usabilidade pedagógica, com destaque para o uso de miçangas, cordões com diferentes texturas e variações de tamanho, de modo a representar os conteúdos de forma tátil. Além disso, foram adotados cuidados relacionados ao contraste de cores, ao tipo e tamanho da fonte no conteúdo.

Aplicação da proposta didática

Essa etapa teve caráter diagnóstico, sendo utilizada para identificar as concepções iniciais dos estudantes acerca dos fenômenos ópticos trabalhados. Na Figura 1, apresenta-se o mapa mental construído pelo professor com base nas contribuições orais dos estudantes, utilizado como estratégia de organização das ideias prévias sobre Óptica Geométrica e Óptica Física. A atividade permitiu registrar e sistematizar as noções iniciais apresentadas pela turma antes da abordagem formal dos conteúdos.

Os dados obtidos possibilitaram ao professor compreender as concepções espontâneas dos estudantes, em consonância com a importância dos conhecimentos prévios no processo de aprendizagem significativa Hygino *et al.*, (2015). Também foi possível identificar diferentes ideias e associações feitas pelos alunos em relação aos fenômenos ópticos e situações do cotidiano. As informações levantadas foram consideradas no planejamento das etapas seguintes da sequência didática.

Figura 1- Representação em mapa mental dos conceitos de Óptica à luz da teoria da aprendizagem significativa de Ausubel.



Fonte: Dos próprios autores, ferramenta auxiliar Canva.

A reflexão da luz pode ser relacionada ao retorno de uma bola ao atingir uma superfície, permitindo associar o fenômeno à formação de imagens em espelhos.

A absorção da luz pode ser exemplificada pela absorção de água por uma toalha, relacionando-se à retenção de parte da energia luminosa pelos materiais

A dispersão da luz pode ser discutida a partir da separação das cores observadas no arco-íris ou em prismas ópticos. Já a refração pode ser associada ao aparente desvio de objetos parcialmente imersos na água, enquanto a difração pode ser comparada à propagação da água ao atravessar pequenas aberturas e contornar obstáculos. Tanto o arco-íris quanto o halo solar são fenômenos atmosféricos associados à interação da luz com partículas em suspensão, sendo explicados predominantemente pela Óptica Física, embora possam ser representados por modelos geométricos simplificados no ensino básico.

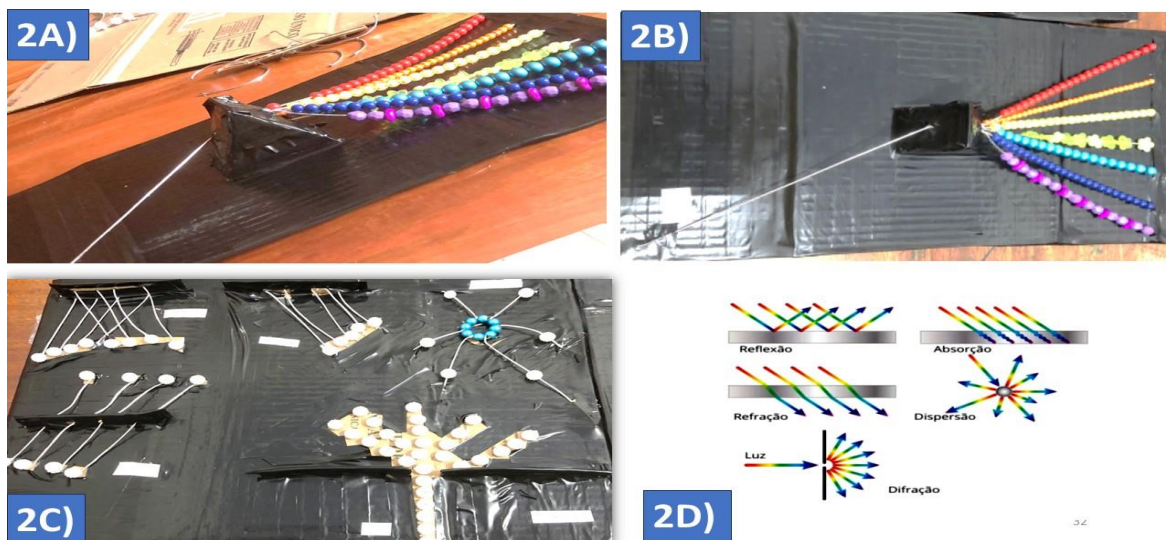
Modelos táteis para representação de fenômenos ópticos

Maquete I- Prisma triangular: Para a construção da maquete do prisma triangular, foram utilizados os seguintes materiais: caixa de papelão, cola quente, fio cordão prateado, miçangas nas cores branca, vermelha, laranja, amarela, verde, azul, anil e violeta (em diferentes tamanhos, faces e texturas), tinta preta, tesoura, isqueiro, lápis e papel com gramatura 180 g/m².

Inicialmente, estruturas triangulares de papelão foram recortadas e unidas com cola quente para formar o prisma triangular. Posteriormente, utilizou-se um fio cordão prateado para representar a luz branca incidente e fios contendo miçangas coloridas nas cores vermelho,

laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta para representar o espectro visível da luz, conforme apresentado na Figura 2A e Figura 2B. O modelo foi elaborado para representar o fenômeno da dispersão da luz branca ao atravessar o prisma, evidenciando a separação da luz associadas às cores do espectro visível.

Figura (2A-D) - 2A (Maquete I- Prisma triangular); 2B (Maquete I- Prisma triangular extendida); 2C (Maquete II: Fenômenos da luz) e 2D (fenômenos da luz).



Fonte: Dos próprios autores figura2(A-C); figura 2D adaptado do (Google Imagens).

Maquete II: Fenômenos da luz

A segunda maquete foi desenvolvida para representar, por meio de elementos táteis e visuais, os fenômenos da reflexão, absorção, dispersão, refração e difração da luz, Figura 2C, a partir do modelo da Figura 2D.

A reflexão foi representada por fios desviados em uma superfície plana, indicando a mudança de direção da onda luminosa.

A absorção da luz foi representada por fios sem continuidade de propagação após atingirem uma superfície, simulando a retenção da energia luminosa no material.

O fenômeno da dispersão da luz foi representado por uma estrutura circular composta por miçangas azuis e raios formados por miçangas brancas, simulando o halo solar produzido pela refração da luz em cristais de gelo presentes na atmosfera.

A refração foi representada por fios prateados desviados ao atravessar um obstáculo, enquanto a difração foi representada por um feixe de miçangas que, ao passar por uma fenda, continuava sua propagação em diferentes direções.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a atividade, a aula foi iniciada com a construção de um mapa mental no quadro ver Figura 1, utilizado para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca dos fenômenos ópticos. Em seguida, a professora utilizou a Maquete 1 e a Maquete 2 para explicar os conceitos de reflexão, refração, dispersão, absorção e difração da luz de forma dialogada.

A Figura 3A e 3B) apresenta dois momentos da aplicação das maquetes táteis na turma do 7º ano do Ensino Fundamental II. Na primeira imagem Figura 3A, observa-se a mediação da explicação sobre os fenômenos ópticos utilizando a maquete de dispersão da luz no prisma triangular. Na segunda imagem Figura 3B, os estudantes exploram a maquete dos fenômenos da luz por meio do tato e da observação visual, identificando representações de reflexão, refração, absorção, dispersão e difração.

Figura 3(A-B)- Figura 2A apresentação a maquete I prisma triangular e Figura 2B apresentação da maquete II fenômenos da luz



Fonte:Dos próprios autores.

Na Figura 4A, observa-se a interação dos alunos com os modelos didáticos durante a discussão das questões norteadoras propostas ao longo da aula, favorecendo a análise inicial dos fenômenos ópticos. Na Figura 4B, registra-se a exploração tátil das duas maquetes pelos estudantes, evidenciando a manipulação dos modelos construídos e a observação das representações dos fenômenos ópticos.

Figura 4(A-B)- As figura 4A e 4B exibem a interação direta dos alunos com as maquetes e a compreensão dos fenômenos ópticos



Fonte: Dos próprios autores.

Durante a aplicação das maquetes, foram utilizadas questões norteadoras com o objetivo de conduzir as discussões e analisar a compreensão dos estudantes acerca dos conteúdos abordados. As perguntas foram trabalhadas oralmente ao longo da aula, priorizando a participação coletiva, a mediação pedagógica e a relação entre os fenômenos ópticos discutidos e as representações táteis presentes nas maquetes, em consonância com a aprendizagem significativa de David Ausubel, Entre as questões discutidas, destacam-se: “Quais são os fenômenos da luz?”, “Como um prisma funciona e para que serve?”, “Quais formas a luz se comportam?” “Quais fenômenos ocorrem para uma cor ser enxergada?”.

A partir das discussões realizadas durante a aula, evidenciou-se a participação ativa durante as explicações e a exploração dos modelos táteis. Entre as respostas discutidas coletivamente, os alunos destacaram que “*os fenômenos da luz se referem a várias interações da luz com a matéria*”, citando reflexão, refração, dispersão e difração. Sobre o prisma óptico, os estudantes associaram seu funcionamento aos fenômenos de refração e dispersão da luz branca.

Também foram mencionadas formas de comportamento da luz, como propagação retilínea, reflexão e refração, além da relação entre absorção e reflexão das cores para a percepção visual dos objetos. A utilização das maquetes associada à audiodescrição favoreceu a mediação dos conceitos de Óptica Geométrica e Óptica Física em uma abordagem mais acessível e interativa.

Embora os conceitos formais de Óptica Física e Geométrica estejam curricularmente previstos pela BNCC para o 9º ano do Ensino Fundamental, a escolha de uma turma do 7º ano justificou-se pela oportunidade pedagógica de introduzir, de maneira qualitativa e tátil, os fenômenos de propagação, reflexão e refração da luz, conteúdos contemplados na unidade temática Matéria e Energia, conforme as habilidades EF07CI01 e EF07CI03. Essa abordagem permitiu o uso de materiais concretos como organizadores prévios, em consonância com a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, favorecendo a ancoragem de novos conhecimentos a estruturas cognitivas já existentes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de recursos táteis associados à audiodescrição contribuiu significativamente para a condução das discussões sobre os fenômenos ópticos abordados em sala. A maquete I do prisma triangular possibilitou aos estudantes compreenderem, a dispersão da luz branca e a formação do espectro visível, permitindo relacionar o conteúdo ao fenômeno do arco-íris e à decomposição da luz em diferentes cores. Já a maquete II dos fenômenos da luz favoreceu a identificação tátil e visual de conceitos como reflexão, refração, absorção e difração, normalmente apresentados de forma abstrata nos conteúdos introdutórios de Física.

Durante as atividades, verificou-se maior participação dos estudantes nas discussões mediadas pelas questões norteadoras, especialmente ao relacionarem os modelos físicos às situações do cotidiano apresentadas durante a aula. As respostas construídas coletivamente demonstraram que os alunos conseguiram associar o funcionamento do prisma aos fenômenos de refração e dispersão da luz, além de identificarem a relação entre absorção e reflexão luminosa na percepção das cores dos objetos. Outro aspecto relevante foi o potencial inclusivo dos materiais produzidos. A utilização de miçangas, fios com diferentes texturas, elementos em relevo e contraste ampliado de cores permitiu que os modelos fossem explorados.

Dessa forma, os resultados obtidos indicam que a utilização de maquetes táteis acessíveis constitui uma estratégia didática eficaz para o ensino introdutório de Óptica Geométrica e Óptica Física, contribuindo não apenas para a mediação dos conceitos científicos, mas também para a construção de práticas pedagógicas mais acessíveis, interativas e inclusivas no ensino de Física.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

XAVIER, A. L. C.; VIANNA, A. V. Materiais didáticos adaptados para as aulas de Ciências e Biologia: possibilidades para a inclusão dos alunos com deficiência visual. **e-Mosaicos**, Rio de Janeiro, v. 13, n. 31, p. 1-17, 2024.

ARAUJO, T. N.; ANDRE, B. P.; TOTTI, M. E. F.; ALVARENGA, M. M. S. C. Panorama bibliométrico das abordagens metodológicas no ensino de Ciências para alunos com deficiência visual. **Revista Educação Especial**, v. 38, n. 1, p. 1-18, 2024.

INEP. **Censo Escolar da Educação Básica 2024: Notas Estatísticas**. Brasília: Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, 2025.

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

CAMARGO, E. P.; NARDI, R. Planejamento de atividades de ensino de Física para alunos com deficiência visual: dificuldades e alternativas. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 378-401, 2007.

RISSINO, J. M.; GONZALEZ, L. P. Estratégias metodológicas para a inclusão de alunos deficientes visuais no Ensino de Física. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, v. 10, n. 10 p. 103-117, 2020.

MANTOAN, M. T. E. **Inclusão escolar: o que é? por quê? como fazer?** 1.ed. - São Paulo: Moderna, 2003.

CAMARGO, E. P. **Inclusão e necessidade educacional especial: compreendendo identidade e diferença por meio do ensino de física e da deficiência visual**. 1.ed. - São Paulo: Livraria da Física, 2016.

LIMA, D.; SOUZA, W. S. Maquetes táteis para ensino de espectroscopia óptica a alunos com deficiência visual. **A Física na Escola**, v. 23, n. 1, p. e240214, 2025.

CAMARGO, E. P.; AGOSTINI, M. M.; SILVA, R. P. e; ALCÂNTARA, D. de; SANTOS, G. F. S.; VIVEIROS, E. R. Artefatos tátil-visuais e procedimentos metodológicos de ensino de Física para alunos com e sem deficiência visual: abordando os fenômenos presentes na fibra óptica e em espelhos esféricos. **Benjamin Constant**, n. 51, p. 1-11, 2012.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? **Revista Currículum**, n. 25, p. 29-56, 2012

HYGINO, C. B.; ROSA, G. F.; CALLEGARIO, L. J.; COSTA, L. P.; ALVES, V. L. O.; LINHARES, M. P. Uso dos conhecimentos prévios dos estudantes: uma experiência na formação inicial de professores de Física. **Holos**, v. 8, p. 122-135, 2015.

CAPÍTULO 6 - ENSINO DE FÍSICA INCLUSIVO: ESTRATÉGIAS DIDÁTICAS PARA ESTUDANTES COM TDAH E TEA À LUZ DO DESENHO UNIVERSAL PARA A APRENDIZAGEM

Karla da Costa Machado¹, Luciana Pereira Gonzales Ferreira², Angela Costa Santa Brígida³ e Cledson Santana Lopes Gonçalves⁴

¹kmachado1408@gmail.com, Licenciada em Física, Universidade Federal do Pará

²lpgonzalez@ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

³acsbrigida@ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

⁴cledsonlg@ufpa.br, Doutor, Universidade Federal do Pará

RESUMO

A educação inclusiva consolidou-se como princípio das políticas educacionais contemporâneas, demandando a reorganização das práticas pedagógicas e das formas de acesso ao conhecimento científico. No ensino de Física, essa necessidade torna-se particularmente relevante devido ao elevado grau de abstração da disciplina, fortemente baseada em linguagem matemática, modelização conceitual e múltiplas representações simbólicas. Nesse contexto, estudantes com Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e Transtorno do Espectro Autista (TEA) podem enfrentar barreiras relacionadas à atenção, às funções executivas, à flexibilidade cognitiva e ao processamento sensorial. O presente estudo tem como objetivo analisar estratégias didáticas inclusivas no ensino de Física à luz do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). Trata-se de uma pesquisa qualitativa de natureza bibliográfica, fundamentada na análise de produções científicas nacionais e internacionais publicadas entre 2014 e 2024. Os resultados indicam que estratégias como simuladores digitais, experimentação guiada, gamificação, abordagens multissensoriais e flexibilização avaliativa apresentam potencial para favorecer o engajamento, a compreensão conceitual e a participação dos estudantes. Conclui-se que o DUA constitui um referencial relevante para a construção de práticas pedagógicas mais acessíveis, participativas e inclusivas no ensino de Física.

Palavras-chave: ensino de Física; educação inclusiva; TDAH; TEA; Desenho Universal para a Aprendizagem.

ABSTRACT

Inclusive education has become a guiding principle of contemporary educational policies, requiring the reorganization of pedagogical practices and forms of access to scientific knowledge. In Physics education, this need becomes particularly relevant due to the highly abstract nature of the discipline, strongly based on mathematical language, conceptual modeling, and multiple symbolic representations. In this context, students with Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) and Autism Spectrum Disorder (ASD) may face barriers related to attention, executive functions, cognitive flexibility, and sensory processing. This study aims to analyze inclusive teaching strategies in Physics education based on the principles of Universal Design for Learning (UDL). This is a qualitative bibliographic study grounded in the analysis of national and international scientific publications published between 2014 and 2024. The findings indicate that strategies such as digital simulations, guided experimentation, gamification, multisensory approaches, and flexible assessment practices present potential to enhance student engagement, conceptual understanding, and participation. It is concluded that UDL constitutes a relevant framework for the development of more accessible, participatory, and inclusive pedagogical practices in Physics education.

Keywords: Physics education; inclusive education; ADHD; ASD; Universal Design for Learning.

INTRODUÇÃO

A educação inclusiva consolidou-se como um dos principais paradigmas das políticas educacionais contemporâneas, deslocando o foco de modelos centrados na adaptação individual do estudante para abordagens que demandam a reorganização das práticas pedagógicas e dos ambientes de aprendizagem. Nesse contexto, a inclusão passa a ser compreendida como princípio estruturante do processo educativo, fundamentado no reconhecimento da diversidade como característica inerente às salas de aula contemporâneas (Mantoan, 2015). Tal perspectiva exige revisão de práticas tradicionalmente baseadas na homogeneização do ensino, frequentemente insuficientes para atender diferentes perfis cognitivos, sensoriais e comportamentais.

No contexto do ensino de Física, essa discussão assume relevância particular devido ao elevado grau de abstração da disciplina, fortemente apoiada em linguagem matemática, modelização conceitual e múltiplas representações simbólicas. A compreensão de fenômenos físicos frequentemente exige dos estudantes raciocínio lógico, interpretação gráfica e articulação simultânea entre teoria, experimentação e representação matemática. Quando essas características são trabalhadas exclusivamente por meio de metodologias expositivas e mecanizadas, podem intensificar barreiras relacionadas à aprendizagem conceitual, especialmente para estudantes com necessidades educacionais específicas (Moreira, 2011).

Entre os estudantes que enfrentam maiores desafios nesse cenário destacam-se aqueles com Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e Transtorno do Espectro Autista (TEA). No caso do TDAH, observam-se dificuldades relacionadas à atenção sustentada, organização de tarefas e autorregulação comportamental (Barkley, 2015). Já no TEA, características como rigidez cognitiva, alterações no processamento sensorial e dificuldades na generalização de conceitos podem interferir na compreensão de conteúdos abstratos e na participação em atividades coletivas (Klin, 2006). Dessa forma, práticas pedagógicas pouco flexíveis tendem a ampliar barreiras de acesso ao conhecimento científico.

Nesse contexto, o Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA) apresenta-se como importante referencial teórico-metodológico para construção de ambientes educacionais mais acessíveis e participativos. Fundamentado na premissa de que a variabilidade dos aprendizes constitui a norma e não a exceção, o DUA propõe múltiplos meios de representação, engajamento e ação/expressão, ampliando as possibilidades de acesso ao currículo e à aprendizagem (Meyer; Rose; Gordon, 2014; Cast, 2018).

No ensino de Física, os princípios do DUA possibilitam reorganizar conteúdos tradicionalmente abstratos em diferentes formas de representação, reduzindo barreiras relacionadas à linguagem matemática, interpretação gráfica e modelização conceitual. Nesse sentido, estratégias como simuladores digitais, experimentação guiada, gamificação e abordagens multissensoriais apresentam potencial para favorecer a compreensão conceitual, o engajamento e a participação ativa dos estudantes, contribuindo para construção de aprendizagens mais significativas.

Apesar dos avanços nas discussões sobre educação inclusiva, ainda se observam lacunas na sistematização de estratégias didáticas inclusivas especificamente voltadas ao ensino de Física para estudantes com TDAH e TEA. Assim, o presente capítulo tem como objetivo analisar criticamente estratégias didáticas inclusivas à luz dos princípios do DUA, buscando compreender suas contribuições, potencialidades e desafios para a construção de práticas pedagógicas mais acessíveis, equitativas e sensíveis à diversidade presente nos contextos escolares contemporâneos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como uma pesquisa qualitativa, de natureza bibliográfica e enfoque analítico-interpretativo, voltada à compreensão de estratégias didáticas inclusivas no ensino de Física para estudantes com Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e Transtorno do Espectro Autista (TEA), à luz dos princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). A abordagem qualitativa foi adotada por possibilitar a análise de fenômenos educacionais complexos relacionados às dimensões pedagógicas, cognitivas e sociais do processo de ensino-aprendizagem (Gil, 2019).

O estudo foi desenvolvido por meio de revisão bibliográfica analítica, fundamentada na identificação e interpretação de produções científicas relacionadas à educação inclusiva, ao ensino de Física, ao TDAH, ao TEA e ao DUA. Foram analisados artigos científicos, livros, dissertações, teses e documentos institucionais publicados entre 2014 e 2024, além de obras clássicas consideradas relevantes para a fundamentação teórica do estudo.

A coleta de dados foi realizada em bases de dados acadêmicas e plataformas de indexação científica, incluindo SciELO, Google Scholar e Portal de Periódicos CAPES. Para a busca das fontes, utilizaram-se descritores em português e inglês, como “ensino de Física” (Physics education), “educação inclusiva” (inclusive education), “TDAH” (ADHD), “TEA” (ASD) e “Desenho Universal para a Aprendizagem” (Universal Design for Learning), combinados com operadores booleanos (AND e OR).

Os critérios de inclusão consideraram relevância temática, consistência teórico-metodológica e relação direta com o ensino de Física, educação inclusiva ou DUA. Foram excluídos materiais duplicados, textos opinativos sem fundamentação científica e publicações sem relação direta com o objeto investigado.

Após o levantamento inicial, os materiais selecionados foram submetidos a leitura exploratória, seletiva e analítica, conforme orientações de Gil (2019). A análise dos dados fundamentou-se na técnica de análise de conteúdo proposta por Bardin (2011), permitindo organizar as informações em categorias articuladas aos princípios do DUA, como estratégias de representação, engajamento e ação/expressão.

Embora o estudo não tenha realizado aplicação empírica das estratégias analisadas, a revisão permitiu identificar potencialidades, desafios e lacunas relacionadas à implementação de práticas inclusivas no ensino de Física. Ressalta-se que, por se tratar de pesquisa baseada em fontes secundárias e de domínio público, não houve necessidade de submissão ao Comitê de Ética em Pesquisa, sendo respeitados os princípios de integridade científica e correta citação das obras consultadas.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Estratégias didáticas inclusivas no ensino de Física: possibilidades para a prática docente

A análise da literatura evidenciou que as estratégias didáticas inclusivas no ensino de Física podem ser organizadas em diferentes eixos pedagógicos articulados aos princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). Nessa perspectiva, a inclusão não se configura como adaptação pontual destinada exclusivamente a determinados estudantes, mas como um processo intencional de reorganização do ensino, fundamentado no reconhecimento da diversidade cognitiva como característica constitutiva dos contextos educacionais contemporâneos.

À luz do DUA, as estratégias didáticas devem contemplar múltiplos meios de representação, engajamento e ação/expressão, garantindo diferentes formas de acesso ao conhecimento científico (Meyer; Rose; Gordon, 2014). No ensino de Física, essa abordagem torna-se particularmente relevante devido ao caráter abstrato da disciplina, frequentemente marcado pela articulação simultânea entre linguagem matemática, representação gráfica, modelização conceitual e interpretação fenomenológica.

Além disso, a aprendizagem em Física envolve a compreensão de fenômenos que nem sempre são diretamente observáveis, exigindo dos estudantes a construção de modelos mentais abstratos e a interpretação integrada de diferentes representações do conhecimento científico.

Estudos em ensino de Ciências apontam que dificuldades relacionadas à transição entre representações matemáticas, gráficas e fenomenológicas constituem uma das principais barreiras à aprendizagem conceitual em Física, especialmente em contextos pedagógicos excessivamente expositivos ou descontextualizados.

Nesse cenário, estratégias pedagógicas diversificadas apresentam potencial para reduzir barreiras cognitivas, ampliar as possibilidades de participação e favorecer processos de aprendizagem mais significativos. Contudo, a literatura também indica que a eficácia dessas estratégias depende de fatores como planejamento pedagógico, mediação docente, organização do ambiente escolar e formação específica dos professores para atuação em contextos inclusivos.

A partir dessa perspectiva, foram identificados diferentes conjuntos de estratégias didáticas com potencial para favorecer a inclusão de estudantes com TDAH e TEA no ensino de Física, conforme discutido a seguir.

Simuladores digitais e visualização de fenômenos físicos

Os simuladores digitais configuram-se como uma das estratégias mais recorrentes na literatura sobre ensino de Física inclusivo, especialmente por possibilitarem a representação visual e interativa de fenômenos abstratos. A diversificação das formas de representação, conforme preconiza o DUA, favorece a acessibilidade cognitiva e amplia as possibilidades de construção de significados acerca dos conteúdos científicos (Meyer; Rose; Gordon, 2014).

No contexto da Física, simuladores digitais permitem representar fenômenos dificilmente observáveis em condições escolares convencionais, como campos elétricos, movimentos microscópicos, propagação de ondas e relações entre variáveis físicas. Além disso, tais recursos favorecem a manipulação simultânea de diferentes representações, gráficas, matemáticas e fenomenológicas, contribuindo para a compreensão conceitual dos conteúdos trabalhados.

Para estudantes com TDAH, ambientes interativos podem favorecer a manutenção da atenção ao oferecer estímulos visuais dinâmicos e possibilidade de manipulação ativa das variáveis. Já para estudantes com TEA, a previsibilidade dos comandos, a repetição controlada dos procedimentos e a organização visual estruturada tendem a reduzir sobrecargas cognitivas e sensoriais.

Entretanto, a literatura também aponta limitações relacionadas ao uso indiscriminado dessas tecnologias. O excesso de informações simultâneas, animações excessivamente rápidas ou interfaces pouco organizadas pode ampliar a sobrecarga cognitiva, especialmente em

estudantes com dificuldades atencionais e sensoriais. Assim, o potencial inclusivo dos simuladores não reside apenas na tecnologia em si, mas na forma como esses recursos são integrados ao planejamento pedagógico.

Nesse sentido, recomenda-se que o professor organize o uso de simuladores em etapas curtas, com objetivos explícitos, roteiros estruturados e mediação constante, favorecendo a autonomia dos estudantes sem comprometer a clareza conceitual das atividades.

Experimentação guiada e concretização do conhecimento

A experimentação constitui uma das estratégias historicamente mais relevantes no ensino de Física, especialmente quando articulada à construção de significados conceituais. Conforme Moreira (2011), a aprendizagem significativa depende da capacidade de relacionar conceitos abstratos a experiências concretas e cognitivamente relevantes para o estudante.

No contexto inclusivo, a experimentação guiada apresenta potencial para reduzir barreiras relacionadas à abstração conceitual, permitindo que os estudantes observem fenômenos físicos, manipulem materiais e estabeleçam relações entre teoria e prática. Ao explorar diretamente conceitos como força, movimento, frequência, período e eletricidade, os estudantes tendem a construir interpretações mais consistentes acerca dos conteúdos científicos.

Para estudantes com TDAH, atividades experimentais estruturadas podem favorecer organização das tarefas, manutenção do foco e participação ativa. Já para estudantes com TEA, a previsibilidade dos procedimentos experimentais tende a contribuir para segurança cognitiva, organização das etapas da atividade e redução da ansiedade associada a situações pouco estruturadas.

Contudo, a literatura evidencia que a eficácia da experimentação não depende exclusivamente da manipulação de materiais, mas da mediação pedagógica que orienta a observação, a interpretação e a discussão dos fenômenos analisados. Em muitos contextos escolares, práticas experimentais acabam reduzidas à reprodução mecânica de procedimentos, sem efetiva problematização conceitual.

Além disso, limitações estruturais presentes em muitas escolas, como ausência de laboratórios, escassez de materiais e elevada quantidade de estudantes por turma, frequentemente dificultam a implementação sistemática de atividades experimentais. Assim, embora a experimentação apresente potencial inclusivo relevante, sua efetivação depende de condições institucionais, planejamento docente e adaptação às realidades escolares concretas.

Dessa forma, recomenda-se a utilização de roteiros estruturados, materiais de baixo custo e atividades organizadas em etapas claras e previsíveis, favorecendo a participação dos estudantes sem ampliar a sobrecarga cognitiva ou sensorial.

Gamificação e engajamento no processo de aprendizagem

A gamificação apresenta-se na literatura como estratégia potencialmente relevante para promoção do engajamento no ensino de Física, especialmente em contextos que demandam maior motivação para a aprendizagem. Elementos como desafios, feedback imediato, progressão por etapas e recompensas simbólicas podem favorecer a participação ativa dos estudantes e ampliar o interesse pelos conteúdos científicos.

No caso de estudantes com TDAH, atividades gamificadas tendem a favorecer manutenção da atenção, autorregulação comportamental e persistência nas tarefas, sobretudo quando associadas a objetivos claros e respostas rápidas às ações realizadas (Barkley, 2015). Além disso, a gamificação pode contribuir para consolidação de conceitos físicos fundamentais, como força, energia, velocidade e movimento, desde que articulada ao desenvolvimento conceitual da disciplina.

Entretanto, a literatura também aponta que a gamificação não deve ser compreendida como solução universal para problemas relacionados à aprendizagem ou ao engajamento escolar. O uso excessivo de estímulos competitivos, recompensas constantes ou ambientes visualmente desorganizados pode produzir efeitos contrários aos objetivos da inclusão, ampliando ansiedade, dispersão e sobrecarga sensorial.

No contexto do TEA, ambientes excessivamente imprevisíveis ou competitivos podem dificultar participação e conforto emocional dos estudantes. Dessa forma, recomenda-se que atividades gamificadas priorizem regras claras, previsibilidade das tarefas e organização visual estruturada.

Assim, o potencial pedagógico da gamificação depende menos da dimensão lúdica isolada e mais de sua integração intencional ao planejamento didático, garantindo que o engajamento esteja associado à compreensão conceitual e não apenas à realização mecânica de tarefas.

Abordagens multissensoriais e acessibilidade cognitiva

As abordagens multissensoriais ampliam as formas de acesso ao conhecimento científico e constituem estratégias relevantes para redução de barreiras cognitivas no ensino de Física. Segundo Klin (2006), estudantes com TEA frequentemente se beneficiam de

recursos visuais estruturados, capazes de auxiliar na organização das informações e na compreensão dos conteúdos.

No ensino de Física, o uso de diagramas, animações, vídeos, modelos físicos, esquemas visuais e representações gráficas permite representar fenômenos em múltiplos formatos, reduzindo níveis excessivos de abstração associados aos conteúdos científicos. Tais recursos favorecem interpretação de gráficos, compreensão espacial e visualização de fenômenos não diretamente observáveis.

Para estudantes com TDAH, múltiplos estímulos sensoriais podem favorecer manutenção da atenção e ampliação do interesse pelas atividades. Entretanto, a literatura destaca que a eficácia dessas estratégias depende da organização pedagógica dos recursos utilizados. Ambientes com excesso de estímulos simultâneos podem ampliar distração, ansiedade e sobrecarga cognitiva.

Assim, recomenda-se equilíbrio entre acessibilidade cognitiva e clareza pedagógica, evitando excesso de informações visuais ou sonoras que comprometam a compreensão conceitual dos conteúdos trabalhados.

Avaliação inclusiva e múltiplas formas de expressão da aprendizagem

A análise da literatura também evidencia que a inclusão no ensino de Física requer reorganização das práticas avaliativas. À luz do DUA, a avaliação deve reconhecer que os estudantes podem demonstrar sua aprendizagem por diferentes formas de expressão, não se restringindo exclusivamente à linguagem escrita tradicional.

Nesse contexto, avaliações fundamentadas apenas em longos enunciados escritos e resolução mecânica de exercícios matemáticos podem constituir barreiras significativas para estudantes com TDAH e TEA. Estratégias avaliativas diversificadas, como atividades práticas, apresentações orais, registros visuais, produções multimodais e resolução guiada de problemas, tendem a ampliar as possibilidades de participação e expressão da aprendizagem.

Além disso, avaliações organizadas em etapas menores, com instruções claras, previsibilidade e objetivos explícitos, podem contribuir para redução da sobrecarga cognitiva e favorecer maior acessibilidade pedagógica.

Entretanto, a implementação de avaliações inclusivas ainda encontra resistência em muitos contextos escolares, frequentemente marcados por modelos tradicionais de verificação da aprendizagem centrados na padronização dos desempenhos. Tal cenário evidencia a necessidade de formação docente voltada não apenas à flexibilização metodológica, mas também à compreensão crítica da avaliação como processo formativo.

Integração das estratégias e planejamento pedagógico

A análise evidencia que a eficácia das estratégias didáticas inclusivas está diretamente relacionada à sua integração em um planejamento pedagógico articulado. O uso isolado de recursos ou metodologias tende a produzir impactos limitados, enquanto sua articulação possibilita atender simultaneamente diferentes necessidades cognitivas, comunicacionais e sensoriais presentes na sala de aula.

Nesse sentido, o planejamento fundamentado no DUA deve garantir múltiplas formas de acesso ao conteúdo, participação ativa e expressão da aprendizagem, considerando a diversidade como princípio estruturante do processo educativo. O professor assume papel central como mediador, orientando a construção do conhecimento científico e promovendo reflexão crítica acerca dos fenômenos físicos estudados.

Entretanto, a literatura aponta que a implementação dessas estratégias demanda condições institucionais favoráveis, formação continuada e suporte pedagógico adequado. Muitos professores relatam dificuldades relacionadas à ausência de formação específica em educação inclusiva, elevada carga de trabalho, limitação de recursos didáticos e insuficiência de apoio institucional.

Assim, embora as estratégias analisadas apresentem potencial para promoção de práticas pedagógicas mais acessíveis, sua efetivação depende de políticas educacionais que valorizem formação docente, acessibilidade curricular e condições estruturais adequadas para o desenvolvimento de práticas inclusivas no ensino de Física.

Quadro 1 – Síntese das estratégias didáticas inclusivas no ensino de Física.

Estratégia didática	Princípio do DUA	Exemplos de conteúdos de Física	Objetivos cognitivos favorecidos	Contribuição para estudantes com TDAH	Contribuição para estudantes com TEA	Relação com a aprendizagem conceitual
Simuladores digitais	Representação	Cinemática, gráficos de movimento, leis de Newton, eletricidade	Visualizar relações entre variáveis físicas; interpretar gráficos; compreender causalidade	Favorece manutenção da atenção e interação ativa com o conteúdo	Reduz abstração e amplia previsibilidade das atividades	Possibilita compreender relações entre posição, velocidade, aceleração e tempo por meio da manipulação direta das variáveis
Experimentação guiada	Ação e expressão	Oscilações, pêndulo simples, circuitos elétricos, óptica	Observar fenômenos; formular hipóteses; interpretar resultados	Auxilia na organização das tarefas e no foco durante a atividade	Favorece segurança por meio de procedimentos estruturados e previsíveis	Contribui para relacionar teoria e prática, favorecendo a compreensão de conceitos como período,

			experimentais			frequência e propagação
Gamificação	Engajamento	Força, energia, movimento, eletricidade básica	Consolidar conceitos; desenvolver raciocínio rápido; revisar conteúdos	Aumenta motivação, foco e participação nas atividades	Favorece participação em ambientes com regras claras e objetivos definidos	Reforça a compreensão de conceitos fundamentais por meio de desafios conceituais e feedback imediato
Abordagens multissensorial	Representação	Ondas sonoras, óptica, calorimetria, magnetismo	Integrar diferentes formas de representação do conhecimento	Estimula atenção e participação por múltiplos estímulos organizados	Amplia acessibilidade cognitiva por meio de apoio visual estruturado	Favorece a compreensão de fenômenos físicos abstratos utilizando esquemas, modelos físicos, vídeos e diagramas
Avaliação inclusiva	Ação e expressão	Resolução de problemas, interpretação de fenômenos, experimentos	Demonstrar compreensão conceitual por diferentes linguagens	Reduz sobrecarga cognitiva em avaliações longas e excessivamente textuais	Flexibiliza formas de expressão e reduz ansiedade avaliativa	Permite verificar a aprendizagem por meio de apresentações orais, mapas conceituais, experimentos e produções multimodais

Fonte: Dos próprios autores.

Síntese analítica dos resultados

A análise das estratégias didáticas inclusivas evidencia que a promoção da inclusão no ensino de Física não depende de intervenções isoladas, mas da construção de um sistema pedagógico integrado, fundamentado em princípios teóricos consistentes e em práticas pedagógicas acessíveis.

O Desenho Universal para a Aprendizagem consolida-se como referencial estruturante nesse processo, ao orientar práticas que reconhecem a variabilidade dos estudantes e ampliam as possibilidades de participação no processo educativo. Observa-se que as estratégias analisadas apresentam potencialidades complementares, mostrando-se mais relevantes quando articuladas em planejamentos pedagógicos integrados, em vez de aplicadas de maneira fragmentada.

Além disso, os resultados indicam que tais estratégias não beneficiam exclusivamente estudantes com TDAH e TEA, mas apresentam potencial para contribuir com a melhoria da qualidade do ensino de Física de forma mais ampla, promovendo ambientes de aprendizagem mais acessíveis, investigativos, participativos e significativos.

Contudo, a literatura analisada também evidencia limites importantes relacionados à implementação dessas práticas, especialmente em contextos marcados por limitações estruturais, ausência de formação docente específica e dificuldades institucionais para consolidação de políticas inclusivas. Dessa forma, embora o DUA e as estratégias discutidas apresentem potencial pedagógico relevante, sua efetividade depende de condições concretas de aplicação, formação continuada e reorganização das práticas educacionais em perspectiva inclusiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo analisou estratégias didáticas inclusivas no ensino de Física para estudantes com TDAH e TEA à luz dos princípios do Desenho Universal para a Aprendizagem (DUA). A análise da literatura evidenciou que práticas como simuladores digitais, experimentação guiada, gamificação, abordagens multissensoriais e flexibilização avaliativa apresentam potencial para ampliar o engajamento, favorecer a compreensão conceitual e estimular a participação dos estudantes no processo de aprendizagem.

Os resultados indicam que a inclusão no ensino de Física exige mais do que adaptações pontuais, demandando planejamento pedagógico intencional, diversificação das formas de representação do conhecimento científico e reorganização das práticas avaliativas. Nesse contexto, o DUA mostra-se um referencial relevante para construção de ambientes educacionais mais acessíveis, participativos e sensíveis à diversidade cognitiva presente nas salas de aula contemporâneas.

Além disso, o estudo evidencia que práticas pedagógicas inclusivas não beneficiam exclusivamente estudantes com TDAH e TEA. Ao ampliar as possibilidades de acesso, interação e expressão da aprendizagem, as estratégias discutidas contribuem para melhoria da qualidade do ensino de Física de maneira mais ampla, favorecendo processos de aprendizagem mais investigativos, significativos e democráticos.

Entretanto, a literatura também aponta desafios relacionados à formação docente, às limitações estruturais das escolas e à escassez de investigações empíricas específicas sobre ensino de Física inclusivo. Dessa forma, destaca-se a necessidade de pesquisas futuras que investiguem a aplicação prática dessas estratégias em contextos reais de sala de aula, considerando diferentes níveis de ensino e realidades educacionais.

Por fim, espera-se que este capítulo contribua para ampliar as discussões sobre educação inclusiva no ensino de Física, oferecendo subsídios teórico-práticos para a

construção de práticas pedagógicas mais equitativas, acessíveis e comprometidas com a equidade, a acessibilidade pedagógica e o reconhecimento da diversidade como elemento central do processo educativo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION. **Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais: DSM-5**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014.

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011.

BARKLEY, Russell A. **Attention-deficit hyperactivity disorder: a handbook for diagnosis and treatment**. 4. ed. New York: Guilford Press, 2015.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 30 abr. 2026.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; GIL-PÉREZ, Daniel. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 10. ed. São Paulo: Cortez, 2011.

CAST. **Universal Design for Learning Guidelines version 2.2**. Wakefield: CAST, 2018. Disponível em: <https://udlguidelines.cast.org>. Acesso em: 10 mar. 2026.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

KLIN, Ami. Autismo e síndrome de Asperger: uma visão geral. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, São Paulo, v. 28, supl. 1, p. S3–S11, 2006.

MANTOAN, Maria Teresa Eglér. **Inclusão escolar: o que é? por quê? como fazer?** 2. ed. São Paulo: Moderna, 2015.

MEYER, Anne; ROSE, David H.; GORDON, David. **Universal Design for Learning: theory and practice**. Wakefield: CAST Professional Publishing, 2014.

MOREIRA, Marco Antonio. **Aprendizagem significativa: a teoria e textos complementares**. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

PHET INTERACTIVE SIMULATIONS. **University of Colorado Boulder**. Disponível em: <https://phet.colorado.edu>. Acesso em: 10 mar. 2026.

UNESCO. **Policy guidelines on inclusion in education**. Paris: UNESCO, 2009.

CAPÍTULO 7 - DO LABORATÓRIO EXPERIMENTAL AO AMBIENTE VIRTUAL: USO DO FALSTAD CIRCUIT SIMULATOR NO ENSINO DE CIRCUITOS RETIFICADORES A DIODO

Darlan Holanda Cardoso¹, Vicente Ferrer Pureza Aleixo², Igor Ramon Sinimbu Miranda⁴,
Jordan Del Nero⁵, Shirsley Joany dos Santos da Silva⁶

¹ darlan.cardoso@ananindeua.ufpa.br, Mestre, Universidade Federal do Pará

² ferrer@ufpa.br, Doutor, Universidade Federal do Pará

³ igormiranda@ufpa.br, Mestre, Universidade Federal do Pará

⁴ jordan@ufpa.br, Doutor, Universidade Federal do Pará

⁵ shirsley@ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

RESUMO

O presente trabalho propõe uma estratégia pedagógica baseada na integração entre atividades experimentais reais e ambientes virtuais de aprendizagem para o ensino de circuitos retificadores a diodo, contemplando os circuitos retificadores de meia onda e em ponte. A proposta enfatiza o uso do simulador virtual *Falstad Circuit Simulator Applet* como ferramenta didática capaz de favorecer a visualização e análise do comportamento dos componentes eletrônicos, permitindo ao estudante explorar diferentes configurações de circuitos, interpretar formas de onda e compreender o processo de retificação dos sinais elétricos. Complementarmente, atividades experimentais reais foram utilizadas para estabelecer relações entre teoria e prática. A comparação entre os resultados obtidos nas simulações e aqueles observados experimentalmente permitiu ampliar a compreensão dos fenômenos estudados, promovendo uma aprendizagem mais investigativa e contextualizada.

Palavras-chaves: Ensino de Física; Simulações Virtuais; Falstad Circuit Simulator; Circuitos Retificadores a Diodo; Tecnologias Educacionais.

ABSTRACT

This work proposes a pedagogical strategy based on the integration of real experimental activities and virtual learning environments for teaching diode rectifier circuits, including both half-wave and bridge rectifier circuits. The proposal emphasizes the use of the *Falstad Circuit Simulator Applet* as a didactic tool capable of enhancing the visualization and analysis of electronic component behavior, allowing students to explore different circuit configurations, interpret waveforms, and understand the signal rectification process. Additionally, real experimental activities were employed to establish connections between theory and practice. The comparison between results obtained through simulations and those observed experimentally contributed to a broader understanding of the studied phenomena, promoting a more investigative and contextualized learning process.

Keywords: Physics Education; Virtual Simulations; Falstad Circuit Simulator Applet; Diode Rectifier Circuits; Educational Technologies.

INTRODUÇÃO

A partir da expansão da Terceira Revolução Industrial, observada com maior intensidade a partir da década de 1970, consolidou-se um novo paradigma de tecnociência, no qual diluíram os limites entre a pesquisa básica e o desenvolvimento tecnológico. Esse movimento promoveu reconfigurações estruturais não apenas nos setores produtivos, mas na

própria epistemologia da educação científica, impulsionando a necessidade de novos métodos de mediação tecnológica no ensino de Física (Rangel, *et al.*, 2012).

Deste modo, o setor educacional tem sido reconfigurado pela convergência digital, tornando imperativa a integração de tecnologias não como instrumentos acessórios, mas como mediadores ativos da aprendizagem. A ampliação do acesso a essas tecnologias e o advento de novas estratégias pedagógicas permitem que os recursos digitais superem a função meramente informativa, passando a atuar como ferramentas dinâmicas que estimulam a interação e o protagonismo do estudante na construção de conceitos científicos (Valente, 2024).

No ensino de Física, a integração das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) tem reconfigurado os processos de ensino e aprendizagem, promovendo uma articulação mais dialética entre o formalismo teórico e a prática experimental. Nesse cenário, o uso de laboratórios virtuais e simulações interativas destaca-se como uma mediação pedagógica eficaz, conferindo tangibilidade a fenômenos e conceitos de alta carga abstrata, ao permitir que o estudante estabeleça relações não arbitrárias e não literais entre os novos modelos digitais e seu conhecimento prévio, potencializando assim a construção do saber científico (Cardoso & Dickman, 2012).

No ensino de eletrônica básica, a abordagem de circuitos retificadores a diodo é frequentemente marcada por entraves cognitivos decorrentes da complexa interdependência entre abstrações teóricas e o formalismo matemático (Cipelli & Sandrini, 1982). Os circuitos retificadores são essenciais na eletrônica, atuando na conversão de corrente alternada (CA) em contínua (CC).

Didaticamente, o desafio reside na transição entre a teoria e a prática: enquanto o retificador de meia-onda exemplifica a condução unidirecional em um semiciclo, a ponte de *Graetz* utiliza quatro diodos para a retificação integral do sinal. Compreender essas topologias exige que o estudante articule o comportamento de semicondutores com a análise de sinais, justificando a adoção de metodologias que facilitem essa transição teórica para a aplicação prática.

Desa forma, propostas didáticas que articulem a experimentação física com a modelagem em ambientes virtuais oferecem vantagens operacionais significativas, como a redução de custos, a facilidade de acesso remoto e a viabilidade de iterações experimentais seguras, o que amplia as oportunidades de investigação científica fora do ambiente físico de laboratório (Kenski, 2012).

Já a utilização de simuladores computacionais no ensino de Física permite que os estudantes visualizem fenômenos elétricos em tempo real, manipulem grandezas físicas e estabeleçam conexões entre o formalismo teórico e suas aplicações no cotidiano (Wong, 2025).

Neste capítulo, descreve-se uma proposta didática que coloca o *Falstad Circuit Simulator* (Falstad, 2026) como eixo central do processo de ensino-aprendizagem de circuitos retificadores a diodo. A abordagem prioriza a experimentação virtual via *Falstad Circuit Simulator* para a análise dos circuitos retificadores de meia-onda e circuitos retificadores de onda completa em ponte.

METODOLOGIA

A metodologia fundamenta-se na transposição didática, adaptando os conceitos da eletrônica para a experimentação virtual. Esta abordagem caracteriza-se como uma metodologia ativa, uma vez que coloca o estudante no centro do processo de aprendizagem (Moreira, 2012). Ao atuar no *Falstad Circuit Simulator* desenhando, interconectando e variando parâmetros de componentes como fontes, transformadores e filtros, o aluno é estimulado a investigar fenômenos e validar modelos teóricos, promovendo uma construção do conhecimento pautada na investigação e na autonomia.

Etapa 1 – Experimentação: Fase inicial voltada ao reconhecimento dos componentes e à observação prática dos sinais, servindo como suporte empírico para a investigação que será desenvolvida na etapa seguinte.

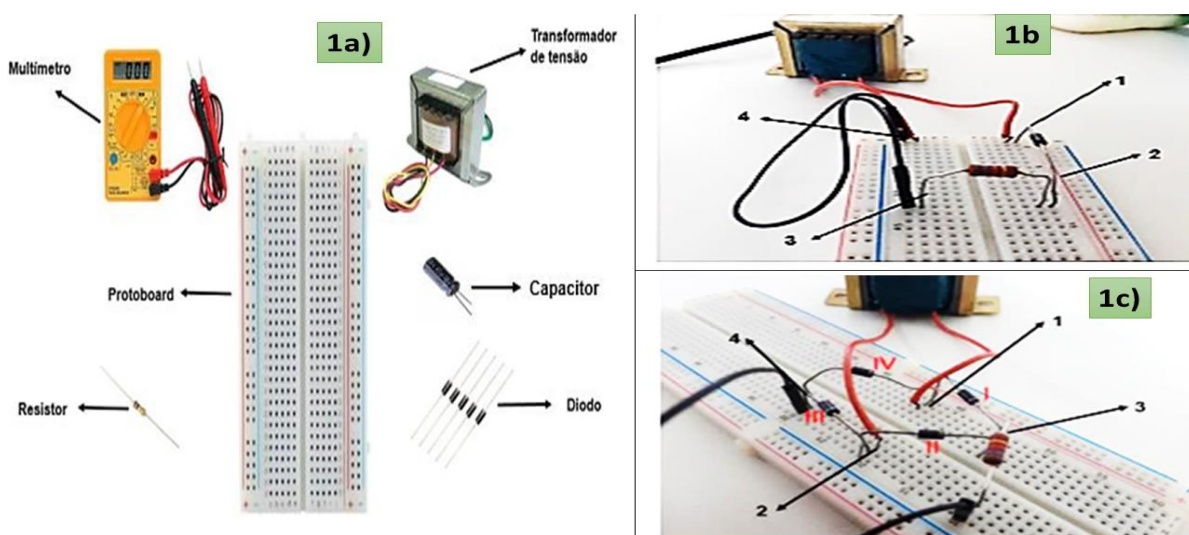
Etapa 2 – Investigação Virtual (Eixo Central): Esta etapa utiliza o *Falstad Circuit Simulator* para realizar uma análise dos circuitos retificadores (meia-onda, onda completa em ponte). Através de recursos de visualização dinâmica, o simulador permite ao estudante explorar variações paramétricas, observar o comportamento dos componentes em tempo real e correlacionar os dados experimentais obtidos na etapa anterior com o formalismo teórico da eletrônica básica.

Materiais Utilizados

Na etapa 1, como pré-requisito, o desenvolvimento da atividade experimental baseou-se na montagem de circuitos retificadores (Boylestaf, 2013). Para isto, foram utilizados resistores de 6,5 k Ω , diodos da família 1N4000, capacitores eletrolíticos de 47 μ F, transformador (110/12ac), multímetro e *protoboard*. A proposta visou validar o funcionamento do diodo como elemento retificador por meio da medição e análise de tensões, permitindo a observação do efeito de filtragem com o uso de capacitores. A figura 1a apresentar os materiais

necessários para a realização do experimento. Nas figuras 1b e 1c vemos Circuito retificador de meia onda e na figura 1c o Circuito Retificador de Onda Completa em Ponte

Figura 1(a-c): a) Componentes eletrônicos (etapa1); b) circuito retificador de meia onda e conexões entre 1- a saída do transformador, 2- o diodo semicondutor, 3-o resistor e os 4-condutores elétricos. c) circuito retificador de onda em ponte com conexões entre 1- o transformador, 2-os quatro diodos semicondutores, 3- o resistor, 4- os cabos de interligação e diodos (I,II,III,IV).



Fonte: Dos próprios autores

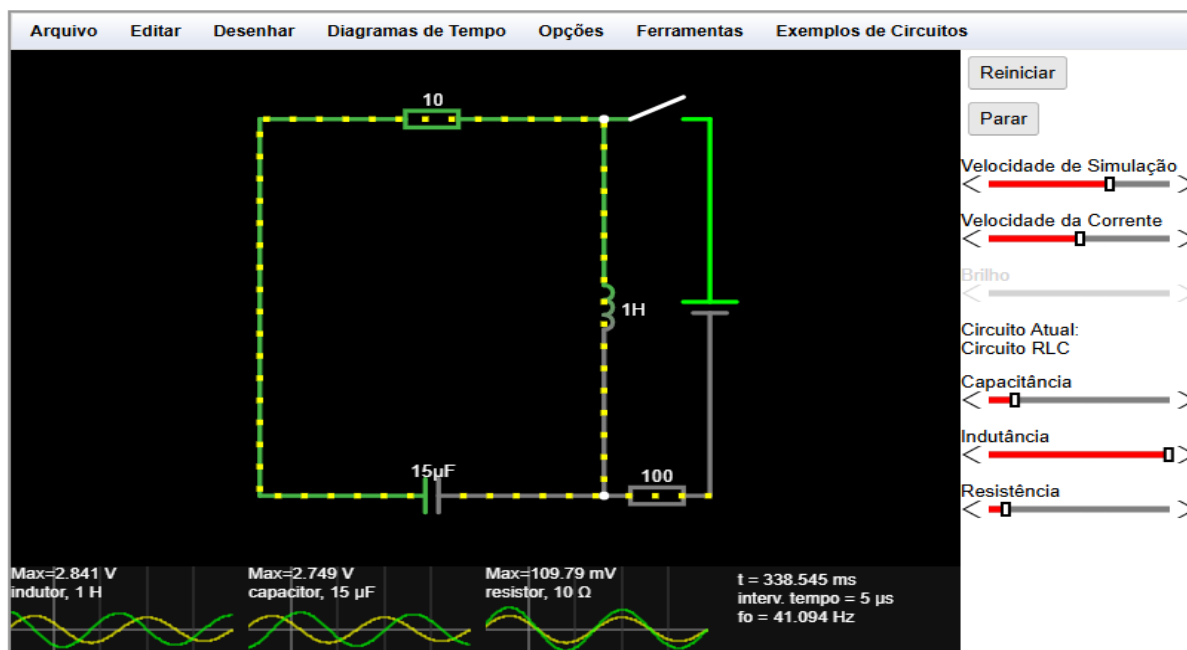
O Laboratório Virtual com o Simulador Falstad

Na etapa 2, o simulador foi utilizado para a construção do circuito virtual, por meio da configuração de componentes como fonte de tensão, transformador, diodos, resistor e capacitor. O simulador é gratuito e funciona perfeitamente no browser de um aparelho celular, além de possuir circuitos didáticos prontos em seu banco de dados, possui também a opção de construção de circuitos próprios para simulação e assim observar, o acesso à esta plataforma é através deste site (clique) [Circuit Simulator Applet](#)

A Figura 2 indica o primeiro passo para se iniciar a simulação do circuito retificador de meia onda. Além disso, a plataforma permite a visualização dinâmica do comportamento dos componentes eletrônicos por meio de gráficos e indicadores visuais em tempo real.

Esse recurso auxilia na compreensão dos fenômenos elétricos envolvidos, permitindo que o estudante associe os conceitos teóricos às respostas observadas durante a simulação. Dessa forma, o ambiente virtual torna-se uma ferramenta complementar ao processo de ensino-aprendizagem, favorecendo maior interação e participação dos estudantes.

Figura 2 – Tela inicial do simulador Falstad, apresentando a representação gráfica das tensões, do aterramento e do fluxo de corrente elétrica.



Fonte: Captura de tela do simulador Falstad Circuit Simulator Applet, elaborada pelos autores.

Roteiro de Montagem (laboratório Virtual): Circuito Retificador de Meia-Onda

Início da Montagem: No *Falstad* acesse o menu "Exemplos de Circuitos" ver figura 2 e selecione a opção "Novo Circuito". Esta ação abrirá a área de trabalho para a Inserção e Posicionamento dos Componentes:

Fonte- Insira a fonte de alimentação.

Transformador - Acesse o comando "Desenho" (utilize o botão esquerdo do mouse, clicando e arrastando na direção desejada), selecione "Componentes passivos" e escolha "Transformador".

Diodo: No menu "Desenho", selecione "Componentes ativos" e escolha "Diodo". Inicie o esboço a partir do primeiro terminal de saída do transformador.

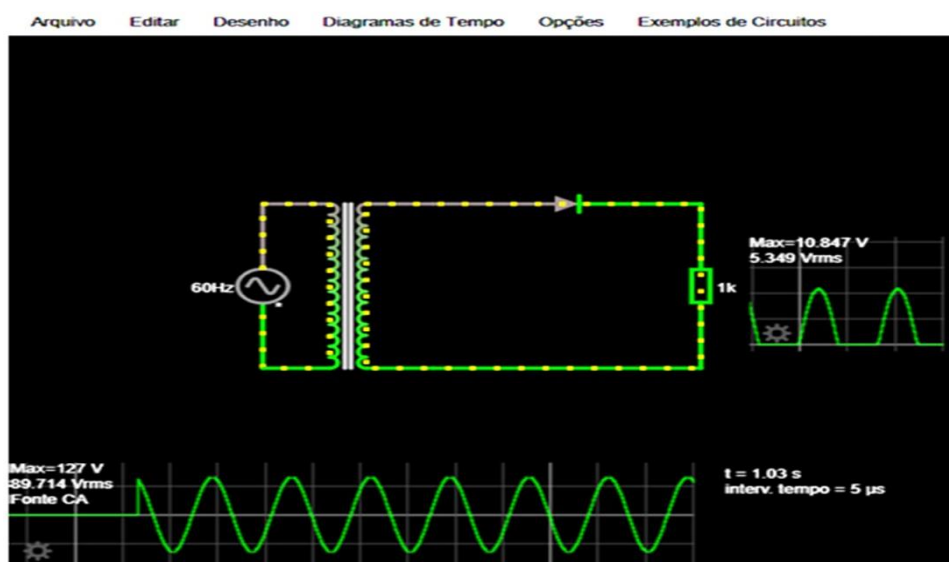
Resistor: No menu "Desenho", selecione "Componentes passivos" e escolha "Resistor". Conecte-o ao catodo do diodo.

Conexões: Para fechar o circuito, clique e arraste o cursor do mouse diretamente entre a extremidade livre do resistor e o segundo terminal de saída do transformador. O simulador criará automaticamente o cabo de conexão necessário para completar a malha.

Configuração do Visualizador Gráfico: clique com o botão direito sobre o componente da fonte e selecione a opção "Visualizador em novo diagrama na bancada". Repita o procedimento clicando com o botão direito sobre o resistor.

O simulador exibirá os gráficos em tempo real, permitindo a análise comparativa entre a tensão de entrada e a tensão retificada na saída no circuito retificador de meia onda figura 3.

Figura 3: Simulação do circuito retificador de meia onda e representação gráfica do sinal de saída obtido no simulador Falstad.



Fonte: Captura de tela do simulador Falstad Circuit Simulator Applet, simulação dos autores.

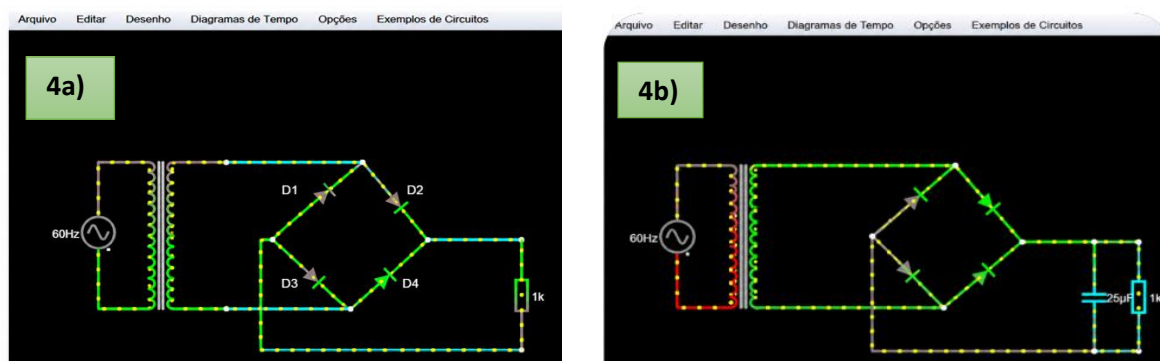
A Figura 3 também ilustra a forma de onda da tensão primária (abaixo do circuito), evidenciando o seu comportamento alternado e (à direita do circuito) é possível observar a característica das ondas com pulsos de tensão típicos da retificação de meia onda.

Montagem do Circuito Retificador em Ponte

A montagem deste circuito segue a mesma lógica de manipulação de componentes descrita na seção anterior. A seguir, o procedimento para a construção da ponte de *Graetz*. Inicie em "Exemplos de Circuitos" > "Novo Circuito". Adicione a fonte AC e o transformador. Insira os quatro diodos configurados em ponte (*Ponte de Graetz*), atentando-se à orientação dos catodos para garantir a condução correta em ambos os semiciclos. Conecte o resistor de carga entre os nós de saída da ponte, ver figura 4a.

Introdução do Filtro Capacitivo: Para analisar o efeito de filtragem, remova o resistor figura 4b momentaneamente e insira o capacitor eletrolítico em paralelo com a carga. Esta etapa é essencial para observar a atenuação do *ripple* (ondulação) na tensão retificada.

Figura 4 (a-b): 4a) Simulação do circuito retificador de meia onda em ponte e 4b) circuito com filtro capacitivo.



Fonte: Captura de tela do simulador Falstad Circuit Simulator, simulação dos próprios autores.

Ao integrar o capacitor eletrolítico ao circuito, altera-se o regime de operação da carga: o dispositivo passa a atuar como um reservatório de energia que é carregado durante os picos de condução dos diodos e descarregado sobre a carga nos intervalos em que a tensão da fonte é insuficiente para manter a polarização direta.

Esse processo de carga e descarga sucessivas é o mecanismo físico responsável pela redução significativa do *ripple*, transformando uma forma de onda pulsante em uma tensão contínua com oscilação residual, cuja magnitude é inversamente proporcional à capacitância utilizada e à frequência da rede.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a montagem, os circuitos foram calibrados para replicar condições reais de operação (Cipelli & Sandrini, 1982). A fonte de alimentação foi configurada para 127 V e 60 Hz, conforme o padrão de fornecimento de energia no estado do Pará, enquanto o transformador foi ajustado para reduzir a tensão para 12 V (tensão secundária). Essa parametrização inicial garante a reprodutibilidade dos resultados, estabelecendo uma base comparativa sólida que reflete as condições operacionais observáveis em laboratórios físicos de eletrônica.

Inicialmente a coleta fundamenta-se nos seguintes critérios experimentais de bancada (real), a tensão da tomada foi de 127V e a Tensão do Resistor de 5,42V. Na tabela 1 os dados exibem os resultados da plataforma virtual *Falsted* para o retificados de meia onda e são comparados com os dados reais de bancada (etapa1).

Tabela 1 – Medições no Circuito de retificador de meia onda.

Medições	Dados Simulador Virtual	Dados Bancada Real
Tensão de pico primária	127 V	179,6 V
Tensão de pico no resistor	127 V	17,54 V
Tensão Eficaz Primaria	89,6 V	126,9 V
Tensão Eficaz Secundaria	12,11 V	18,24 V
Tensão Media do Resistor	3,78 V	5,5 V

Fonte: Dos próprios autores

Porém, é bem notável a diferença dos valores de tensões dos dados reais para os virtuais. Isto acontece pois, em sistemas de potência, a tensão nominal de 127 V refere-se ao seu valor eficaz (RMS) medida no multímetro. Contudo, o ambiente de simulação solicita a definição da amplitude da onda senoidal, ou seja, valor de pico (V_p). A aplicação da equação $V_p = V_{RMS} \cdot \sqrt{2}$ é, portanto, o procedimento padrão para alinhar a tensão da rede elétrica à amplitude de operação do simulador, eliminando a discrepância entre os valores esperados e os simulados.

A tabela 2 exibe os resultados dados pelo Simulador Virtual no Circuito Retificador em Pontes. Os valores medidos com multímetro (dados da bancada real) da tensão primária, a do resistor e a do resistor com o capacitor, são respectivamente 127V, 10,28 V e 15,62. Novamente devemos eliminando a discrepância entre os valores esperados e os simulados.

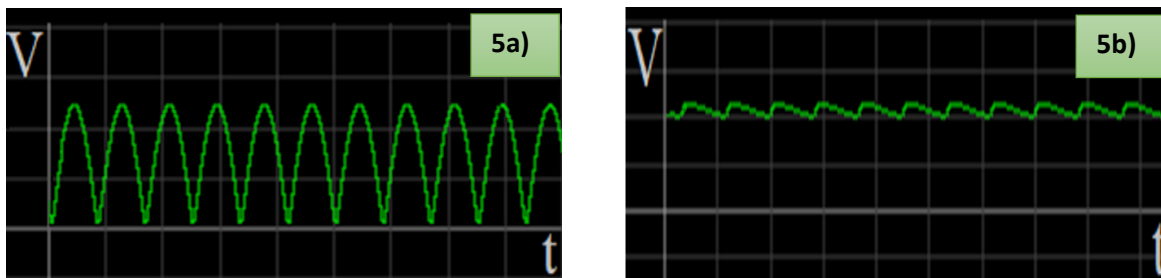
Tabela –2 Medições no Circuito de retificador de meia onda em ponte.

Medições	Dados Simulador Virtual	Dados Bancada Real
Tensão de pico primária	127 V	127 V
Tensão de pico no resistor	127 V	10,28 V
Tensão do Resistor+Capacitor	7,02 V	15,62 V
Tensão de Pico do Resistor	11,49 V	16,84 V
Tensão Media do Resistor	10,78 V	10,72 V

Fonte: Dos próprios autores

A Figura 5a apresenta o comportamento gráfico do circuito retificador em ponte durante o processo de retificação. Já a Figura 5b mostra o sinal de tensão no resistor após a adição do capacitor, destacando o efeito da filtragem capacitiva, responsável pela redução das oscilações e pela obtenção de um sinal de saída mais estável.

Figura 5(a-b): 5a) Oscilações do circuito retificador de meia onda em ponte e 5b) oscilações atenuadas do retificador em ponte mais o capacitor



Fonte: Captura de tela do simulador Falstad Circuit Simulator, simulação dos próprios autores.

Novamente devemos eliminando a discrepância entre os valores esperados e os simulados. A Teoria de aprendizagem significativa diz que para se ter um conteúdo aprendido de forma considerável precisa-se articular outras ideias, conceitos ou proposições relevantes e inclusivas disponíveis na estrutura cognitiva do sujeito (Rocha *et al.*, 2020).

Portanto, ao se deparar com diferenças entre os valores obtidos experimentalmente e aqueles observados na simulação, o estudante é estimulado a desenvolver uma postura mais investigativa diante do processo de aprendizagem. Dessa forma, o discente não se limita à simples reprodução do experimento, mas passa a analisar, interpretar e buscar explicações para os resultados obtidos, estabelecendo relações entre a teoria e a prática experimental.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A proposta didática apresentada demonstra que a integração entre atividades experimentais reais e laboratórios virtuais pode contribuir significativamente para o ensino de eletrônica básica no ensino de Física.

O uso do simulador Falstad associado à montagem prática dos circuitos favoreceu a compreensão dos processos de retificação de tensão, permitindo aos estudantes relacionar teoria, prática e aplicações tecnológicas do cotidiano.

Além disso, a proposta apresenta potencial de aplicação em diferentes contextos educacionais, especialmente em situações que apresentam limitações de infraestrutura laboratorial física, podendo servir como alternativa metodológica para o ensino de circuitos

elétricos e eletrônicos. A utilização integrada de recursos experimentais e virtuais possibilita maior flexibilidade no desenvolvimento das atividades, permitindo que os estudantes tenham acesso à experimentação mesmo em ambientes com recursos reduzidos. Adicionalmente, o uso de simuladores contribui para ampliar as possibilidades de investigação, análise e visualização dos fenômenos elétricos, favorecendo a participação ativa dos estudantes e promovendo uma aprendizagem mais dinâmica e significativa.

Por fim, destaca-se que metodologias que integrem TICs, experimentação e aprendizagem significativa podem ampliar o interesse dos estudantes pela Física, promovendo maior participação e compreensão dos conteúdos científicos.

REFERENCIAS:

RANGEL, F. O.; SANTOS, L. S. F.; RIBEIRO, C. E. Ensino de Física mediado por tecnologias digitais de informação e comunicação e a literacia científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. esp. 1, p. 651–677, 2012

VALENTE, J. A. O computador na sociedade do conhecimento. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 50, n. 1, p. 102-125, 2024.

CARDOSO, S. O. O.; DICKMAN, A. G. Simulação computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 29, n. esp. 2, p. 891–934, 2012.

KENSKI, V. M. **Educação e Tecnologias: o novo ritmo da informação**. 8ª ed. Campinas, SP: Papirus, 2012.

ARAÚJO, G. S.; CORREIA, E. S.; SILVA, W. B.; SANTOS, E. P.; XAVIER, J. V. L. Simulações computacionais no ensino de física: desafios e potencialidades. **Lumen et Virtus**, [S. l.], v. 16, n. 46, p. 2795–2805, 2025.

CIPELLI, A. M. V.; SANDRINI, W. J. **Teoria e desenvolvimento de projetos de circuitos eletrônicos**. 6. ed. São Paulo: Érica, 1982.

WONG, L. H. Design of interactive physics simulations: bridging the gap between digital and physical learning environments. **Educational Technology Research and Development**, [s. l.], v. 73, n. 2, p. 305-328, 2025.

FALSTAD, P. *Falstad Circuit Simulator Applet*. Versão online, 2026. Disponível em: <https://www.falstad.com/circuit/>. Acesso em: 25 maio 2026.

MOREIRA, M. A. O que é afinal aprendizagem significativa? **Revista Currículum**, n. 25, p. 29-56, 2012

BOYLESTAD, R. L. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. 11. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

ROCHA, P. S.; LIMA, J. V.; GOMES, R. S.; JARDIM, R. R.; PEREIRA, D. S.; ROCHA, N. F. Modelo visual baseado em blocos encaixáveis para realizar o planejamento de trajetórias de aprendizagem. **Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación**, p. 20–27, 2020.

CAPÍTULO 8 - APRENDIZAGEM BASEADA EM GAMES EDUCACIONAIS E TECNOLOGIAS DIGITAIS: DESENVOLVIMENTO DE UM JOGO APLICADO AO ENSINO DE CIÊNCIAS E FÍSICA

Diândra Evelyn dos Remédios Barros¹, Marcelino Gabriel Alves De Sousa², Larissa Barbosa Pantoja³, Igor Ramom Sinimbú Miranda⁴, Aline Nascimento Braga⁵, Vicente Ferrer Pureza Aleixo⁶

¹ diandra.barros@ananindeua.ufpa.br, Licencianda em Física, Universidade Federal do Pará

² marcelino.sousa@ananindeua.ufpa.br, Licenciando em Física, Universidade Federal do Pará

³ larissa.pantoja@ananindeua.ufpa.br, Licencianda em Física, Universidade Federal do Pará

⁴ igormiranda@ufpa.br, Doutorando, Universidade Federal do Pará

⁵ aline.braga@iemci.ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

⁶ ferrer@ufpa.br, Doutor, Universidade Federal do Pará

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma proposta fundamentada na Aprendizagem Baseada em Games (ABG) e tecnologias digitais como ferramenta auxiliar no ensino de Ciências e Física no contexto da educação básica. O projeto foi desenvolvido por meio de uma ação de extensão vinculada à Faculdade De Física do Campus Universitário De Ananindeua (FACFIS/CANAN/UFPA), buscando contribuir para um processo de ensino-aprendizagem mais interativo, acessível e dinâmico por meio de recursos lúdicos e tecnológicos. Para a construção do jogo, foi utilizada a plataforma GDevelop 5, possibilitando a criação de um serious game com sistema de pontuação, feedback imediato das respostas e organização temática dos conteúdos. O jogo contempla áreas como mecânica clássica, física térmica, óptica e eletromagnetismo, além de uma seção especial com história em quadrinhos (HQ) interativa. A adoção da metodologia ABG buscou promover maior engajamento e protagonismo dos alunos durante a experiência educativa. Os resultados indicam que a utilização de games educacionais aplicados ao ensino demonstrou potencial para favorecer uma aprendizagem mais atrativa, resultando em uma nítida ruptura metodológica frente ao ensino tradicional. Dessa forma, o projeto evidencia o potencial da Aprendizagem Baseada em Games como estratégia de inovação na educação básica.

Palavras-chave: Ensino de Física; Aprendizagem Baseada em Games (ABG); Serious Games; Tecnologias Educacionais; GDevelop 5.

ABSTRACT

This paper presents a proposal based on Game-Based Learning (GBL) and digital technologies as an auxiliary tool for teaching Science and Physics in the context of basic education. The project was developed through an extension activity linked to the Physics Faculty of the Ananindeua University Campus (FACFIS/CANAN/UFPA), seeking to contribute to a more interactive, accessible, and dynamic teaching-learning process through playful and technological resources. The GDevelop 5 platform was used to build the game, enabling the creation of a serious game with a scoring system, immediate feedback on answers, and thematic organization of the content covered. The game includes areas such as classical mechanics, thermal physics, optics, and electromagnetism, as well as a special section with an interactive video comic strip (HQ) aimed at science teaching. The adoption of the GBL methodology aimed to promote greater student engagement and protagonism during the educational experience. The results indicate that the use of educational games applied to teaching demonstrated the potential to foster more attractive learning, resulting in a clear methodological rupture compared to traditional teaching. Thus, the project highlights the potential of Game-Based Learning as an innovation strategy in basic education.

Keywords: Physics teaching; Game-Based Learning (GBL); Serious Games; Educational Technologies; GDevelop 5.

INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências e Física ainda enfrenta diversos desafios no contexto da educação básica, especialmente no que se refere ao interesse e à participação dos estudantes durante o processo de aprendizagem, sobretudo quando associados a metodologias tradicionais centradas na transmissão mecânica de conteúdo. Em muitos casos, os conteúdos são considerados complexos, abstratos e de difícil compreensão, o que pode contribuir para a desmotivação dos alunos e dificultar a construção do conhecimento científico em sala de aula. Nesse contexto, Silva, Sales e Castro (2019) destacam que o método tradicional de ensino, isoladamente, já não é suficiente para atender às demandas do aluno contemporâneo, especialmente diante das transformações provocadas pelas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC).

Diante desse cenário, torna-se cada vez mais importante a utilização de metodologias e recursos que favoreçam uma aprendizagem mais dinâmica, interativa e acessível. Nesse contexto, as tecnologias educacionais vêm sendo amplamente utilizadas como ferramentas de apoio ao ensino, possibilitando novas formas de interação entre os estudantes e os conteúdos abordados (Matos; Mazzafera, 2022). Entre essas possibilidades, destacam-se os jogos educativos digitais e a utilização de elementos gamificados, que podem contribuir para uma experiência de aprendizagem mais atrativa e participativa. De acordo com Silva, Souza e Freitas (2025), os jogos digitais apresentam potencial para favorecer o engajamento, a participação ativa e o interesse dos estudantes durante o processo educativo, especialmente quando associados a estratégias pedagógicas interativas.

Sob essa perspectiva, a utilização de elementos gamificados tem ganhado destaque no campo educacional como estratégia capaz de tornar o processo de ensino-aprendizagem mais interativo e motivador para os estudantes. Os elementos gamificados correspondem à utilização de características presentes nos jogos, como pontuação, desafios, recompensas e feedback imediato, aplicados em diferentes contextos educativos com o objetivo de estimular o engajamento e a participação dos estudantes. Vale ressaltar que, embora o projeto utilize um jogo educativo (*serious game*), ele se diferencia da gamificação pura. Enquanto a gamificação utiliza elementos isolados de jogos em atividades diversas, o jogo educativo é uma estrutura completa projetada para fins pedagógicos, onde o aprendizado ocorre através da própria experiência de jogo. Essa distinção é fundamental: nos *serious games*, o design é voltado integralmente para a aquisição de competências específicas em um ambiente simulado e imersivo, enquanto a gamificação utiliza elementos pontuais, como pontuações e rankings, para motivar comportamentos em processos que já existem fora do jogo. Segundo Da Cruz *et*

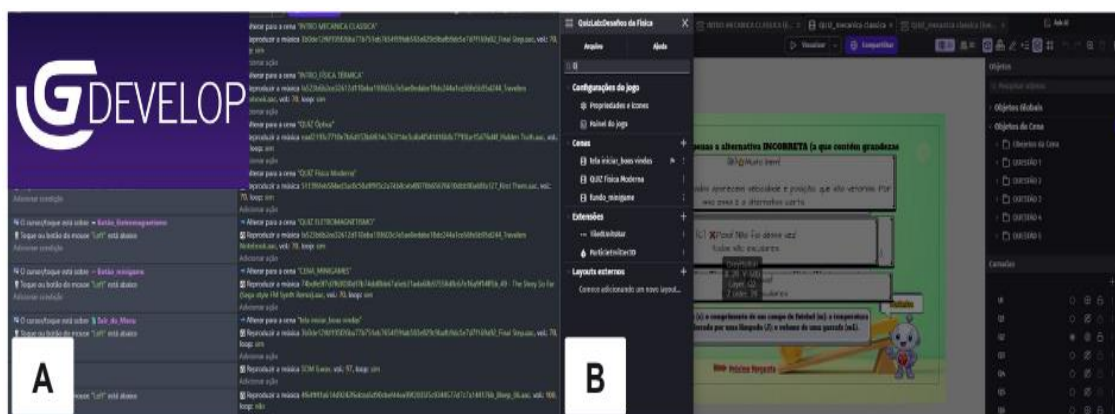
al. (2021), a utilização desses elementos pode contribuir para impulsionar a motivação dos alunos e favorecer processos de aprendizagem mais colaborativos e inovadores. Além disso, Silva, D. N. *et al.* (2025) destacam que características como pontuação, níveis de progressão e recompensas podem estimular a participação ativa dos estudantes durante o processo educativo. Nesse sentido, Freire (1996, p. 47) afirma que “ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção”, evidenciando a importância de estratégias pedagógicas que favoreçam a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem. Quando associados a recursos digitais interativos, esses elementos podem favorecer uma maior aproximação dos alunos com conteúdos científicos, auxiliando no desenvolvimento do interesse e da curiosidade durante o processo de aprendizagem. Além disso, ações extensionistas desenvolvidas pelas universidades desempenham papel importante na aproximação entre o ambiente acadêmico e a educação básica, permitindo o desenvolvimento de projetos voltados para a divulgação científica e para a construção de práticas educativas mais acessíveis à comunidade escolar. Nesse sentido, projetos extensionistas que utilizam recursos tecnológicos e abordagens lúdicas podem contribuir significativamente para o fortalecimento do ensino de Ciências e Física. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de um jogo educativo digital com elementos gamificados, concebido como ferramenta auxiliar para o ensino de Ciências e Física na educação básica. A proposta, estruturada a partir de uma ação de extensão universitária, buscou articular recursos tecnológicos e abordagens lúdicas para a promoção de espaços de aprendizagem mais interativos e significativos.

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de natureza aplicada e caráter descritivo, desenvolvida por meio de uma ação extensionista voltada ao ensino de Ciências e Física na educação básica. O desenvolvimento do recurso educativo digital foi realizado por meio da plataforma GDevelop 5. A escolha dessa engine ocorreu devido à sua acessibilidade, interface intuitiva e potencial para o desenvolvimento de recursos digitais voltados ao ensino científico, permitindo a criação de ambientes interativos sem a necessidade de programação textual convencional. Além disso, a ferramenta apresenta facilidade de utilização, inclusive para educadores que ainda possuem pouca familiaridade com tecnologias digitais. Esse aspecto pode contribuir para ampliar a adoção de recursos tecnológicos no contexto educacional e favorecer tanto a aprendizagem dos estudantes quanto a capacitação docente frente às transformações tecnológicas contemporâneas (MOTA; RIOS; EDUARDO, 2024).

Nesse sentido, estudos como o de Swandi *et al.* (2023) apontam que jogos educativos desenvolvidos no GDevelop apresentam resultados positivos de validade e aprendizagem no ensino de Ciências. Na prática, a estrutura organizacional do sistema do jogo baseia-se na utilização de cenas (scenes) e eventos (events), responsáveis pela lógica funcional e interativa do jogo educativo. Através desse sistema de programação por eventos visuais (event sheet), estruturou-se toda a mecânica do quiz, incluindo os mecanismos de navegação entre telas, a exibição dinâmica das perguntas, a validação imediata das respostas e a atualização do sistema de pontuação em tempo real, proporcionando uma experiência fluida ao usuário, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Ambiente de desenvolvimento do jogo educativo na plataforma GDevelop 5. (A) Estrutura visual da lógica de eventos. (B) Organização modular das cenas do jogo.



Fonte: Dos próprios autores.

Nesse contexto, o desenvolvimento do ambiente digital buscou integrar recursos interativos e estratégias pedagógicas alinhadas às propostas de contextualização e aprendizagem significativa da educação básica. O jogo foi estruturado a partir de um quiz educativo com questões de múltipla escolha elaboradas com base em livros didáticos, materiais de apoio e adaptações curriculares, em consonância com as diretrizes da Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018). Para o Ensino Médio, o banco de dados principal organizou-se nos eixos de Mecânica Clássica, Física Térmica, Óptica, Eletromagnetismo e Física Moderna.

Visando à flexibilidade pedagógica nas ações extensionistas, inseriu-se uma aba de Minigames voltada aos anos finais do Ensino Fundamental. Conforme evidenciado na Figura 2B, essa interface direciona o público a uma História em Quadrinhos (HQ) interativa em formato de vídeo e desafios focados na descoberta lúdica. Essa abordagem utiliza os elementos lúdicos e narrativos das HQs como instrumentos motivadores para aproximar conceitos

abstratos da linguagem dos estudantes mais jovens (Testoni, 2004), promovendo uma aprendizagem ativa que desmistifica a Física no Ensino Fundamental II (Ferreira Júnior, 2022). As principais interfaces de direcionamento pedagógico encontram-se agrupadas na Figura 2.

Figura 2 – Telas principais de navegação e blocos temáticos do ambiente digital. (A) Tela do menu principal de navegação (B) Minigames e HQ interativa.



Fonte: Dos próprios autores.

Para a coleta de dados, aplicou-se um formulário diagnóstico aos estudantes da Escola Mário Barbosa em momento prévio à interação com o ambiente digital. O instrumento foi estruturado com o objetivo de caracterizar o perfil dos respondentes e investigar suas percepções acerca do ensino de Ciências e Física.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A aplicação do recurso educativo digital possibilitou a observação direta da interação dos estudantes com a proposta desenvolvida, evidenciando aspectos fundamentais relacionados ao engajamento, à participação e à aceitação da ferramenta gamificada no ambiente escolar. A atividade extensionista foi realizada na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Mário Barbosa, localizada em Belém/PA, integrando a "Mostra Científica FACIS-CANAN/UFPa: Ciência que conecta universidade e escola no mês da mulher", ocorrida em 17 de março de 2026. A ação foi promovida e coordenada por grupos de pesquisa vinculados à Faculdade de Física do Campus de Ananindeua da Universidade Federal do Pará (UFPa). Durante o evento, observou-se uma expressiva receptividade por parte do público, estimulada pelo caráter dinâmico, pelo apelo visual e pela linguagem acessível do ambiente construído na plataforma GDevelop 5. A intervenção contou com a participação ativa

de discentes que englobaram desde o 6º ano do Ensino Fundamental até o 3º ano do Ensino Médio. Para a consolidação dos dados analíticos e metodológicos da pesquisa, considerou-se a amostragem de 34 estudantes que responderam voluntariamente ao instrumento avaliativo. É importante salientar que, embora o número de respondentes seja de 34 estudantes, esta amostra é metodologicamente robusta e adequada para a natureza qualitativa e descritiva deste estudo. em contextos de extensão universitária e relatos de experiência pedagógica, o foco reside na profundidade da observação e na análise das interações dentro do cenário específico da intervenção, e não na generalização estatística em larga escala, sendo esta quantidade suficiente para validar a eficácia da ferramenta proposta. Com o intuito de estruturar e conferir transparência à intencionalidade pedagógica da coleta de dados, o formulário aplicado foi composto por eixos investigativos específicos. O detalhamento das variáveis analisadas e seus respectivos escopos encontram-se sistematizados no Quadro 1.

Quadro 1 – Estrutura conceitual e analítica do instrumento avaliativo aplicado.

Questão Investigada	Objetivo Analítico
Série cursada pelo estudante	Caracterizar o perfil dos respondentes quanto ao nível de ensino.
Percepção sobre mudança no aprendizado	Avaliar o impacto da intervenção na percepção conceitual dos estudantes.
Interesse pela atividade proposta	Verificar o nível de aceitação e engajamento dos participantes.
Contribuição de ferramentas digitais	Analisar a percepção discente sobre o uso de tecnologias no aprendizado de Física.
Comparação com aulas tradicionais	Identificar o potencial de differentiation metodológica da proposta pedagógica.
Recomendação da proposta para outros contextos	Avaliar o grau de aceitação e a capacidade de replicação da metodologia.

Fonte: Dos próprios autores.

Tabela 1 – Distribuição dos respondentes por nível de ensino e série escolar.

Nível de Ensino	Série Escolar	Porcentagem (%)	Número de Respondentes (N)
Ensino Fundamental	6ºano	8,8%	3
	7ºano	20,6%	7
	8ºano	17,6%	6
Ensino Médio	1ºano	26,5%	9
	2ºano	11,8%	4
	3ºano	14,7%	5
Total	—	100%	34

Fonte: Dos próprios autores.

Como indicado na Tabela 1, a amostragem coletada abrangeu múltiplos perfis de escolaridade. É importante salientar que os 34 respondentes não totalizam o universo completo de participantes atendidos na ação extensionista, tendo em vista a elevada rotatividade e o fluxo dinâmico de estudantes característicos de uma Mostra Científica aberta. Dessa forma, a amostra selecionada representa o grupo que concluiu todo o ciclo de interação e avaliação, permitindo uma análise qualitativa fiel aos objetivos do projeto. Essa heterogeneidade demandou abordagens diferenciadas: no Ensino Fundamental, priorizou-se o ensino lúdico de Ciências com forte apelo visual a partir da História em Quadrinhos interativa (Figura 2B); no Ensino Médio, a condução foi direcionada ao aprofundamento conceitual nos eixos clássicos da Física. A flexibilidade do jogo evidenciou-se na sua capacidade de adaptação a diferentes ritmos e perfis de desenvolvimento cognitivo.

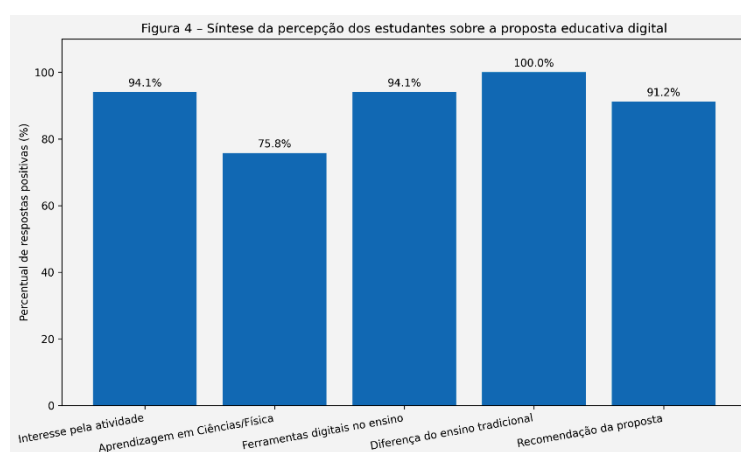
A partir das vivências observadas em campo, constatou-se que o engajamento dos alunos se materializou não apenas na participação verbal, mas também na dinâmica visual e coletiva estabelecida no espaço escolar, conforme ilustrado na Figura 3. Complementando essa percepção qualitativa e com o propósito de mensurar estatisticamente o impacto da intervenção, a quantificação das opiniões dos estudantes em relação à eficácia do recurso digital foi mapeada de forma integrada, estando os índices gerais de aprovação sintetizados no gráfico da Figura 4.

Figura 3 – Aplicação da proposta educativa digital em contexto escolar.



Fonte: Dos próprios autores.

Figura 4 – Síntese do percentual de respostas positivas dos estudantes sobre a proposta.



Fonte: Dos próprios autores.

A análise detalhada dos indicadores da Figura 4 revela o impacto positivo imediato provocado pela estratégia gamificada. No que tange ao interesse pela atividade, 94,1% dos estudantes (32 alunos) avaliaram a proposta como altamente interessante, enquanto apenas 5,2% (2 alunos) demonstraram indiferença, registrando-se a ausência completa de respostas negativas. Esse alto índice corrobora a literatura ao demonstrar que elementos narrativos e dinâmicas estruturadas de quiz possuem propriedades intrínsecas capazes de capturar a atenção do discente contemporâneo, alinhando o processo educativo às expectativas geracionais atuais (Silva; Sales; Castro, 2019). No quesito aprendizagem em Ciências/Física, 75,8% (25 discentes) apontaram de forma categórica que a atividade modificou e impulsionou positivamente sua percepção sobre aprender essas disciplinas. Embora uma minoria de 12,1% tenha respondido negativamente e outros 12,1% tenham se mantido indiferentes, a taxa majoritária de sucesso indica a quebra de concepções prévias e o início de uma ressignificação conceitual. O lúdico atua reduzindo o bloqueio epistêmico inicial, tornando palpáveis

conteúdos considerados abstratos ou de difícil assimilação teórica (Silva, F. A.; Souza; Freitas, 2025). Ademais, no que concerne ao papel das ferramentas digitais no ensino, a concordância foi de 94,1%, demonstrando que a juventude reconhece e legitima as TDIC como recursos facilitadores da construção do conhecimento em sala de aula (Matos; Mazzafera, 2022). Apenas 2,95% demonstraram indiferença e outros 2,95% discordaram da eficácia desses mecanismos interativos.

O resultado mais expressivo e emblemático, contudo, reside na variável diferença do ensino tradicional, que obteve a unanimidade de 100% (34 alunos) de assinaturas positivas. A totalidade da amostra identificou a proposta digital como uma nítida ruptura metodológica frente às aulas expositivas convencionais baseadas meramente na transmissão passiva de fórmulas. Essa convergência total sinaliza o forte desejo estudantil por ecossistemas educativos que estimulem a coparticipação e o protagonismo prático (Da Cruz *et al.*, 2021).

Encerrando as análises, a recomendação da proposta para outras turmas e disciplinas obteve aprovação de 91,2% (31 participantes), o que atesta a solidez do vínculo pedagógico criado, restando somente 5,9% (2 alunos) de rejeição e 2,9% de neutralidade. A expressiva disposição em replicar a experiência atesta o potencial de transferência da gamificação para múltiplos contextos escolares da educação básica, consagrando o jogo educativo digital desenvolvido como um potente vetor de democratização, engajamento e inovação no ensino de Ciências e Física (Silva, D. N. *et al.*, 2025).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do jogo educativo digital “QuizLab: Desafios da Física” possibilitou a construção de um recurso didático viável e inovador voltado ao apoio do ensino de Ciências e Física na educação básica, integrando de forma harmônica elementos de gamificação e tecnologias digitais no contexto educacional. A aplicação prática da proposta evidenciou uma excelente receptividade por parte dos estudantes, cujos indicadores quantitativos ratificaram o sucesso da transposição didática, destacando-se o índice unânime de 100% de reconhecimento da ferramenta como um elemento de diferenciação e ruptura frente às metodologias tradicionais de ensino.

Além disso, a experiência extensionista desempenhou um papel formativo fundamental ao fortalecer a aproximação entre a Universidade Federal do Pará e a escola pública de educação básica. Essa articulação favoreceu não apenas a divulgação científica no âmbito da comunidade escolar, mas também oportunizou espaços para o desenvolvimento de práticas

pedagógicas significativamente mais dinâmicas, acessíveis e participativas, sintonizadas com as demandas do aluno contemporâneo.

Os resultados consolidados reforçam o potencial das tecnologias educacionais e das abordagens lúdicas como estratégias pedagógicas complementares indispensáveis no processo de ensino-aprendizagem. Conclui-se, portanto, que o projeto cumpre sua função social ao demonstrar caminhos práticos para estimular o protagonismo, o interesse e a curiosidade dos estudantes pelos conteúdos científicos, pavimentando horizontes para a inovação metodológica na educação básica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

DA CRUZ, C. A. B.; NEJAIM, V. M.; DA COSTA, A. K. L.; SOUSA, L. S.; DA COSTA JUNIOR, W. M. Gamificação como ferramenta para melhoria do ensino aprendizagem: uma análise bibliométrica. **Cadernos UniFOA**, v. 16, n. 46, 2021.

FERREIRA JÚNIOR, M. C. **Gamificação no ensino de Física aplicada no Ensino Fundamental II**. Trabalho de Curso. Universidade Federal do Pará, Ananindeua, 2022. p. 41.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. 25. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

MATOS, J. S.; MAZZAFERA, B. L. Reflexões sobre as metodologias ativas e tecnologias digitais como recursos pedagógicos no processo de ensino e aprendizagem de competências. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 15, p. e322591, 2022.

MOTA, A.; RIOS, V.; EDUARDO, C. **Aprendizagem baseada em jogos digitais: uma experiência realizada a partir game engine GDevelop 5**. Zenodo, 2024.

SILVA, D. N.; DE OLIVEIRA, M.; DA CRUZ, R. C. V.; DE JESUS, A. B.; NERY, R. G. A gamificação como ferramenta pedagógica: engajando alunos através do jogo. **ARACÊ**, v. 7, n. 6, p. 31666-31679, 2025.

SILVA, F. A.; SOUZA, L. L.; FREITAS, S. R. S. Jogos digitais no ensino de ciências: potenciais e limitações. **REAMEC - Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 13, p. e25034, 2025.

SILVA, J. B.; SALES, G. L.; CASTRO, J. B. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, n. 4, p. e20180309, 2019.

SWANDI, A.; ARSYAD, S. N.; FAUZAN, A.; VIRIDI, S.; RAHMADHANNINGSIH, S.; IREN, F. A eficácia da implementação de jogos educacionais baseados em Gdevelop no aprendizado de ciências com o tema ondas de luz e som nas escolas de ensino fundamental.

JPF (Jurnal Pendidikan Fisika) Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, v. 2, p. 218-227, 2023.

TESTONI, L. A. **Um corpo que cai: as histórias em quadrinhos no ensino de Física**. Dissertação. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

CAPÍTULO 9 - HERBORIZAÇÃO E CONFECCÃO DE EXSICATAS COMO ESTRATÉGIAS METODOLÓGICAS NO ENSINO DE BOTÂNICA: ANÁLISE DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR

Lucas Roberto Fagundes dos Santos¹, José Rafael dos Santos Freitas², Eliza de Jesus Barros dos Santos³, Josiney Farias de Araújo⁴, Ana Cristina Andrade de Aguiar Dias⁵ Lidyanne Yuriko Saleme Aona⁶

¹ lucasfaggundess@gmail.com Licenciado em Biologia, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, Brasil.

² rafael.bio.if@gmail.com Mestre em Botânica Tropical, Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, PA, Brasil.

³ elizasantos@museu-goeldi.br Mestra em Botânica Tropical, Universidade Federal Rural da Amazônia/Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, PA, Brasil.

⁴ josineyaraujo@yahoo.com.br Mestre em Ecologia, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil.

⁵ anadias@ufpa.br Doutora em Biologia Vegetal, Universidade Federal do Pará, Belém, PA, Brasil.

⁶ lidyanne.aona@gmail.com Doutora em Biologia Vegetal, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Cruz das Almas, BA, Brasil.

RESUMO

O ensino de Botânica na Educação Básica brasileira enfrenta desafios históricos, como a abstração excessiva dos conteúdos e a fragmentação curricular, que resultam na desmotivação discente e na dificuldade de aprendizagem. Este artigo apresenta uma revisão sistemática da literatura, fundamentada no protocolo PRISMA, abrangendo o período de 2013 a 2023, com o objetivo de analisar como a herborização e a confecção de exsicatas atuam como estratégias metodológicas associadas às competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). Os resultados indicam que o uso de herbários didáticos e coleções botânicas favorece o contato direto com a biodiversidade vegetal, promovendo a alfabetização científica e o desenvolvimento de habilidades de observação, comparação e classificação. Tais práticas mostram-se eficazes na mitigação da impercepção botânica, ao aproximar os conteúdos da realidade local e dos saberes cotidianos, como o estudo de plantas medicinais e alimentícias não convencionais (PANC). Contudo, a análise também revela obstáculos, especialmente na formação inicial de professores, onde a predominância de métodos tradicionais dificulta a transposição dessas práticas investigativas para a sala de aula. Conclui-se que a herborização é uma estratégia de baixo custo e alto potencial formativo, capaz de reconfigurar o ensino de Botânica e promover aprendizagens críticas e contextualizadas.

Palavras-chaves: Botânica, Educação Básica, Metodologia Ativa, Contextualização.

ABSTRACT

Botany teaching in Brazilian Basic Education faces historical challenges, such as excessive abstraction of content and curricular fragmentation, which result in student demotivation and learning difficulties. This article presents a systematic literature review, based on the PRISMA protocol, covering the period from 2013 to 2023, with the objective of analyzing how herborization and the preparation of exsiccae act as methodological strategies associated with the competencies of the National Common Curricular Base (NCCB). The results indicate that the use of didactic herbaria and botanical collections favors direct contact with plant biodiversity, promoting scientific literacy and the development of observation, comparison, and classification skills. Such practices prove effective in mitigating botanical imperception by bringing content closer to the local reality and everyday knowledge, such as the study of medicinal and non-conventional food plants (PANC). However, the analysis also reveals obstacles, especially in initial teacher training, where the predominance of traditional methods hinders the transposition of these investigative practices into the classroom. It is concluded that herborization is a low-cost strategy with high formative potential, capable of reconfiguring Botany teaching and promoting critical and contextualized learning.

Keywords: Botany, Basic Education, Active Methodology, Contextualization.

INTRODUÇÃO

O ensino de Botânica na Educação Básica brasileira tem sido historicamente marcado por desafios relacionados à abstração excessiva dos conteúdos, à fragmentação curricular e à baixa contextualização das práticas pedagógicas, fatores que contribuem para a desmotivação discente e para a dificuldade de aprendizagem dos conceitos botânicos (Santos *et al.*, 2021). Nesse cenário, diferentes estudos têm apontado a necessidade de reconfiguração das metodologias de ensino, de modo a aproximar os estudantes do objeto de estudo e favorecer a construção de aprendizagens significativas (Freire *et al.*, 2021; Rebouças *et al.*, 2021).

Entre as estratégias pedagógicas mais recorrentes e consistentes na literatura recente destaca-se o uso do herbário didático, por meio de práticas de herborização e confecção de exsicatas, como recurso para o ensino de Botânica. Essas práticas possibilitam o contato direto com a diversidade vegetal, favorecendo a observação, a identificação, a comparação e a compreensão das estruturas morfológicas das plantas (Pereira *et al.*, 2017; Machado; Silva, 2022). Além disso, a construção de mini herbários e coleções herborizadas tem sido associada ao desenvolvimento da alfabetização científica, ao estimular a investigação, o registro sistemático e a comunicação de informações científicas no contexto escolar (Freire *et al.*, 2021).

A literatura também evidencia que a utilização de herbários no ensino de Botânica contribui para a valorização da biodiversidade local e para a articulação entre conhecimentos científicos e saberes cotidianos, especialmente quando associada ao estudo de plantas medicinais e plantas alimentícias não convencionais (PANC) (Silva; Santos, 2018; Farias; Oliveira, 2020). Essas abordagens favorecem a contextualização do ensino, aproximando o conteúdo botânico da realidade sociocultural dos estudantes e ampliando o significado das aprendizagens construídas em sala de aula.

No contexto das políticas curriculares, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece orientações que reforçam a importância do ensino de Ciências da Natureza fundamentado em práticas investigativas, contextualizadas e articuladas à realidade dos estudantes. No que se refere ao ensino de Botânica, a BNCC insere os conteúdos botânicos majoritariamente na unidade temática Vida e Evolução, enfatizando o desenvolvimento de habilidades relacionadas à compreensão da biodiversidade, das interações entre os seres vivos e do papel das plantas nos ecossistemas (Brasil, 2018). Dessa forma, práticas como a herborização e a construção de exsicatas mostram-se coerentes com as competências e habilidades propostas pelo documento curricular.

Entretanto, estudos recentes indicam que a efetivação das orientações da BNCC no ensino de Botânica ainda enfrenta obstáculos significativos, especialmente no que se refere à formação inicial de professores. A fragmentação dos conteúdos botânicos nos cursos de licenciatura e a predominância de metodologias tradicionais dificultam a articulação entre os conhecimentos específicos da Botânica e as demandas pedagógicas da Educação Básica (Prestes; Moço, 2025). Esse cenário contribui para a manutenção de práticas descontextualizadas e para a persistência da chamada impercepção botânica, caracterizada pela dificuldade de reconhecer as plantas como elementos centrais dos ecossistemas e da vida humana (Ursi; Salatino, 2022).

Diante desse contexto, torna-se relevante compreender como a prática de herborização e a confecção de exsicata pode ser utilizada como estratégia metodológica ao ensino de Botânica associada às habilidades e competências da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). A sistematização dessas relações pode contribuir para o fortalecimento do ensino de Botânica, oferecendo subsídios teóricos e metodológicos para a prática docente e para a formação inicial de professores.

MATERIAIS E MÉTODOS

Caracterização da pesquisa

Para compreender como a prática de herborização e a confecção de exsicata pode ser utilizada como estratégia metodológica ao ensino de Botânica associada às habilidades da BNCC, foi realizada uma revisão sistemática (Ramos; Faria; Faria, 2014). A escolha desta metodologia proporciona a utilização de ferramentas de pesquisa de forma estruturada e explícita nas etapas de levantamento, análise e interpretação dos dados que estão disponíveis na literatura (Batista; Kumada, 2021). Para proporcionar uma maior transparência e o rigor científico, a realização da revisão foi baseada nos protocolos da metodologia PRISMA (Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises) (Page *et al.*, 2022).

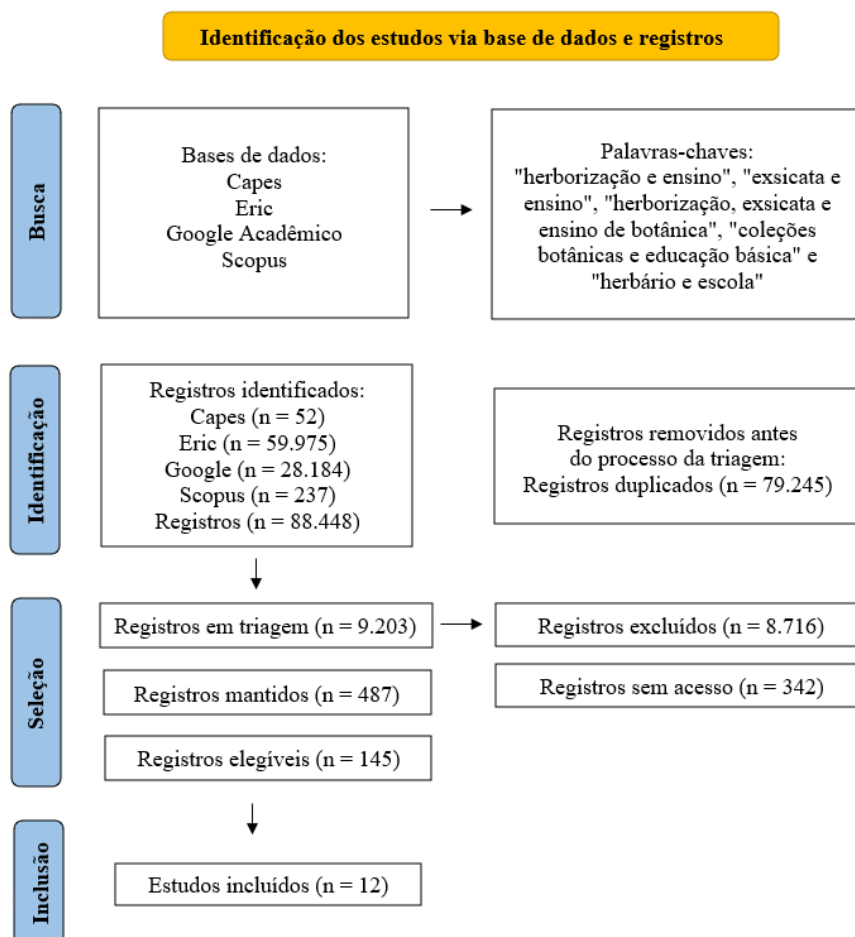
Critérios de inclusão e exclusão

Na etapa de inclusão dos artigos científicos, foram realizadas buscas no Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) (<https://www-periodicos-capes-gov-br.ez106.periodicos.capes.gov.br/index.php>), Centro de Informações sobre Recursos Educacionais (Eric) (<https://eric.ed.gov/>), Google Acadêmico (<https://scholar.google.com/?hl=pt-BR>) e Scopus (<https://www.scopus.com/>). Foi selecionada

essas plataformas, devido principalmente ao padrão de qualidade científica, a diversidade de conteúdos acadêmicos e a quantidade de recursos em pesquisas avançadas que facilitam a recuperação da literatura científica (Marques *et al.*, 2023).

Para buscar temas da prática de herborização e a produção de exsicatas, foram utilizadas as palavras-chave: "herborização e ensino", "exsicata e ensino", "herborização, exsicata e ensino de botânica", "coleções botânicas e educação básica" e "herbário e escola". Em relação aos critérios de inclusão consistiu na seleção de trabalhos publicados no período de 2013-2023 (Fantin *et al.*, 2024), e a recuperação de trabalhos completos em formato eletrônico de acesso aberto, publicados em idiomas de português e inglês (Reis *et al.*, 2024). Posteriormente, foram excluídos os trabalhos no qual a partir da leitura do título e o resumo não apresentaram conexões de maneira direta aos objetivos da revisão (Marques *et al.*, 2023), as publicações que estavam fora do alcance do limite temporal estabelecido, os trabalhos acadêmicos repetitivos e escritos na língua espanhola (Silva; Silva, 2024) (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma de PRISMA apresentando os métodos de identificação, inclusão e exclusão de artigos científicos publicados sobre o ensino de Botânica e BNCC



Fonte: Autores (2026)

Análise dos conteúdos

As informações recuperadas dos trabalhos foram organizadas e realizadas análises qualitativas com ênfase em abordagens exploratória dos dados. Com a sintetização dos principais resultados e as perspectivas da literatura que existem a respeito do tema do trabalho (Fantin *et al.*, 2024). Os processos de exploração dos dados ocorreram com o aprofundamento de leituras, escolha e fichamento das informações (Santana; Mota, 2023). De maneira geral, todos os trabalhos incluídos foram lidos integralmente para a obtenção das informações da prática de herborização e a confecção de exsicata na utilização de estratégia metodológica ao ensino de Botânica associada às habilidades da BNCC.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A BNCC e Ensino de Botânica

A análise das informações da literatura recuperada evidencia que a maior parte das publicações se concentram na unidade temática Vida e Evolução e uma convergência consistente em torno da defesa de estratégias didáticas ativas, contextualizadas e investigativas para o ensino de Botânica, em consonância com os pressupostos da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). De modo geral, os estudos revisados apontam que práticas pedagógicas baseadas na manipulação de materiais biológicos, na observação direta da vegetação, na valorização do contexto local e na articulação entre saberes científicos e cotidianos contribuem para a superação de dificuldades historicamente associadas ao ensino de Botânica na Educação Básica (Tabela 1).

Os trabalhos que utilizam herbários didáticos, mini herbários e coleções botânicas (Freire *et al.*, 2021; Farias; Oliveira, 2020; Pereira *et al.*, 2017; Machado; Silva, 2022) evidenciam potencial para o desenvolvimento de habilidades como EF06CI05, EF06CI06 e EF07CI08 previstas na BNCC relacionadas à observação, descrição, comparação, classificação e comunicação de informações científicas no campo das Ciências da Natureza. Essas estratégias dialogam diretamente com a proposta curricular que valoriza o fazer científico, o uso de diferentes linguagens e a mobilização de conhecimentos em situações concretas, aproximando o estudante das práticas investigativas próprias da ciência escolar (Sasseron, 2018).

Além disso, tais abordagens contribuem para mitigar a chamada impercepção botânica, entendida como a dificuldade de reconhecer, valorizar e compreender as plantas como

organismos vivos relevantes nos ecossistemas e na vida humana (Ursi *et al.*, 2018). Embora nem todos os estudos utilizem explicitamente esse conceito, seus resultados indicam que o contato sistemático com espécies vegetais, especialmente aquelas presentes no entorno escolar ou no cotidiano dos estudantes, favorece a construção de vínculos cognitivos e afetivos com o mundo vegetal, reduzindo a invisibilização das plantas no ensino de Ciências (Silva; Santos, 2018; Rebouças *et al.*, 2021).

A valorização do conhecimento local e tradicional, especialmente nos estudos que abordam plantas medicinais e PANC (Silva; Santos, 2018; Farias; Oliveira, 2020), encontra respaldo na BNCC ao promover a contextualização do conhecimento científico e o reconhecimento da diversidade cultural e socioambiental brasileira. Essas práticas favorecem o desenvolvimento de competências relacionadas à responsabilidade socioambiental, argumentação e pensamento crítico, ao mesmo tempo em que ampliam o repertório cultural dos estudantes e fortalecem a relação entre ciência escolar e realidade social (Pires *et al.*, 2026).

No que se refere às aulas de campo e atividades em espaços não formais, os estudos de Santos *et al.* (2020) e Corbacho-Cuello *et al.* (2025) demonstram que a exploração direta da vegetação local, associada a trilhas investigativas e ao uso de tecnologias digitais, potencializa aprendizagens significativas nos conteúdos de Botânica. Tais estratégias dialogam com a BNCC ao estimular a investigação científica, a resolução de problemas e a utilização crítica das tecnologias da informação e comunicação, além de contribuir para a percepção da biodiversidade como componente estruturante dos ecossistemas (Silva; Santos, 2021).

Entretanto, os resultados também revelam limites estruturais e formativos que dificultam a efetivação das orientações da BNCC no ensino de Botânica. O estudo de Santos, Figueredo e Parry (2021), ao analisar o contexto das escolas públicas de Altamira (PA), evidencia dificuldades relacionadas à formação docente, à escassez de recursos didáticos e à predominância de metodologias tradicionais, fatores que comprometem a abordagem investigativa e contextualizada preconizada pela BNCC. Esses achados reforçam que a impercepção botânica não se restringe aos estudantes, mas está também associada a lacunas na formação inicial e continuada de professores.

Nesse sentido, o trabalho de Prestes e Moço (2025) oferece uma contribuição central para a compreensão dos resultados desta revisão. As autoras demonstram que, embora a BNCC reconheça a importância da Botânica no âmbito das Ciências da Natureza, há uma fragilidade na articulação entre os conhecimentos específicos da área e os saberes pedagógicos nos cursos de licenciatura. A análise documental realizada pelas autoras indica que a formação inicial de professores de Ciências ainda privilegia metodologias tradicionais e um perfil formativo

voltado à pesquisa acadêmica, em detrimento de práticas pedagógicas inovadoras e contextualizadas.

Essa desconexão entre a formação inicial e as demandas da Educação Básica repercute diretamente no ensino de Botânica, contribuindo para a manutenção de abordagens conteudistas e descontextualizadas, pouco alinhadas às competências e habilidades da BNCC. Como apontam Prestes e Moço (2025), a Botânica raramente é integrada aos contextos socioculturais das escolas e aos interesses dos estudantes de forma democrática, o que dificulta a superação da impercepção botânica e a construção de aprendizagens significativas.

Por outro lado, os estudos analisados nesta revisão demonstram que, quando estratégias didáticas alinhadas à BNCC são efetivamente implementadas, como práticas experimentais, uso de coleções didáticas, aulas de campo e integração com saberes locais, o ensino de Botânica assume um papel central na promoção da alfabetização científica e da formação cidadã. Esses resultados reforçam a necessidade de que a BNCC seja compreendida não apenas como um documento normativo, mas como um referencial pedagógico que demanda coerência entre currículo, formação docente e práticas de ensino.

Assim, a discussão dos resultados indica que o enfrentamento da impercepção botânica passa, necessariamente, pela reorganização das práticas pedagógicas, pela valorização da Botânica nos currículos escolares e pela revisão dos processos de formação inicial de professores, conforme sinalizado por Prestes e Moço (2025). A BNCC, nesse contexto, apresenta-se como um instrumento potencialmente transformador, desde que apropriado de forma crítica e articulado às realidades locais e às especificidades do ensino de Botânica.

Tabela 1 - Relação entre estratégias didáticas em Botânica e habilidades/competências da BNCC

Foco didático/metodológico do estudo	Unidade temática (BNCC)	Habilidades da BNCC	Competências gerais	Observações críticas	Referência
Mini herbário como estratégia de alfabetização científica	Vida e Evolução	EF06CI05, EF06CI06, EF07CI08	CG 2, CG 5, CG 9	Alinhamento direto com práticas investigativas e reconhecimento da diversidade vegetal.	Freire <i>et al.</i> (2021)
Herbário de PANC como recurso didático	Vida e Evolução	EF07CI08, EF09CI12, EM13CNT207	CG 2, CG 6, CG 10	Forte interface com alimentação, sustentabilidade e biodiversidade.	Farias e Oliveira (2020)
Plantas medicinais e conhecimento local	Vida e Evolução	EF07CI08, EF08CI07, EF09CI12	CG 1, CG 6, CG 10	Diálogo consistente com saberes tradicionais, coerente com a BNCC.	Silva e Santos (2018)
Diagnóstico do ensino de Botânica (dificuldades e possibilidades)	—	—	—	Estudo analítico/reflexivo; não operacionaliza habilidades, mas subsidia implementação curricular.	Santos <i>et al.</i> (2021)
Mini herbário + jogo didático (macro e microestruturas)	Vida e Evolução	EF06CI06, EF07CI08	CG 2, CG 4	Clareza no trabalho com morfologia vegetal e práticas investigativas.	Pereira <i>et al.</i> (2017)
Herbário didático escolar	Vida e Evolução	EF06CI05, EF07CI08	CG 2, CG 9	Coerente com observação, classificação e valorização da biodiversidade.	Machado e Silva (2022)
Metodologias ativas (jardim-sala de aula)	Vida e Evolução	EF06CI05, EF07CI08, EF09CI12	CG 2, CG 5, CG 6	Forte alinhamento à BNCC e ao ensino contextualizado.	Rebouças <i>et al.</i> (2021)
Aula de campo + coleções botânicas + TDIC	Vida e Evolução	EF07CI08, EF09CI12, EM13CNT201	CG 2, CG 5	Integra tecnologia e investigação científica de forma coerente.	Santos e Añes (2020)

Trilhas botânicas investigativas	Vida e Evolução	EF07CI08, EM13CNT201	CG 2, CG 4	Artigo internacional; correlação conceitual válida, mas BNCC não é referencial do estudo.	Corbacho-Cuello <i>et al.</i> (2025)
História da Botânica, herbários e estética	—	—	—	Fora do escopo direto da BNCC; contribui teoricamente e culturalmente.	Flannery (2023)
Aulas práticas no ensino fundamental	Vida e Evolução	EF06CI06, EF07CI08	CG 2	Enfoque prático compatível com habilidades investigativas.	Silva <i>et al.</i> (2015)
Ensino de Botânica à luz da BNCC e formação docente	Vida e Evolução	EF06CI05, EF07CI08, EF09CI12	CG 2, CG 8	Artigo explicitamente ancorado na BNCC, altamente pertinente.	Prestres e Moço (2024)

Fonte: Autores (2026)

Herborização e exsicatas como práticas pedagógicas no ensino de Botânica

Os estudos analisados mostram que a herborização e a confecção de exsicatas vão além de procedimentos técnicos associado a Botânica, mostram-se como praticas pedagógicas que contribuem de forma significativa para o ensino de Ciências e Biológicas (Pereira *et al.*, 2018; Vieira; Viegas, 2019; Machado; Silva, 2022). Diante de vários contextos educacionais, essas atividades atuam como mediadoras entre o conhecimento científico e a realidade dos estudantes, contribuindo para reduzir as dificuldades associadas ao ensino de Botânica, como o excesso de abstração dos conteúdos, a fragmentação do conhecimento, a escassez de atividades práticas e o distanciamento da flora local em relação ao cotidiano dos alunos (Pereira *et al.*, 2018; Farias, 2020; Freire *et al.*, 2021). Os estudos de Rebouças, 2021 mostram que o contato direto com o material vegetal, por meio da coleta, prensagem, identificação e organização das exsicatas, favorece a construção ativa do conhecimento, permitindo que estudantes assuma um papel mais participativo no processo de aprendizagem.

Nos anos finais do Ensino Fundamental, a utilização de mini herbários mostra-se relevante para o desenvolvimento da alfabetização científica, ao possibilitar a observação, comparação e descrição de estruturas vegetais (Brasil-Peixoto *et al.*, 2021). Os estudos de Freire *et al.* (2021) e Rebouças (2021), indicam que essas práticas contribuem não apenas para a compreensão da diversidade vegetal, mas também para a formação de atitudes relacionadas a conservação ambiental, ao estimular o conhecimento da flora local com o patrimônio natural. A herborização funciona como uma estratégia de aproximação inicial dos estudantes com procedimentos científicos básicos, favorecendo o desenvolvimento de habilidades como observação sistemática, registros e classificação.

No ensino Médio, os estudos analisados indicam que os herbários escolares ampliam o potencial pedagógico ao serem incorporados de forma sistemática às práticas de ensino de Biologia. Nessa etapa, os herbários deixam de assumir um papel exclusivamente demonstrativo e passam a construir recursos didáticos permanentes, capazes de articular conteúdos de Botânica, Ecologia e educação ambiental. A produção e a ampliação de herbários didáticos, conforme apontam Machado e Silva (2022) e Santos *et al.* (2021), favorecem a contextualização dos conteúdos e a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem.

Além disso, a integração da herborização com metodologias ativas, como jogos didáticos e o uso de tecnologias digitais, contribui para a diversificação das estratégias pedagógicas e para o enfrentamento da heterogeneidade das turmas do Ensino Médio. Essas abordagens ampliam as possibilidades de ensino ao estimular o envolvimento dos estudantes e

a compreensão dos conteúdos biológicos, refletindo positivamente no desempenho escolar (Pereira *et al.*, 2018; Santos; Añez, 2020).

Outro ponto de destaque refere-se à dimensão interdisciplinar e formativa dos herbários enquanto espaços educativos. Conforme discutido por Vieira e Viegas (2019), os herbários não se restringem à função de repositórios científicos, mas apresentam-se como ambientes dinâmicos de aprendizagem, capazes de integrar saberes da história da ciência, geografia, educação ambiental e cultura científica. Essa perspectiva amplia o alcance pedagógico da herborização, permitindo que os estudantes compreendam a produção do conhecimento científico como um processo histórico e socialmente construído, ao mesmo tempo em que desenvolvem consciência crítica sobre a conservação da biodiversidade.

Os estudos revisados convergem ao indicar que a herborização e a confecção de exsicatas representam práticas pedagógicas de baixo custo, alto potencial formativo e grande adaptabilidade a diferentes realidades escolares. No entanto, também se observa que a efetividade dessas práticas está diretamente relacionada ao planejamento pedagógico e à intencionalidade do professor, especialmente no que se refere à articulação entre atividades práticas, conteúdos teóricos e objetivos de aprendizagem. Assim, a adoção de herbários didáticos no ensino de Botânica revela-se não apenas como uma alternativa metodológica, mas como uma estratégia capaz de resinificar o ensino das Ciências, promovendo aprendizagens mais significativas, críticas e contextualizadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise da literatura demonstrou que a herborização e a confecção de exsicatas transcendem a técnica botânica, apresentando-se como práticas pedagógicas mediadoras essenciais para superar o distanciamento entre o estudante e o mundo vegetal. Estas estratégias alinham-se diretamente às competências da BNCC, especificamente na unidade temática "Vida e Evolução", ao estimular a investigação científica e a valorização da biodiversidade local. O estudo evidencia que a utilização de herbários escolares, sejam eles físicos ou virtuais, favorece o protagonismo discente e a construção de vínculos afetivos e cognitivos com a flora, combatendo a invisibilização das plantas nos ecossistemas. Ademais, a integração com temas como sustentabilidade e conhecimentos tradicionais amplia o significado social das aprendizagens construídas.

Entretanto, para que essas práticas sejam efetivadas de forma sistêmica, é fundamental enfrentar as lacunas na formação docente. A persistência de metodologias tradicionais nos cursos de licenciatura e a falta de recursos em escolas públicas ainda limitam o alcance das

orientações curriculares vigentes. Portanto, a adoção de herbários didáticos deve ser acompanhada por uma reorganização das práticas de ensino e por políticas de formação continuada que valorizem a Botânica nos currículos escolares. A herborização apresenta-se como um recurso didático versátil e acessível, fundamental para a promoção de uma alfabetização científica global e consciente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR-DIAS, Ana Cristina Andrade; PINHEIRO, Sheila Costa Vilhena; PINHEIRO, Jackson Costa. “My student hates studying Botany!” about university professors and teaching of Botany. **Brazilian Journal of Botany**, v. 46, n. 3, p. 499-503, 2023.

ARIF, Wiwin Pramita; SARI, Murni Sapta; LESTARI, Sri Rahayu. Unveiling the roots of botanical literacy: A systematic literature review on its concepts and domains. **EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education**, v. 21, n. 4, p. em2612, 2025.

BATISTA, Leonardo dos Santos; KUMADA, Kate Mamhy Oliveira. Análise metodológica sobre as diferentes configurações da pesquisa bibliográfica. **Revista brasileira de iniciação científica**, p. e021029-e021029, 2021.

BRASIL-PEIXOTO, Sandara Nadja Rodrigues *et al.* Criação de um herbário virtual como recurso didático para o ensino de Botânica. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, p. e52210111920-e52210111920, 2021.

CORBACHO-CUELLO, Isaac; HERNÁNDEZ-BARCO, M. A.; MUNOZ-LOSA, Aurora. Exploring the local vegetation: Botanical inquiry trail, an interactive journey of learning. **Journal of Biological Education**, v. 59, n. 2, p. 360-373, 2025.

FANTIN, Mirian Moraes Dias *et al.* “Cegueira botânica” no ensino: uma revisão bibliográfica das descobertas e perspectivas. **Caderno Pedagógico**, v. 21, n. 5, p. e4250-e4250, 2024.

FARIAS, Alaine Santana; OLIVEIRA, Marla Ibrahim Uehbe. Uma coleção herborizada PANC como recurso didático para o ensino de biologia. **Paubrasilia**, v. 3, n. 2, p. 62-67, 2020.

FLANNERY, Maura C. The road to herbaria: Teaching and learning about biology, aesthetics, and the history of botany: Maura C Flannery. **Journal of Biosciences**, v. 48, n. 4, p. 58, 2023.

FREIRE, G. S.; BANDEIRA, RP C.; ARAUJO, LF M. Alfabetização científica para o ensino de botânica através da criação de um mini-herbário. **Holos**, v. 8, p. 1-2, 2021.

GUTIÉRREZ-GARCÍA, Lorena *et al.* Assessment of botanical learning through an educational intervention based on aromatic plants and their uses in the immediate environment. **Environment, Development and Sustainability**, v. 27, n. 10, p. 25381-25402, 2025.

MACHADO, Wedna de Jesus; SILVA, Ana Cecília da Cruz. Herbário didático do Colégio Estadual Murilo Braga: estratégia para o ensino de botânica. **Paubrasilia**, v. 5, p. e98-e98, 2022.

MARQUES, Raimunda Aline Djanira Freire; GALLÃO, Maria Izabel; MOTA, Erika Freitas. Ensino híbrido nas aulas de Biologia: uma revisão sistemática de literatura. **Revista Insignare Scientia - RIS**, Brasil, v. 6, n. 6, p. 395–412, 2023.

PAGE, Matthew J. *et al.* The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. **bmj**, v. 372, 2021.

PEREIRA, Priscila da Silva *et al.* Montagem de mini herbário e aplicação de jogo didático: uma visão macro e microscópica das estruturas vegetais. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 8, n. 5, p. 63-79, 2017.

PIRES, Rosana Maria Marques; VIDIGAL, Istivio Vargas; LIMA, Thayna Dias. Práticas interdisciplinares para a alfabetização científica e o pensamento sustentável. **REVISTA FOCO**, v. 19, n. 1, p. e11185-e11185, 2026.

PRESTES, Rosi Maria; MOÇO, Maria Cecília Chiara. O ensino de botânica em uma perspectiva da Base Nacional Comum Curricular e da formação inicial de professores. **Educação**, p. e18/1-24, 2024.

RAMOS, Altina; FARIA, Paulo M.; FARIA, Ádila. Revisão sistemática de literatura: contributo para a inovação na investigação em Ciências da Educação. **Rev. Diálogo Educ**, p. 17-36, 2014.

REBOUÇAS, Natanael Costa; RIBEIRO, Rayane de Tasso Moreira; LOIOLA, Maria Iracema Bezerra. Do jardim à sala de aula: metodologias para o ensino de Botânica na escola. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 1, p. 1-23, 2021.

REIS, Hélio Souza; DUARTE, Neuber Santos; PINHO, Maria José Souza. Estratégias didáticas para o ensino de botânica na Educação Básica: Uma revisão bibliográfica. **Revista Semiárido De Visu**, v. 12, n. 2, p. 941-952, 2024.

SANTANA, A. J. S.; ARAÚJO MOTA, M. D. Uma Abordagem Didática para a Biologia: uma revisão da literatura acadêmica (2017-2021): A Didactic Approach to Biology: a review of academic literature (2017-2021). **Revista Cocar**, [S. l.], v. 18, n. 36, 2023.

SANTOS, Reginaldo; FIGUEREDO, Francisco Alex Oliveira; PARRY, Maurício Möller. O ensino de Botânica no contexto das escolas públicas de Altamira-PA: um estudo sobre dificuldades e possibilidades. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 1, p. 1-25, 2021.

SANTOS, Robson Aparecido; AÑEZ, Rogério Benedito da Silva. Botânica no cerrado: a aula de campo e as coleções botânicas didáticas associadas as tecnologias digitais da informação e comunicação como estratégias de ensino. **Revista Prática Docente**, v. 5, n. 2, p. 1139-1154, 2020.

SARI, Murni Sapta; SUDRAJAT, Ahmad Kamal; BIN HASSAN, Zainudin. Scientific writing skills activity: A strategy for empowering botanical literacy. **Biosfer: Jurnal Pendidikan Biologi**, v. 16, n. 2, p. 312-322, 2023.

SCHUNKO, Christoph; STAGG, Bethan; DÜNSER, Benno. Harnessing synergies between botany education research and ethnobotany to improve understanding of plant awareness. **Plants, People, Planet**, v. 7, n. 6, p. 1604-1610, 2025.

SASSERON, Lúcia Helena. Ensino de ciências por investigação e o desenvolvimento de práticas: uma mirada para a base nacional comum curricular. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. 1061-1085, 2018.

SILVA, Ana Paula Miranda *et al.* Aulas práticas como estratégia para o conhecimento em botânica no ensino fundamental. **Holos**, v. 8, p. 68-79, 2015.

SILVA, Dayana Ferreira; SANTOS, Marcelo Guerra. Plantas medicinais, conhecimento local e ensino de botânica: uma experiência no ensino fundamental. **Revista Ciências & Ideias ISSN: 2176-1477**, p. 139-164, 2017.

SILVA, João Gabriel Silva; SANTOS, Reginaldo. Contribuições de um espaço não formal para a promoção de ensino escolar contextualizado e interdisciplinar à luz da BNCC. **ACTIO: Docência em Ciências**, v. 6, n. 1, p. 1-23, 2021.

SILVA, Maria Laura Lopes; SILVA, Claucenira Bandeira. Sequências didáticas para o ensino de botânica, com ênfase na fotossíntese—uma revisão de literatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 10, n. 9, p. 2090-2102, 2024.

STAGG, Bethan C.; DILLON, Justin. Plants, education and sustainability: rethinking the teaching of botany in school science. **Journal of Biological Education**, v. 57, n. 5, p. 941-943, 2023.

SURIYABUTR, Ariya; YASRI, Pratchayapong. Enhancing high school students' understanding of plant diversity through an innovative and engaging educational card game. **Education Quarterly Reviews**, v. 6, n. 2, 2023.

URSI, Suzana; SALATINO, Antonio. Nota Científica—É tempo de superar termos capacitistas no ensino de Biologia: impercepção botânica como alternativa para "cegueira botânica". **Boletim de Botânica**, v. 39, p. 1-4, 2022.

VIEIRA, Cristiana Vieira; VIEGAS, Sofia. Os Herbários como recursos educativos dinâmicos e interdisciplinares. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 20, p. 638-656, 2019.

CAPÍTULO 10 - EXPERIMENTAÇÃO DE BAIXO CUSTO NO ENSINO DE FÍSICA COMPUTACIONAL: ANÁLISE DE UM PÊNDULO SIMPLES COM TRACKER E GNU OCTAVE

Larissa Barbosa Pantoja¹, Luana Sena Gemaque², Alessandra Jaqueline Oliveira de Sousa³, Marcelino Gabriel Alves de Sousa⁴, Carlos Alberto Brito da Silva Júnior⁵, Francisco das Chagas de Oliveira Cacula Filho⁶

- ¹ larissa.pantoja@ananindeua.ufpa.br. Licencianda em Física, Universidade Federal do Pará
- ² luana.gemaque@ananindeua.ufpa.br. Licencianda em Física, Universidade Federal do Pará
- ³ alessandra.souza@ananindeua.ufpa.br. Licencianda em Física, Universidade Federal do Pará
- ⁴ marcelino.sousa@ananindeua.ufpa.br. Licencianda em Física, Universidade Federal do Pará
- ⁵ cabsjr@ufpa.br. Doutor, Universidade Federal do Pará
- ⁶ [cacela@ufpa.br](mailto:cacula@ufpa.br). Mestre, Universidade Federal do Pará

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma atividade experimental e computacional desenvolvida no âmbito da disciplina de Física Computacional, utilizando um pêndulo simples e os softwares livres Tracker e GNU Octave como ferramentas didáticas para o ensino de Física. A proposta buscou integrar experimentação de baixo custo, análise computacional e modelagem numérica, favorecendo a compreensão de conceitos relacionados ao Movimento Harmônico Simples (MHS), periodicidade, amortecimento e análise de dados experimentais. Inicialmente, o movimento pendular foi gravado e analisado no software Tracker, possibilitando a obtenção de dados como tempo, deslocamento angular e velocidade angular. Posteriormente, os dados experimentais foram exportados para o GNU Octave, onde foram aplicados métodos numéricos para análise gráfica, cálculo de erros e comparação entre os resultados experimentais e os modelos teóricos. Os resultados demonstraram que a utilização integrada dessas ferramentas favoreceu a compreensão dos fenômenos físicos, além de estimular o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao pensamento computacional, interpretação gráfica e análise crítica de dados experimentais. A atividade também evidenciou o potencial pedagógico da integração entre Física Experimental e Física Computacional, utilizando recursos acessíveis e de baixo custo, contribuindo para práticas investigativas e uma aprendizagem mais ativa no ensino de Física.

Palavras - chaves: Ensino de Física. Física Computacional. Tracker. GNU Octave. Pêndulo Simples.

ABSTRACT

This work presents an experimental and computational activity developed within the scope of the Computational Physics discipline, using a simple pendulum and the free software Tracker and GNU Octave as didactic tools for teaching Physics. The proposal sought to integrate low-cost experimentation, computational analysis, and numerical modeling, favoring the understanding of concepts related to Simple Harmonic Motion (SHM), periodicity, damping, and analysis of experimental data. Initially, the pendulum motion was recorded and developed in the Tracker software, allowing the acquisition of data such as time, angular displacement, and angular velocity. Subsequently, the experimental data were exported to GNU Octave, where numerical methods were applied for graphical analysis, error calculation, and comparison between experimental results and theoretical models. The results showed that the integrated use of these tools helped promote the understanding of physical aspects, as well as stimulate the development of skills related to computational thinking, graphical interpretation, and critical analysis of experimental data. The activity also highlighted the pedagogical potential of integrating Experimental Physics and Computational Physics, using accessible and low-cost resources, contributing to investigative practices and more active learning in physics education.

Keywords: Physics teaching. Computational physics. Tracker. GNU Octave. Simple pendulum.

INTRODUÇÃO

O estudo do pêndulo simples acompanha o desenvolvimento da Física desde o século XVII e permanece, até a contemporaneidade, como um dos sistemas experimentais mais

utilizados para a compreensão dos fenômenos oscilatórios (Luchese, Mergen & Andrighetto, 2020). O pêndulo simples consiste, basicamente, em uma massa suspensa por um fio inextensível fixado em uma extremidade, capaz de oscilar em torno de uma posição de equilíbrio sob a ação da gravidade. Sua dinâmica permite explorar, de maneira acessível, conceitos fundamentais da Mecânica, como força restauradora, periodicidade, conservação de energia e movimento harmônico simples (MHS) (Young & Freedman, 2016). Além disso, devido à sua simplicidade experimental, o sistema constitui um importante recurso didático para o ensino de Física em diferentes níveis educacionais (Barros *et al.*, 2023).

No contexto educacional, a construção e análise de experimentos de baixo custo representam estratégias relevantes para aproximar os estudantes da prática científica, especialmente em ambientes com infraestrutura laboratorial limitada. A utilização de materiais simples e acessíveis possibilita a realização de atividades experimentais investigativas sem a necessidade de equipamentos sofisticados, favorecendo uma aprendizagem mais significativa e participativa (Almeida, 2021).

A importância da experimentação no ensino de Ciências é reforçada pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC), que destaca a necessidade de promover práticas investigativas capazes de relacionar teoria e realidade cotidiana (Brasil, 2018). O conteúdo referente ao Movimento Harmônico Simples está inserido na área temática “Movimento, variações e conservações”, sendo previsto para o ensino médio, especialmente nos componentes curriculares relacionados às Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Dessa forma, atividades envolvendo sistemas oscilatórios, como o pêndulo simples, podem contribuir significativamente para o desenvolvimento do raciocínio científico e matemático dos estudantes.

Associada à experimentação, a utilização de ferramentas computacionais amplia as possibilidades de análise e interpretação dos fenômenos físicos. Softwares livres como o Tracker e o GNU Octave permitem realizar aquisição, processamento e modelagem de dados experimentais de maneira acessível e interativa, favorecendo a integração entre Física Experimental e Física Computacional (Pastana & Neide, 2017). O uso dessas ferramentas possibilita aos estudantes realizem análises quantitativas do movimento, comparem resultados experimentais com modelos teóricos e desenvolvam habilidades relacionadas ao pensamento computacional, interpretação gráfica e tratamento numérico de dados (Luchese & Schneider, 2020).

A atividade apresentada neste artigo foi desenvolvida no âmbito da disciplina de Física Computacional de um curso de Licenciatura em Física, permitindo que os discentes

participassem ativamente de diferentes etapas do processo investigativo, incluindo montagem experimental, gravação dos experimentos, aquisição de dados, tratamento computacional e análise dos resultados. Essa abordagem favoreceu uma aprendizagem ativa e investigativa, aproximando os estudantes das práticas contemporâneas da Física Experimental e Computacional por meio da utilização de recursos tecnológicos acessíveis e de baixo custo.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é apresentar, de forma prática e acessível, o desenvolvimento experimental e computacional de um pêndulo simples utilizando os softwares livres Tracker e GNU Octave como ferramentas didáticas para o ensino de Física.

MATERIAIS E MÉTODOS

Fundamentos físicos do pêndulo simples

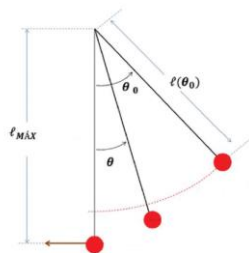
Um pêndulo é um sistema físico oscilador composto por um corpo suspenso em uma haste com fio flexível. Seu movimento é caracterizado por períodos de oscilações em torno de um ponto de equilíbrio (Young & Freedman, 2016). A equação de movimento para um pêndulo simples de comprimento (ℓ), ângulo de deslocamento (θ) em radianos, gravidade (g) é dada pela Eq. (1) (Prates *et al.*, 2023; Rossini *et al.*, 2024):

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = -\frac{g}{\ell}\sin\theta \quad (1)$$

A Eq. (1) representa uma equação diferencial não linear, típica do movimento oscilatório do pêndulo simples. Para pequenas amplitudes (ângulos menores que 15°), pode-se utilizar a aproximação $\sin\theta \approx \theta$ tornando a equação linear homogênea. Nessas condições, o período (T) de uma oscilação completa é dado pela Eq. (2) (Souza & Cardoso, 2020):

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

Quando deslocado da sua posição de equilíbrio ($\theta = 0^\circ$), o pêndulo realiza um movimento periódico, em função da posição de equilíbrio, repetindo-se em intervalos regulares de tempo, com o passar desse tempo, a força restauradora (a componente no eixo x da força da gravidade — $P_x = -mg.\sin\theta$) atua para conduzir o pêndulo de volta ao equilíbrio.

Figura 1 – Representação de Pêndulo Simples.

Fonte: Rossini *et al.*, 2024. adaptado.

A Figura 1 ilustra um modelo de pêndulo simples, constituído por uma massa puntiforme (m) presa a um fio inextensível de massa desprezível, suspenso por um ponto fixo. São representadas três posições distintas da massa na cor vermelha: a posição de equilíbrio (ponto mais baixo da trajetória) e duas posições laterais que indicam os extremos do movimento oscilatório.

O comprimento do fio é indicado por ℓ , e os ângulos θ e θ_0 representam, respectivamente, o ângulo atual e o ângulo máximo de deslocamento em relação à vertical. A trajetória do pêndulo forma um arco de circunferência, sendo a distância percorrida relacionada ao arco $\ell(\theta_0)$. Essa representação gráfica é útil para a compreensão dos parâmetros físicos envolvidos no movimento harmônico simples (MHS). A experimentação de baixo custo busca desenvolver atividades práticas com materiais acessíveis e fáceis de montar, sem comprometer a qualidade dos resultados científicos.

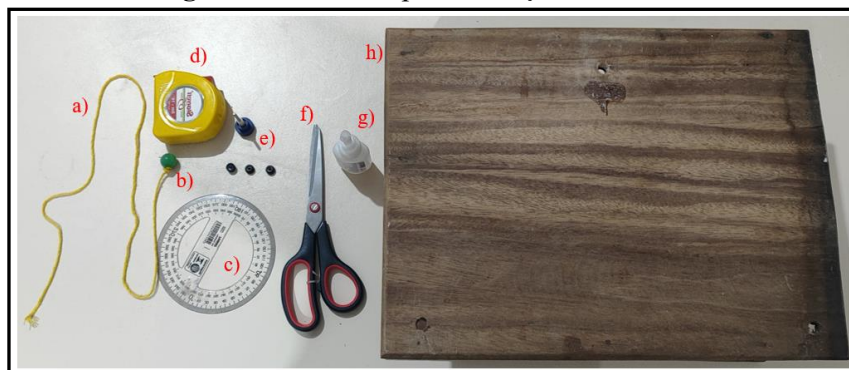
No contexto educacional, ela permite que escolas e universidades ofereçam experiências mais significativas para os alunos mesmo com orçamento limitado (Stuchi *et al.*, 2021). A experimentação de baixo custo não é novidade entre os pesquisadores da área do ensino de Física. O levantamento realizado pela autora identificou 86 artigos publicados entre 2019 e 2025 em periódicos Qualis A1 e A3, distribuídos da seguinte forma: (1) Qualis A1: 27 artigos na Revista Brasileira do Ensino de Física (RBEF) e 7 artigos na Revista Caderno Brasileiro do Ensino de Física (CBEF); (2) Qualis A3: 18 artigos na Revista A Física na Escola (FnE) e 39 artigos na Revista De Enseñanza De La Física. Esses trabalhos utilizam essa metodologia com o objetivo de democratizar o ensino e levá-lo onde a pouco recursos didático. Segundo Lima, Pucinelli e Oliveira (2025), a Mecânica é a área mais abordada entre os temas.

As atividades de baixo custo e as tecnologias ajudam os alunos a interagir com o objeto de estudo, levando a construção do conhecimento (Stofes Jr, Aleixo & Stein, 2024; Da Silva, 2024).

Construção experimental do pêndulo

Para a criação do pêndulo foram utilizados (a) barbante para servir como haste; (b) uma massa; (c) transferidor; (d) trena; (e) suportes fixos; (f) tesoura; (g) cola e (h) uma tábua de madeira, os quais podem ser vistos na Figura 2.

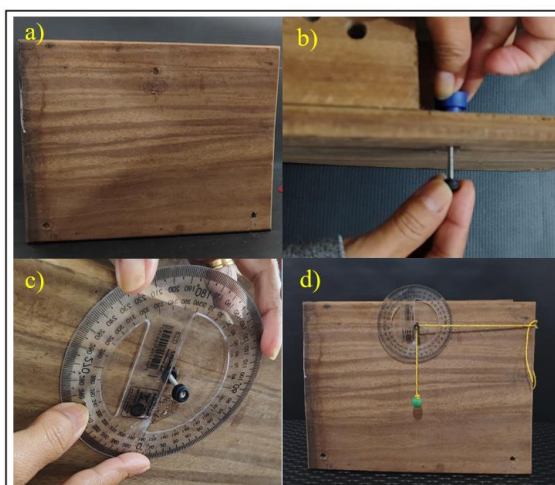
Figura 2 – Matérias para a criação do Pêndulo.



Fonte: Próprios Autores.

Para a montagem, a tábua (h) foi posicionada na vertical, aproveitando a perfuração já existente para a fixação do suporte (e). Sendo o suporte (e) fixado na sua parte superior. O barbante (a) foi amarrado ao suporte, e para controlar seu comprimento, usou-se a trena (d) para medir comprimentos de 5, 10, 20 e 30 cm. A massa (b) será presa ao barbante utilizando cola Teck Bond (g), e o transferidor (c) foi gerente para determinar o ângulo inicial. A montagem está ilustrada na Figura 3 (a-d).

Figura 3 – Montagem do Pêndulo Simples sendo (a) base do pêndulo, (b) Acoplamento do parafuso e das porcas, (c) Fixação do transferidor semicircular e (d) pêndulo pronto.



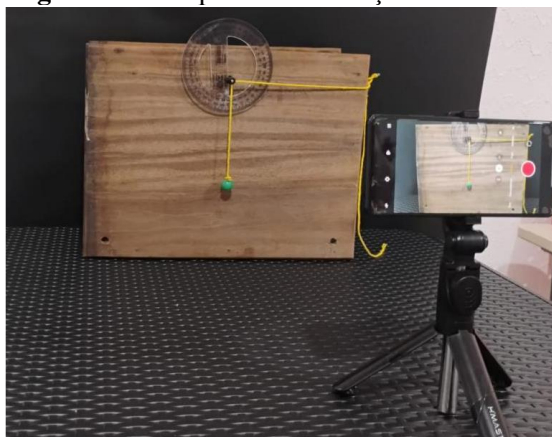
Fonte: Próprios Autores.

Aquisição de dados utilizando o Tracker

A utilização de softwares não é uma novidade, ferramentas como o Tracker ajudam na análise de fenômenos físicos reais, importando vídeos, acompanhando cada frame de vídeos e extraíndo dados como coordenadas, velocidades e aceleração de massas (Ferreira, Lisboa e Silva, 2025). Esse tipo de recurso ajuda a conectar a teoria com a prática, tornando conceitos complexos mais claros e acessíveis para os estudantes (Rodrigues, Dias & Domingues, 2025).

Esses softwares também expandem as possibilidades de experimentação, permitindo a realização de estudos que seriam inviáveis em um laboratório convencional e, consequentemente, promovem a autonomia dos estudantes na construção do próprio conhecimento. Na Figura 4, com o objetivo de coletar dados precisos sobre o movimento pendular, foram gravados vídeos detalhados do experimento. Esses vídeos foram, então, transferidos para o software de análise de movimento Tracker, permitindo uma investigação aprofundada das características cinemáticas da massa.

Figura 4 – Setup Para a Gravação dos Vídeos.



Fonte: Próprios Autores.

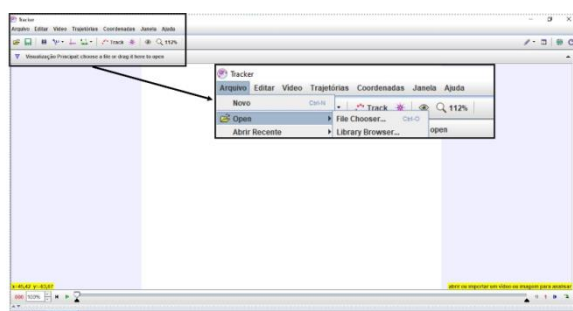
Cada um desses será identificado por um código específico, código esse que será composto pelo valor da distância inicial (D) em centímetros e em seguida do valor do ângulo de deslocamento inicial (D) em graus. Por exemplo, o código D10G05 indica uma distância inicial de 10 cm e um ângulo inicial de 5° .

Tratamento computacional dos dados no GNU Octave

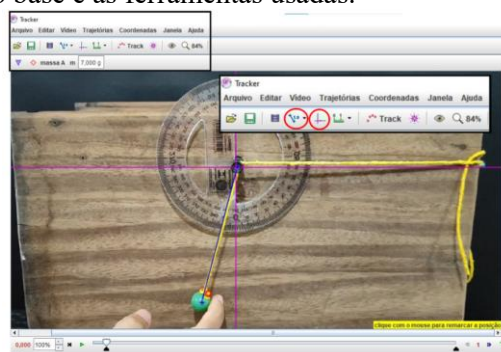
A Figura 5 (a) indica no Software Tracker como é feita a importação dos vídeos para a plataforma, usando a opção “Arquivo”, “Open” e indo em “File Choose” e possível procurar o arquivo de vídeo da experimentação. Figura 5 (b), na sequência do processo, duas ferramentas são empregadas com propósitos distintos. Uma delas é usada para definir a origem do eixo de

coordenadas (a), garantindo que todas as medições sejam feitas a partir de um referencial fixo. A outra, por sua vez, marca o ponto de partida do centro de massa do objeto (ponto 'b'), estabelecendo a posição inicial do movimento que será analisado.

Figura 5 – Importação do vídeo base e as ferramentas usadas.



(a) Importação dos Vídeos



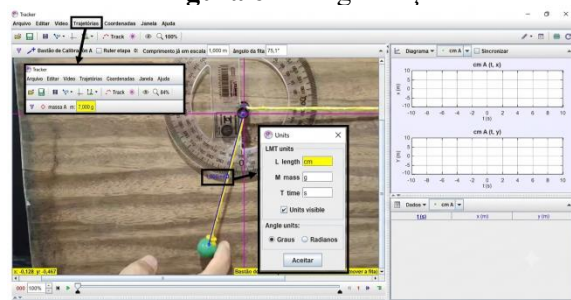
(b) Adição das Ferramentas de Centralização.

Fonte: Próprios Autores.

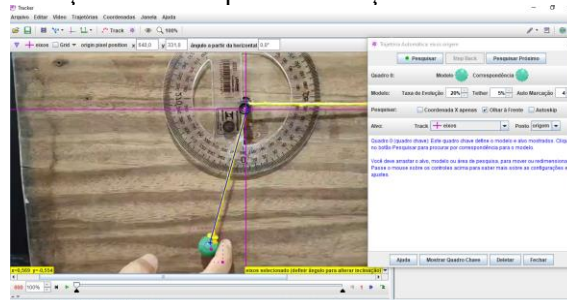
Por padrão a configuração inicial do Tracker conta com as unidades sendo Kg (quilograma) e m (metros), para garantir a precisão as unidades forma alteradas para g (grama) e cm (centímetro) respectivamente, na configuração “Units” ao apertar o botão direito do mouse, o peso da massa não irá variar permanecendo 7 gramas, já a distância será alterada a cada experimento, começando com 10 cm, ver Figura 6 (a).

Na Figura 6 (b), mostra o próximo passo que é determinar qual cor o Tracker irá seguir a trajetória, importante frisar que é recomendado alterar o fundo da imagem o máximo possível para evitar erros no rastreo das trajetórias, permitindo a obtenção dos dados de posição em função do tempo nas coordenadas X e Y.

Figura 6 – Programação do Tracker e inserção de dados para a obtenção de dados.



(a) Adição das Ferramentas de Centralização



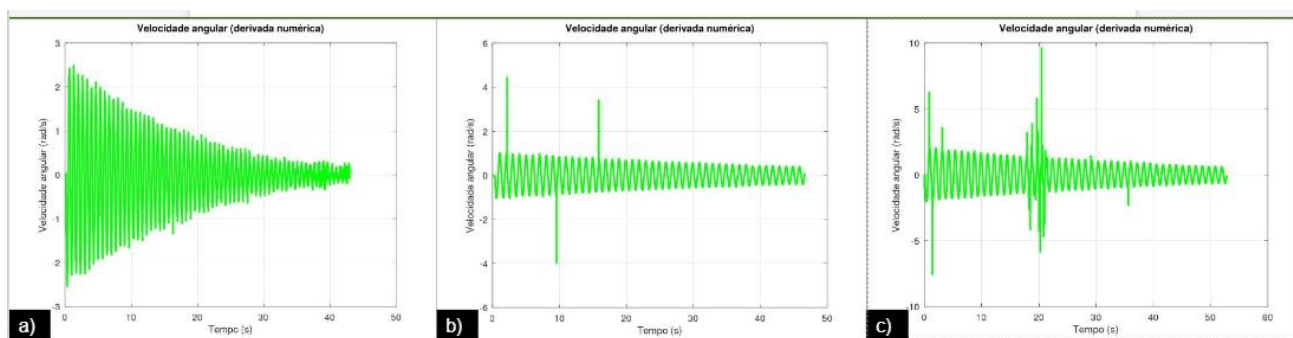
(b) Determinação da cor que irá determinar a trajetória.

Fonte: Próprios Autores.

Na Figura 7(a), observa-se o rastreamento da trajetória da massa realizado pelo software Tracker, permitindo a obtenção dos dados de posição em função do tempo nas coordenadas X e Y. Em seguida, os dados foram exportados em formato “.txt” para processamento no software Octave, conforme ilustrado na Figura 7(b).

entre os ângulos medidos experimentalmente e os valores obtidos por integração numérica da velocidade angular.

Figura 8 – Velocidade Angular dos experimentos para a) L10G10; b) L20G05; c) L30G20.



Fonte: Próprios Autores.

Observa-se que o sistema L10G10 apresentou menor dispersão dos erros ao longo do tempo, indicando maior estabilidade experimental e melhor concordância entre os resultados experimentais e numéricos. Já os sistemas L20G05 e L30G20 apresentaram oscilações mais intensas em determinados intervalos temporais, possivelmente associadas à propagação de erros numéricos e à influência de ruídos experimentais durante o processo de rastreamento e tratamento computacional dos dados. Do ponto de vista pedagógico, a análise dos erros mostrou-se particularmente importante para o desenvolvimento do pensamento científico dos estudantes, permitindo discutir conceitos relacionados à precisão experimental, propagação de erros, limitações instrumentais e confiabilidade dos modelos matemáticos. A integração entre experimentação de baixo custo, análise computacional e interpretação gráfica contribuiu significativamente para aproximar os estudantes das práticas contemporâneas da Física Experimental e Computacional, promovendo maior autonomia na análise de dados e compreensão dos fenômenos físicos estudados.

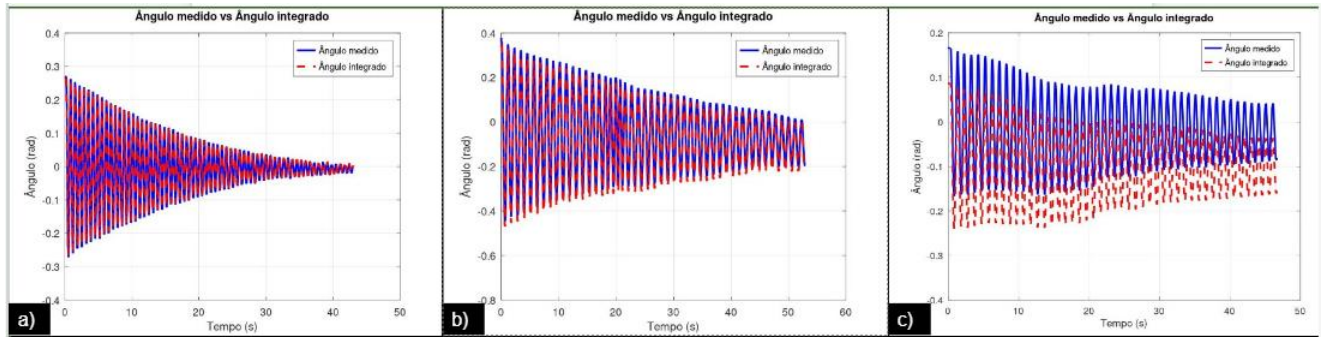
Na Figura 9 (a-c), observa-se a comparação entre o ângulo medido experimentalmente e o ângulo obtido por integração numérica da velocidade angular. O ângulo integrado foi calculado a partir da velocidade angular ($\omega(t)$) utilizando integração numérica conforme apresentado na Eq. (3):

$$\int_{\theta_0}^{\theta} d\theta = \int_0^t \omega(t) dt \Rightarrow \theta(t) = \theta_0 + \int_0^t \omega(t) dt \quad (3)$$

Os resultados mostraram boa concordância entre os dados experimentais obtidos no Tracker e os valores reconstruídos numericamente no GNU Octave. O sistema L10G10 apresentou maior proximidade entre as curvas experimental e numérica, indicando maior estabilidade dos dados obtidos. Já no sistema L20G05, observou-se maior divergência entre os

sinais, mesmo com menor amplitude inicial. Esse comportamento pode estar relacionado à maior influência dos ruídos experimentais e erros numéricos em sinais de menor intensidade, principalmente durante o cálculo da derivada numérica da velocidade angular. No sistema L30G20, embora tenham sido observadas pequenas diferenças entre as curvas, o comportamento oscilatório foi reproduzido de forma satisfatória.

Figura 9 – Diferença dos ângulos θ_{medido} e o $\theta_{\text{integrado}}$ em a) L10G10; b) L20G05; c) L30G20.

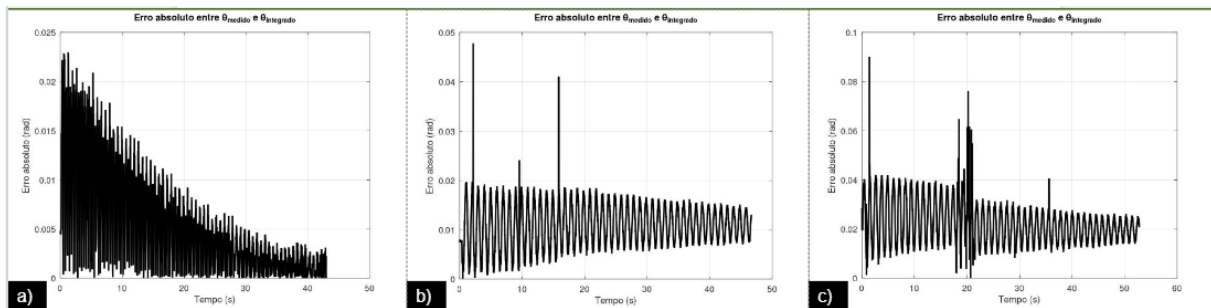


Fonte: Próprios Autores.

O erro absoluto apresentado na Figura 10 (a-c) foi calculado pela diferença entre os valores experimentais e os valores obtidos numericamente:

$$Erro_{abs} = \theta_{\text{medido}} - \theta_{\text{integrado}} \quad (4)$$

Figura 10 – Erro absoluto entre os ângulos medidos experimentalmente no Tracker e os ângulos obtidos por integração numérica no GNU Octave para os sistemas: (a) L10G10; (b) L20G05; (c) L30G20.



Fonte: Próprios Autores.

Os resultados mostraram baixos valores de erro durante grande parte da análise, indicando boa aproximação entre os dados experimentais e numéricos. O sistema L10G10 apresentou menor variação do erro absoluto, demonstrando maior estabilidade experimental. Já no caso L20G05, observou-se aumento do erro em determinados intervalos, possivelmente associado à propagação de erros numéricos e à influência de ruídos experimentais durante os processos de derivação e integração. No sistema L30G20, embora tenham ocorrido oscilações

pontuais no erro absoluto, o comportamento geral do movimento foi representado adequadamente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o experimento do pêndulo simples associado ao uso dos softwares livres Tracker e GNU Octave constituiu uma importante ferramenta didática para o ensino de conceitos relacionados ao Movimento Harmônico Simples (MHS), oscilação, periodicidade e análise experimental em Física. A proposta desenvolvida no contexto da disciplina de Física Computacional possibilitou que os estudantes participassem ativamente de diferentes etapas do processo científico, incluindo montagem experimental, aquisição de dados, análise gráfica, tratamento numérico e interpretação dos resultados. Esse processo contribuiu para o desenvolvimento de habilidades relacionadas ao pensamento computacional, análise crítica de dados experimentais e compreensão das limitações presentes em sistemas físicos reais.

Além disso, a utilização de materiais de baixo custo e softwares gratuitos demonstrou que é possível desenvolver atividades experimentais e computacionais de qualidade mesmo em ambientes com infraestrutura limitada, ampliando as possibilidades pedagógicas para o ensino de Física em diferentes níveis educacionais. Por fim, os resultados obtidos evidenciam o potencial da integração entre experimentação e Física Computacional como estratégia didática para promover uma aprendizagem mais ativa, investigativa e contextualizada, aproximando os estudantes das práticas contemporâneas da pesquisa científica. Sugere-se, em trabalhos futuros, o aprimoramento estrutural do aparato experimental e a ampliação das análises computacionais, visando fortalecer ainda mais sua aplicação como ferramenta educacional no ensino de Física.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, M. M. de. Experimento de baixo custo para medição da dissipação da energia em um pêndulo. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 43, 2021.
- ARNOLD, F. J. et al. Estudo do amortecimento do pêndulo simples: uma proposta para aplicação em laboratório de ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, p. 4311–4311, 2011.
- BARROS, L. S. et al. Oscilador harmônico simples, série e transformada de Fourier e operador de Sturm-Liouville – uma breve discussão. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, e20230046, 2023.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018.
- FERREIRA, P. C.; LISBOA, R.; SILVA, S. D. T. Teaching physics with Michael Jackson's Moonwalk: a kinematic exploration for the classroom. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 47, e20240319, 2025.

LIMA, L. J. B.; PUCINELLI, R. H.; OLIVEIRA, E. A. G. Atividades experimentais no ensino de Física: uma análise em diferentes dimensões. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 37, n. 1, p. 53–66, 2025.

LUCHESE, T. C.; SCHNEIDER, M. N. Dinâmica de pêndulo físico com ímã na presença de uma bobina. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020.

LUCHESE, T. C.; MERGEN, A.; ANDRIGHETTO, R. O pêndulo simples como mediador de conceitos e métodos no ensino de Física The simple pendulum mediating concepts and methods in teaching of Physics. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 4891-4908, 2020.

PASTANA, C. O.; NEIDE, I. G. A integração do ensino de funções trigonométricas e movimento harmônico simples por meio do software Modellus. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 1, 2017.

POOK, L. P. Introdução. In: **Compreendendo Pêndulos. História do Mecanicismo e da Ciência das Máquinas**, v. 12. Dordrecht: Springer, 2011.

PRATES, J. H. S. et al. Ensino de física mediado pelo Machine Learning: o caso do pêndulo simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 45, e20230207, 2023.

RODRIGUES, E. I. B.; DIAS, M. L. S.; DOMINGUES, R. O. Análise numérica e visualização de osciladores via Python. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 47, 2025.

ROSSINI, M. R. et al. Análise gravimétrica por meio de smartphones e aprimoramentos nas equações do experimento do pêndulo simples como subterfúgio para o ensino de Física Clássica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 46, e20230327, 2024.

SILVA, Á. P. da. Ludicidade e o ensino de Física: relato de experiência a partir de experimentos de baixo custo. **A Física na Escola**, v. 22, e230137, 2024.

SOUZA, F. M. L. de; CARDOSO, S. C. Aceleração da gravidade: análise de experimentos didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 42, 2020.

STOFFES JUNIOR, M. J.; ALEIXO, G. S.; STEIN, C. R. Proposta de atividade experimental para o ensino de oscilações amortecidas com o uso do sensor de campo magnético do smartphone. **A Física na Escola**, v. 22, n. 1, p. 230101, 2024.

STUCHI, A. M. et al. Proposta de bobina de Tesla de baixo custo para utilização em exposições científicas e demonstrações em sala de aula. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 33, n. 1, p. 147–157, 2021.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física I: mecânica**. 14. ed. São Paulo: Pearson Education, 2016.

CAPÍTULO 11 - CIÊNCIA NA ILHA 2024: EXPLORANDO O SISTEMA SOLAR POR MEIO DE UMA OFICINA PEDAGÓGICA NO 5º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Marcelino Gabriel Alves de Sousa¹, Flávia Gabrielli Ramos Almeida², Matheus Giovanny da Costa Paiva³, Shirsley Joany dos Santos da Silva⁴, Alessandra Nascimento Braga⁵, Carlos Alberto Brito da Silva Júnior⁶

¹ marcelino.sousa@ananindeua.ufpa.br. Licenciando em Física, Faculdade de Física, Campus Ananindeua, UFPA

² flavia.almeida@ananindeua.ufpa.br. Licencianda em Física, Faculdade de Física, Campus Ananindeua, UFPA

³ matheus.paiva@ananindeua.ufpa.br. Licenciando em Física, Faculdade de Física, Campus Ananindeua, UFPA

⁴ shirsley@ufpa.br. Doutora em Física, Faculdade de Física, Campus Ananindeua, UFPA

⁵ alessandrabg@ufpa.br. Doutora em Física, Faculdade de Física, Campus Ananindeua, UFPA

⁶ cabsjr@ufpa.br. Doutor em Engenharia Elétrica, Faculdade de Física, Campus Ananindeua, UFPA

RESUMO

Este trabalho está vinculado ao projeto de extensão “*Inclusão e Divulgação Científica no Ensino de Astronomia*” aprovado no Edital PROEX No. 04/2024 - Programa Eixo Transversal. Ele apresenta uma experiência didática desenvolvida na forma de oficina pedagógica no contexto do evento “*Ciência na Ilha 2024*”, realizado na Escola Donatila Lopes, no município de Mosqueiro (PA), com alunos do 5º ano do Ensino Fundamental. A oficina teve como foco a exploração do Sistema Solar por meio de atividades didáticas envolvendo: (i) material impresso em escala de tamanho (ou volume) dos planetas e uma bexiga amarela de tamanho grande para representar o Sol; (ii) o simulador *Solar System Scope* e (iii) cartazes ilustrativos representando os planetas e o Sol. Os conteúdos abordados contemplaram aspectos relacionados à dimensão, composição, estrutura, rotação, translação e atração gravitacional dos corpos celestes. Esses conteúdos foram confrontados com as concepções alternativas dos alunos. A metodologia adotada fundamentou-se em abordagens investigativas e participativas, promovendo o protagonismo discente na construção do conhecimento. Os resultados evidenciaram que o uso de atividades experimentais lúdicas, simulações e práticas investigativas em espaços não formais de ensino contribui significativamente para o engajamento dos discentes, tornando a aprendizagem mais dinâmico, acessível e significativa, além de favorecer a visualização e compreensão dos fenômenos astronômicos. Ademais, tais práticas estimulam a curiosidade científica, a criatividade e a compreensão de conceitos fundamentais de Astronomia no ensino de Ciências na educação básica.

Palavras-chaves: Oficina Pedagógica; Ensino de Ciências; Astronomia; Sistema Solar.

ABSTRACT

This work is linked to the extension project “*Inclusion and Scientific Dissemination in Astronomy Education*”, approved under PROEX Call Notice No. 03/2025 – Cross-Cutting Axis Program. It presents a didactic experience developed in the form of a pedagogical workshop within the context of the “*Science on the Island 2024*” event, held at Donatila Lopes School, in the municipality of Mosqueiro, Pará, Brazil, with 5th-grade elementary school students. The workshop focused on the exploration of the Solar System through didactic activities involving: (i) printed material scaled to represent the size (or volume) of the planets and a large yellow balloon representing the Sun; (ii) *Solar System Scope* simulator; and (iii) illustrative posters representing the planets and the Sun. The contents addressed included aspects related to the size, composition, structure, rotation, revolution, and gravitational attraction of celestial bodies. These contents were compared with the students’ alternative conceptions. The adopted methodology was based on investigative and participatory approaches, promoting students’ active role in the construction of knowledge. The results showed that the use of playful experimental activities, simulations, and investigative practices in non-formal educational spaces significantly contributes to student engagement, making learning more dynamic, accessible, and meaningful, while also fostering the visualization and understanding of astronomical phenomena. Furthermore, such practices stimulate scientific

curiosity, creativity, and the understanding of fundamental Astronomy concepts in Science teaching at the basic education level.

Keywords: Pedagogical Workshop; Science Teaching; Astronomy; Solar System.

INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências no Ensino Fundamental (EF) constitui um dos pilares para a formação do pensamento científico, sendo nesse estágio que os estudantes iniciam o desenvolvimento de competências essenciais, como a observação sistemática, a formulação de hipóteses, a argumentação e a interpretação de fenômenos naturais. Nesse sentido, a inserção de conteúdos de Física desde os anos iniciais apresenta-se como uma estratégia relevante para ampliar a compreensão dos alunos sobre o funcionamento do mundo, ainda que esses conteúdos, muitas vezes, sejam considerados abstratos ou de difícil assimilação. Tal desafio exige a adoção de metodologias que superem o ensino tradicional, centrado na transmissão de conteúdos, e avancem em direção a práticas pedagógicas que valorizem a participação ativa dos estudantes. O uso de experimentos e recursos digitais no ensino de Astronomia amplia as possibilidades de aprendizagem e torna o conteúdo mais acessível aos alunos (Ferreira & Furtado, 2022).

Nas últimas décadas, pesquisas no Brasil têm evidenciado dificuldades no ensino de Astronomia, destacando-se erros conceituais em livros didáticos, frequentemente utilizados como principal fonte de consulta pelos professores da Educação Básica (Langhi, 2004; Langhi & Nardi, 2007). As **concepções alternativas** ou espontâneas correspondem aos conhecimentos prévios e às explicações intuitivas que os estudantes elaboram sobre o mundo, construídas a partir de suas vivências e observações cotidianas. Frequentemente, tais ideias divergem dos conceitos científicos formais, podendo atuar como obstáculos à aprendizagem de novos conhecimentos. Essas concepções podem ter origem em:

- (1) **conhecimentos prévios**, relacionados a tentativas lógicas, porém simplificadas, de explicar fenômenos naturais observáveis do cotidiano;
- (2) **concepções errôneas, decorrentes de informações imprecisas** assimiladas por meio do senso comum ou de explicações inadequadas;
- (3) **erros conceituais, originadas** durante o processo formal de ensino e aprendizagem.

Nesse contexto, cabe ao educador favorecer processos de **mudança conceitual, não necessariamente eliminando as ideias prévias dos estudantes**, mas promovendo a construção de um "perfil conceitual", no qual o estudante seja capaz de compreender em quais contextos aplicar o conhecimento científico e em quais situações mobilizar explicações cotidianas (Leão & Khalhil, 2015).

A utilização de metodologias alternativas tem gerado resultados positivos no processo de ensino e aprendizagem. Nesse contexto, o ensino de Astronomia, com enfoque no conteúdo Sistema Solar, demanda estratégias pedagógicas capazes de despertar o interesse dos estudantes.

Canalle e Oliveira (1994), propõe um modelo didático em escala para corrigir a representação errônea dos tamanhos dos planetas e do Sol em materiais didáticos. Sugestão de problematização: Como calcular os tamanhos dos planetas se representarmos o Sol por uma esfera de 80 cm de diâmetro? Esse material impresso é usado nas oficinas de Astronomia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ e da Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), disponível em <http://www.telescopiosnaescola.pro.br/oficina.pdf> e <https://sistema.oba.org.br/site/?p=conteudo&idcat=11&pag=conteudo&m=s>, que contam com instruções detalhadas para estudantes do EF e Ensino Médio (EM).

A integração das Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs) ao planejamento docente, por meio de recursos como o aplicativo móvel *Stars and Planets*, pode facilitar o processo de ensino e aprendizagem dos estudantes no âmbito dos conteúdos de Astronomia (Rodrigues, 2017; Louzada, Kieling & Lima, 2025).

Nesse contexto, os simuladores de sistema solar são ferramentas digitais incríveis para aprender ou ensinar Astronomia. Eles permitem visualizar órbitas, planetas, satélites, asteroides, entre outros astros, e o céu noturno em uma perspectiva que abrange passado, presente e futuro.

Alcântara e Valadão (2025), utilizaram o simulador “*Eyes on the Solar System*”, desenvolvido pela NASA, como recurso tecnológico para o estudo do Sistema Solar em 3D, disponível em <https://eyes.nasa.gov/apps/solar-system/#/home>.

Um dos melhores programas interativos é o Solar System Scope. Assim, nosso trabalho, utilizou o simulador “*Solar System Scope*”, como recurso tecnológico para estudar o Sistema Solar em 3D, ver em <https://www.solarsystemscope.com/>.

Já Reis, Jaguszevski & Freitas (2020) utilizaram desenhos como instrumento de avaliação de conhecimentos de ciências, promovendo uma melhoria significativa na compreensão dos conteúdos abordados nas aulas, tendo como tema, o sistema solar.

Felicetti, Luft e Ohse (2017) realizaram uma oficina didática na área de Astronomia com estudantes do 8º e 9º ano do EF, em preparação para a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), abordando conceitos relacionados ao lixo espacial, telescópios, foguetes, fases da Lua, rotação, translação, revolução e satélites. Para isso, utilizaram atividades experimentais, vídeos, imagens e discussões como recursos metodológicos facilitadores do processo de aprendizagem, cujos resultados foram evidenciados pelas respostas obtidas em pré-

e pós-testes. Assim, os autores destacaram a importância da utilização de oficinas didáticas no ensino de Astronomia para promover a assimilação conceitual entre estudantes dos anos finais do EF.

Em Belém, a principal referência para oficinas e observação astronômica é o **Centro de Ciências e Planetário do Pará (CCPPA)**, vinculado à **Universidade do Estado do Pará (UEPA)** e localizado na Rodovia Augusto Montenegro, km 03. O espaço oferece sessões imersivas na cúpula, oficinas educativas, além de eventos de observação do céu noturno com telescópios realizados de terça-feira a sábado, consultas no site <https://planetario.uepa.br/>.

Outros espaços são:

- (1) O Núcleo de Astronomia da Universidade Federal do Pará (NASTRO/UFPA) dedica-se à disseminação do conhecimento em Astronomia e Astronáutica para o público em geral, promovendo atividades, como seminários e observações astronômicas nas Quartas Astronômicas, aulas preparatórias para a prova da OBA, demonstrações de conceitos científicos com equipamentos industrializados e de baixo custo, além de oficinas realizadas em feiras de ciências organizadas por escolas, universidades e faculdades (Caldas, França & Crispino, 2017), ver site <https://nastro.ufpa.br/>.
- (2) Na atualidade, as Quartas Astronômicas da Faculdade de Física do Campus Ananindeua (FACFIS-CANAN) da UFPA, que promove várias atividades de Astronomia, ver instagram <https://www.instagram.com/quastufpa/>.

Um evento organizado pela equipe de docentes e colaboradores do Clube de Ciências da UFPA, em parceria com grupos e projetos de divulgação científica da UFPA e de outras instituições, é denominado *Ciência na Ilha*. O evento tem como objetivo contribuir para a produção e socialização do conhecimento científico em comunidades ribeirinhas da região insular da capital paraense. Sua proposta consiste em promover um intercâmbio de saberes entre pesquisadores e moradores das comunidades localizadas nas diversas ilhas que compõem o município de Belém e suas imediações, discutindo e apresentando, sobretudo, resultados de pesquisas e conhecimentos relacionados às especificidades socioambientais dessas comunidades (Brabo, Ferreira Neto e Santos, 2023).

Diante desse cenário, o presente capítulo está vinculado ao projeto de extensão “*Inclusão e Divulgação Científica no Ensino de Astronomia*” aprovado no Edital PROEX No. 04/2024 - Programa Eixo Transversal. O estudo apresenta uma experiência didática desenvolvida na forma de oficina pedagógica no ensino de Astronomia intitulada “*OF03T - Uso do software solar system e experimentos para o estudo dos planetas e estrelas*”, voltada à exploração do Sistema Solar por meio de material impresso, simulação digital e atividade lúdica com aplicação interativa, destinadas

aos alunos do 5º ano do EF, ver a programação em: <https://ciencianailha.wordpress.com/2024/11/09/programacao-ciencia-na-ilha-2024/>.

MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia adotada consistiu na realização de uma oficina pedagógica de caráter investigativo, participativo e lúdico, desenvolvida em contexto escolar, com o objetivo de promover a aprendizagem de conteúdos de Astronomia com foco na exploração do Sistema Solar por meio de atividades práticas, recursos didáticos e interação entre os participantes.

A oficina foi realizada na Escola Donatila Lopes, no município de Mosqueiro (PA), durante o evento “*Ciência na Ilha 2024*”, envolvendo alunos do 5º ano do EF.

A oficina foi organizada em etapas: (i) levantamento dos conhecimentos prévios e das concepções alternativas dos estudantes sobre o Sistema Solar; (ii) apresentação dialogada dos conteúdos relacionados às características dos planetas, rotação, translação e gravitação; (iii) realização de atividades lúdicas e interativas com materiais concretos; (iv) exploração do simulador digital para visualização dos corpos celestes e eventos astronômicos; e (v) discussão coletiva para sistematização dos conhecimentos construídos.

A avaliação ocorreu de forma qualitativa, por meio da observação da participação dos estudantes, das interações durante as atividades e das discussões realizadas ao longo da oficina, considerando indícios de compreensão dos conceitos trabalhados.

(i) Para o desenvolvimento da oficina com foco na exploração do Sistema Solar utilizou-se atividades didáticas por meio da: (i) Comparação entre os tamanhos dos planetas e do sol com material impresso em escala de tamanho (ou volume) dos planetas e uma bexiga amarela de tamanho grande para representar o Sol; (ii) Compreendendo as proporções e distâncias no Sistema Solar com o simulador “*Solar System Scope*”, empregado para favorecer a visualização 3D dos corpos celestes; e (iii) Representação do Sistema Solar por meio de cartazes ilustrativos.

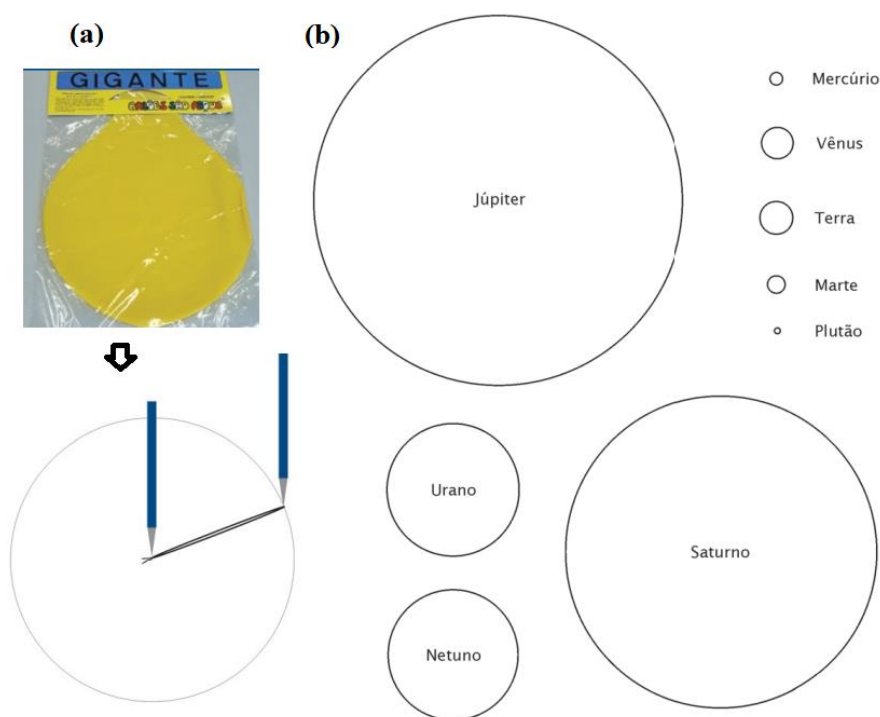
(i) Comparação entre os tamanhos dos planetas e do sol:

Os livros didáticos costumam apresentar o Sistema Solar por meio de figuras esquemáticas sem escala, mas frequentemente não deixam isso explícito no texto. Isso pode levar os alunos a imaginar que o Sol e os planetas possuem tamanhos proporcionais aos desenhos. Embora os planetas maiores sejam representados por figuras maiores e os menores por menores, não há preocupação com proporções reais, chegando a ocorrer representações equivocadas, como o diâmetro do Sol semelhante ao de Júpiter.

Sugestão de problematização: Como é possível dar uma visão concreta do tamanho dos planetas e do Sol aos alunos da pré-escola, do EF e EM sem recorrer aos números ?

Como procedimento experimental, seguimos as instruções de Canalle & Oliveira (1994), para permitir uma visão concreta em escala do tamanho dos planetas e do Sol, faz-se o diâmetro: $D_{\text{escala}} = (D_{\text{astro}}/D_{\text{Sol}}) \times 800$. Assim, representaremos o Sol por um balão amarelo de aniversário, tamanho gigante, ver Figura 1(a), esfera ou disco de 80,0 cm de diâmetro (= 1.390.000 km) e, conseqüentemente, os planetas serão representados, na mesma proporção, por esferas ou discos com os seguintes diâmetros: Mercúrio (2,9 mm = 4.879,4 km), Vênus (7,0 mm = 12.103,6 km), Terra (7,3 mm = 12.756,28 km), Marte (3,9 mm = 6.794,4 km), Júpiter (82,1 mm = 142.984 km), Saturno (69,0 mm = 120.536 km), Urano (29,2 mm = 51.118 km), Netuno (27,9 mm = 49.492 km) e Plutão – o planeta anão (1,3 mm = 2.320 km), ver Figura 1(b). Melhor do que mostrar os discos dos planetas e do Sol é comparar os seus volumes. Portanto, essas esferas podem ser pintadas e feitas de papel amassado (bola) envolvido por durepoxi, durepoxi ou argila.

Figura 1 - (a) Sol e (b) Planetas em escala de tamanho, em forma de disco (2D).



Fonte: Canalle & Oliveira (1994).

Ao encher a bexiga amarela no tamanho certo, usando um pedaço de barbante de comprimento (C) igual a 2,51 m , com as pontas amarradas, pois $C = 3,14 D$, sendo $D = 80$ cm (o diâmetro que a bexiga deve ter). À medida que a bexiga vai sendo enchida com aspirador

de pó, colocam-se o barbante no seu equador até que o barbante circunde perfeitamente a bexiga. Na impossibilidade de se fazer esta atividade com o balão, ela seja feita só com discos. Emenda-se duas cartolinas amarelas e recorta-se um disco com 80 cm de diâmetro. Recorta-se e pinta-se também discos de papel com os diâmetros dos planetas e pronto: temos o SISTEMA SOLAR nas mãos para comparações, o que é melhor que tabelas com números e figuras desproporcionais (Canalle & Oliveira, 1994).

(ii) Compreendendo as proporções e distâncias no Sistema Solar com o simulador “*Solar System Scope*”

O *Solar System Scope* é um simulador interativo do Sistema Solar e do céu noturno, amplamente utilizado no ensino de Astronomia. Ele permite visualizar o Sistema Solar em 3D, simular posições, movimentos e órbitas dos planetas ao longo do tempo, alterar escalas (tamanhos) e perspectivas, além de explorar informações astronômicas sobre planetas, o Sol, a Lua e outros corpos celestes. O simulador também possibilita a observação do céu noturno e das constelações. Seus cálculos orbitais são baseados em dados da NASA.

A atividade tem como objetivo investigar as características do Sistema Solar, comparando tamanhos, distâncias e movimentos dos planetas por meio do simulador *Solar System Scope*, identificando diferenças entre representações esquemáticas presentes em livros didáticos e modelos mais próximos da realidade.

Os **materiais usados são** computador, tablet ou celular com acesso à internet; projetor multimídia (opcional); caderno ou ficha de observação; e simulador *Solar System Scope*.

O procedimento experimental:

1. Acessar o simulador *Solar System Scope* e selecionar a visualização do Sistema Solar.
2. Observar a representação inicial do Sol e dos planetas, registrando impressões sobre tamanhos aparentes e distâncias.
3. Selecionar cada planeta e registrar informações como: tamanho relativo; distância aproximada ao Sol; tempo de translação; presença de satélites naturais.
4. Comparar visualmente os planetas rochosos (Mercúrio, Vênus, Terra e Marte) com os gigantes gasosos (Júpiter, Saturno, Urano e Netuno), anotando diferenças.
5. Manipular a visualização (zoom, rotação e perspectiva) para investigar como as escalas influenciam a percepção das distâncias e dos tamanhos dos corpos celestes.
6. Alterar a linha temporal do simulador para observar o movimento orbital dos planetas e comparar a velocidade de translação entre eles.
7. Registrar observações em uma tabela contendo: planeta, tamanho aparente, posição orbital, tempo de translação e curiosidades observadas.

8. Discutir os resultados, respondendo questões como: (a) Os tamanhos dos planetas são proporcionais aos apresentados nos livros didáticos? ; (b) Por que as representações do Sistema Solar geralmente não estão em escala? ; (c) Como o simulador contribui para a compreensão do tema?

Como resultados esperados, temos que os estudantes compreendam que representações do Sistema Solar frequentemente não estão em escala, reconhecendo diferenças significativas entre tamanhos e distâncias dos planetas, além de desenvolver melhor percepção espacial e compreensão dos movimentos planetários.

(iii) Representação do Sistema Solar por meio de cartazes ilustrativos

Essa atividade tem como objetivo compreender as diferenças de tamanho e organização dos corpos do Sistema Solar, utilizando cartazes ilustrativos do Sol e dos planetas para discutir proporcionalidade, localização e representação espacial.

Os **materiais utilizados são** cartazes ilustrativos do Sol e dos planetas; fita adesiva, barbante ou suporte para fixação; régua ou fita métrica; cartolina, papel cartão ou impressões (opcional); e ficha de registro ou caderno para anotações.

O procedimento experimental:

1. Organizar os cartazes do Sol e dos planetas em um espaço amplo da sala, pátio, quadra ou corredor.
2. Solicitar aos estudantes que observem os cartazes e identifiquem os corpos celestes representados.
3. Pedir aos participantes que organizem os planetas em sequência, do mais próximo ao mais distante do Sol.
4. Promover a comparação visual dos tamanhos aparentes dos planetas, questionando quais são maiores, menores e quais apresentam características semelhantes.
5. Discutir com os estudantes se os tamanhos e distâncias representados nos cartazes correspondem à realidade, problematizando a questão da escala no Sistema Solar.
6. Utilizar régua, barbante ou marcações no espaço para representar, de maneira simplificada, as distâncias relativas entre os planetas, destacando as dificuldades de reproduzir o Sistema Solar em escala real.
7. Incentivar os estudantes a registrarem observações sobre: diferenças entre planetas rochosos e gigantes gasosos; proporção entre o Sol e os planetas; e limitações das representações ilustrativas.

8. Realizar uma discussão final, estimulando reflexões sobre como imagens de livros didáticos, cartazes e simuladores podem influenciar a compreensão do Sistema Solar.

Como resultados, temos que os estudantes compreendam que representações ilustrativas do Sistema Solar nem sempre respeitam escalas reais, reconhecendo diferenças significativas de tamanho, distância e organização entre os corpos celestes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos a partir das atividades desenvolvidas com alunos do 5º ano do EF no “*Ciência na Ilha 2024*” evidenciam avanços significativos na compreensão dos conceitos relacionados ao Sistema Solar, especialmente no que se refere à noção de proporção entre os planetas e à compreensão de seus movimentos.

De modo geral, os resultados indicam que a combinação entre atividades práticas, recursos visuais e ferramentas digitais favorece a construção do conhecimento de forma significativa, promovendo uma aprendizagem mais ativa, participativa e contextualizada.

A Figura 2 (A-C) ilustra o desenvolvimento da atividade relacionada à atividade (i) comparação em escala entre os tamanhos (ou volumes) dos planetas, inspirado na proposta de Canalle e Oliveira (1994), ver Figura 1 (b). A prática foi realizada com o uso de folhas A4 impressas contendo círculos em escala, os quais serviram como referência para a construção de modelos físicos utilizando papel amassado.

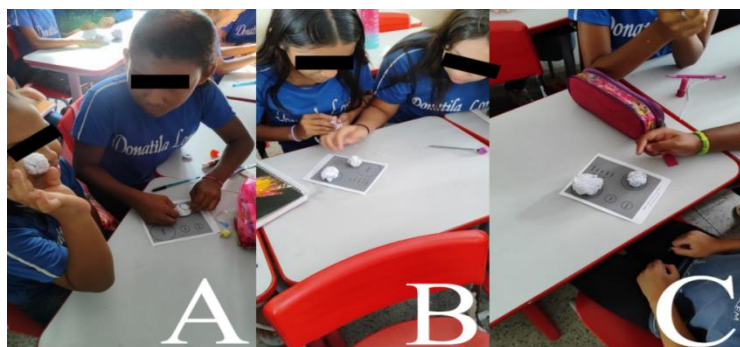
Na Figura 2 (A), observa-se o momento inicial da atividade, em que os estudantes iniciam a modelagem exploratória das esferas com papel amassado e representações em escala. Nesse estágio, foram identificadas dificuldades na compreensão das diferenças de tamanho entre os planetas, evidenciadas por construções desproporcionais, revelando uma percepção inicial limitada sobre a dimensão relativa dos corpos celestes e o conceito de escala.

Na Figura 2 (B), observa-se um avanço no processo de modelagem, com os estudantes utilizando os círculos impressos como referência para ajustar o tamanho das esferas produzidas. Por meio de comparações, tentativas e refinamentos sucessivos, os alunos desenvolveram a noção de proporcionalidade, produzindo modelos mais próximos das dimensões esperadas. Além disso, o envolvimento ativo evidenciou elevado engajamento, favorecido pelo caráter lúdico da atividade.

Na Figura 2 (C), observa-se que os modelos construídos apresentam maior aproximação com os tamanhos esperados, indicando um avanço na compreensão do conceito trabalhado. Nesse momento, os estudantes demonstram maior domínio da atividade, sendo capazes de ajustar suas produções de forma mais precisa, com menor necessidade de correção.

De modo geral, a atividade evidenciou uma aprendizagem ativa, progressiva e investigativa, na qual representações em 2D e materiais simples favoreceram a compreensão de conceitos abstratos da Astronomia, como escala e proporção, além de subsidiar a construção de modelos 3D.

Figura 2 - (A) Etapa inicial de exploração e construção das primeiras representações da atividade de modelagem em escala dos planetas; (B) Processo de comparação entre os modelos construídos e os círculos de referência; (C) Ajuste final das proporções, evidenciando a aproximação dos estudantes às dimensões esperadas.



Fonte: Dos próprios autores.

A Figura 3 apresenta o uso do (ii) simulador *Solar System Scope* como recurso didático para a compreensão de proporções e distâncias do Sistema Solar de forma interativa e visual. Por meio da exploração digital dos planetas, os estudantes observaram características, movimentos e diferenças entre os corpos celestes, favorecendo a compreensão inicial sobre rotação, translação e posições relativas ao Sol. A integração entre a simulação digital e atividades práticas com modelos físicos contribuiu para tornar a aprendizagem mais significativa, dinâmica e acessível, estimulando a participação ativa e a compreensão de conceitos astronômicos nos anos iniciais do EF.

Figura 3 - Demonstração dos planetas em 3D e suas órbitas com o simulador *Solar System Scope*.



Fonte : <https://www.solarsystemscope.com>

A Figura 4 apresenta uma atividade prática realizada na quadra da escola, na qual estudantes do 5º ano utilizaram (iii) cartazes representando os planetas do Sistema Solar para simular seus movimentos ao redor do Sol. A atividade favoreceu o envolvimento dos alunos, a identificação visual dos corpos celestes e a compreensão de que os planetas estão em constante movimento, ocupando diferentes posições em relação ao Sol.

Figura 4 - Atividade realizada na quadra com os alunos do 5º ano do EF.



Fonte : Os Autores.

A integração entre a simulação digital e as demais atividades favoreceu a compreensão de que os planetas possuem diferentes dimensões, posições e movimentos em relação ao Sol, permitindo aos estudantes expressarem essas ideias com maior clareza e desenvolverem habilidades cognitivas, como raciocínio lógico, percepção espacial e análise. Além disso, estratégias lúdicas e investigativas contribuíram para maior engajamento e para uma aprendizagem mais dinâmica e significativa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No contexto do evento *Ciência na Ilha 2024*, realizado em espaço não formal de ensino, o presente trabalho evidenciou que o ensino do Sistema Solar na Educação Básica pode ser potencializado pela integração de metodologias ativas, materiais de baixo custo e tecnologias digitais, favorecendo uma aprendizagem mais dinâmica, investigativa e significativa. As atividades práticas desenvolvidas durante a oficina, associadas à utilização do aplicativo *Solar System Scope*, contribuíram para a compreensão de conceitos astronômicos, estimulando o engajamento, a curiosidade e o desenvolvimento de habilidades cognitivas dos estudantes. Além disso, a representação do Sistema Solar em escala mostrou-se eficaz na ampliação da compreensão das dimensões, distâncias e movimentos dos corpos celestes, superando limitações de representações esquemáticas frequentemente presentes em materiais didáticos.

A habilidade EF05CI13 da BNCC, prevista para o 5º ano do EF, está relacionada ao estudo de instrumentos ópticos, inseridos na unidade temática “Terra e Universo”, no componente curricular de Ciências. Essa habilidade dialoga com atividades práticas de Astronomia, como a construção de lunetas, a observação do céu e o uso de simuladores, favorecendo a compreensão do Sistema Solar e promovendo reflexões sobre a função social, científica e tecnológica desses dispositivos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcântara, J. S. & Valadão, E. M. O sistema solar em perspectiva: uma proposta didática com o simulador “Eyes on the Solar System”. XII Congresso Internacional das Licenciaturas - COINTER, 2025. Disponível em: <https://smart.institutoidv.org/2025/pdvl/uploads/944.pdf>.
- Brabo, J. C., Ferreira Neto, J. A., & Santos, J. K. R. CIÊNCIA NA ILHA: Educação e divulgação científica em comunidades ribeirinhas da Amazônia paraense. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, v. 9, n. 29, p. 306-318, 2023.
- Caldas, J.; França, R. R.; Crispino, L. C. B. Astronomy Communication and Popularization in the Brazilian Amazonia: The Astronomy Nucleus of the Federal University of Pará. **Rev. Bras. de Ens. de Fís. (online)**, v. 39, p. e4201-01-e4201-09, 2017.
- Canalle, J. B. G.; Oliveira, I. A. G. Comparação entre os tamanhos dos planetas e do Sol. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 11, n. 2, p. 141-144, 1994.
- Felicetti, S. A.; Isabel, I. C. M. L.; Ohse, M. L. Aprendizagem de conceitos de astronomia no ensino fundamental: uma oficina didática em preparação para a OBA. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias: Góndola, Ens Aprend Cienc**, v. 12, n. 2, p. 32-49, 2017.
- Langhi, R. Um estudo exploratório para a inserção da Astronomia na formação de professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. 2004. **Dissertação** (Mestrado em Educação para a Ciência) - Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista, Bauru.
- Langhi, R.; Nardi, R. . Ensino de Astronomia: erros conceituais mais comuns presentes em livros didáticos de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, p. 87-111, 2007.
- Leão, N. M. M.; Kalhil, J. B. Concepções alternativas e os conceitos científicos: uma contribuição para o ensino de ciências. **Lat. Am. J. Phys. Educ.**, v. 9, n. 4, p. 4601, 2015.

Louzada, B. de A.; Kieling, K. M. C.; Lima, E. F. Astronomia no ensino fundamental: uma sequência didática prática utilizando TDIC como ferramenta ilustrativa e integradora, **VIDYA**, v. 45, n. 1, p. 17-34, 2025.

Reis, M. C. O.; Jaguszevski, L.; Freitas, L. The use of drawings as an evaluation instrument for science knowledge: the solar system. **Res. Soc. Dev.**, v. 9, n. 9, p. e11996311, 2020.

Rodrigues, A. Narrativas digitais, autoria e currículo na formação de professores mediada pelas tecnologias: uma narrativa-tese. 274f. **Tese** (Doutorado em Educação: Currículo). Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação: Currículo, PUC-SP: São Paulo, 2017.

CAPÍTULO 12 - A GEOMETRIA DO SOM: PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA COM FIGURAS DE LISSAJOUS SOB A ABORDAGEM STEAM

Larissa Barbosa Pantoja¹, João Pedro Alves Ferreira², Aline Nascimento Braga³, Alessandra Nascimento Braga⁴, Carlos Alberto Brito da Silva Júnior⁵, Vicente Ferrer Pureza Aleixo⁶

¹ larissa.pantoja@ananindeua.ufpa.br, Licencianda em Física, Universidade Federal do Pará

² joao.alves.ferreira@ananindeua.ufpa.br, Graduando em Engenharia de Energia, Universidade Federal do Pará

³ aline.braga@iemci.ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

⁴ alessandrabg@ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

⁵ cabsjr@ufpa.br, Doutor, Universidade Federal do Pará

⁶ ferrer@ufpa.br, Doutor, Universidade Federal do Pará

RESUMO

O presente trabalho apresenta uma proposta de Sequência de Ensino Investigativa (SEI) fundamentada na abordagem STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), voltada para estudantes do 3º ano do Ensino Médio. O objetivo é promover a compreensão de conceitos de Acústica e Óptica por meio do estudo das figuras de Lissajous, integrando conhecimentos de Física, Matemática e Tecnologia. A proposta pedagógica é estruturada em cinco fases investigativas distribuídas em quatro encontros (300 minutos), abrangendo desde a modelagem matemática com equações paramétricas até a simulação computacional e a prática experimental. Como suporte à aplicação, os autores desenvolveram e realizaram a validação técnica de um aparato experimental de baixo custo, composto por caixas de som, espelhos e laser. Os resultados da validação técnica comprovaram a eficácia do sistema na visualização de padrões geométricos estáveis na faixa de 50 Hz a 300 Hz, garantindo a viabilidade da futura aplicação em sala de aula. Conclui-se que a proposta favorece a aprendizagem significativa e o protagonismo estudantil ao conectar fenômenos físicos complexos a práticas interdisciplinares e acessíveis.

Palavras-chaves: Abordagem STEAM; Ensino de Física; Sequência de Ensino Investigativa; Figuras de Lissajous; Materiais de baixo custo.

ABSTRACT

This paper presents a proposal for an Investigative Teaching Sequence (ITS) based on the STEAM approach (Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics), aimed at 3rd-year high school students. The objective is to promote the understanding of Acoustics and Optics concepts through the study of Lissajous figures, integrating Physics, Mathematics, and Technology knowledge. The pedagogical proposal is structured into five investigative phases distributed over four meetings (300 minutes), covering everything from mathematical modeling with parametric equations to computer simulation and experimental practice. To support the application, the authors developed and conducted the technical validation of a low-cost experimental apparatus, consisting of speakers, mirrors, and a laser. The technical validation results proved the system's effectiveness in visualizing stable geometric patterns in the 50 Hz to 300 Hz range, ensuring the feasibility of future classroom application. It is concluded that the proposal favors meaningful learning and student protagonism by connecting complex physical phenomena to interdisciplinary and accessible practices.

Keywords: STEAM approach; Physics Teaching; Investigative Teaching Sequence; Lissajous Figures; Low-cost materials.

INTRODUÇÃO

No processo educativo, a escolha de metodologias adequadas é fundamental para que os estudantes construam o conhecimento de forma sólida e desenvolvam habilidades de

resolução de problemas. Nesse cenário, as metodologias ativas ganham relevância por transformarem o aluno no protagonista do próprio aprendizado. Ao deixar de ser um receptor passivo de informações, o estudante assume um papel ativo, o que estimula sua autonomia, pensamento crítico e espírito investigativo (Lima & Silva, 2025).

Entre as principais metodologias ativas atuais, destaca-se a abordagem STEAM (Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics), que se caracteriza por uma proposta interdisciplinar baseada em projetos, a metodologia STEAM substitui o ensino puramente teórico por experiências práticas e contextualizadas (Medeiros, 2025). Dessa forma, o aluno é desafiado a resolver problemas reais, o que estimula a criatividade e a integração de diferentes áreas do saber (Queiroz & Pereira, 2025).

Os principais benefícios dessa abordagem estão ligados ao protagonismo estudantil e à formação de competências essenciais para o avanço científico e tecnológico. Além disso, o STEAM favorece a aprendizagem significativa, tornando o ensino mais dinâmico e diretamente conectado com situações do cotidiano (Bacich *et al*, 2022).

No ensino de Física, essa metodologia contribui de forma expressiva para a compreensão de fenômenos experimentais. Este trabalho aborda a aplicação da abordagem STEAM no ensino de Acústica e Óptica por meio do experimento das figuras de Lissajous. Esse experimento permite visualizar de maneira prática os padrões gerados pela superposição de movimentos harmônicos, integrando conceitos físicos, matemáticos e tecnológicos em uma dinâmica essencialmente investigativa (Santos *et al*, 2022).

No experimento, as figuras, também chamadas de curvas de Lissajous, descrevem como uma forma geométrica pode ser construída a partir da sobreposição de duas frequências periódicas perpendiculares entre si. Essa superposição representa o movimento harmônico de um ponto, neste caso, um feixe de luz refletido por espelhos em vibração, produzindo trajetórias simétricas e harmonizadas que tornam possível a formação de diferentes padrões geométricos (De Moura *et al*, 2017). Matematicamente, as curvas de Lissajous podem ser descritas pelas equações paramétricas:

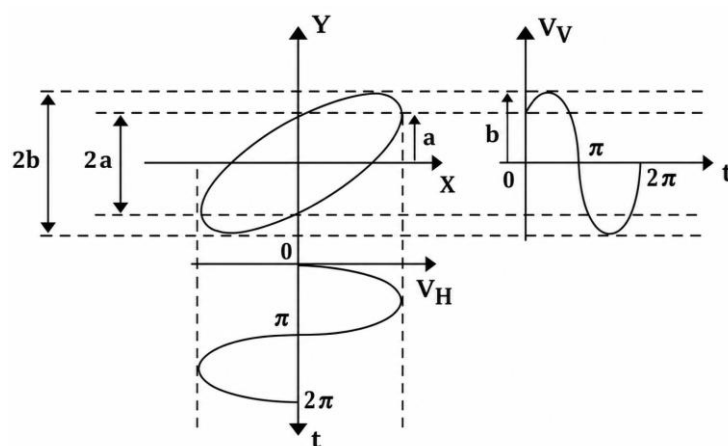
$$x(t) = a \operatorname{sen}(\omega_1 t + \phi_1); \quad (1)$$

$$y(t) = b \operatorname{sen}(\omega_2 t + \phi_2), \quad (2)$$

onde $x(t)$ e $y(t)$ representam a posição do ponto ao longo do tempo nos eixos horizontal e vertical, “a” e “b” são as amplitudes das oscilações, elas indicam o “tamanho” do movimento em cada direção, ω_1 e ω_2 representam as frequências angulares das oscilações, ϕ_1 e ϕ_2 as fases iniciais de oscilação.

Quando a razão entre as frequências é racional, surgem padrões fechados e estáveis; caso contrário, as trajetórias não se repetem perfeitamente, tal fenômeno pode ser observado na Fig. 1.

Figura 1 – Formação das figuras de Lissajous com base nas equações paramétricas.



Fonte: CAPUANO & MARINO (2010).

No contexto experimental, Cena *et al.* (2014) realizam o experimento utilizando como fonte de vibração um alto-falante oval alimentado por um gerador de funções com amplificador interno. Sobre a superfície do alto-falante é posicionada uma membrana de látex cirúrgico, na qual são fixados três pequenos espelhos. No geral, quando o sistema é submetido a oscilações periódicas, o reflexo de um feixe de luz em movimento permite ver as figuras projetadas em uma superfície.

Baraúna *et al.* (2015), por sua vez, utilizam métodos experimentais para determinar a velocidade do som por meio da análise das figuras de Lissajous, demonstrando um pouco do estudo da acústica. Pastana e Rodriguez (2021) também recorrem à modelagem computacional, desta vez para representar figuras de Lissajous em duas e três dimensões, além de desenvolver uma simulação capaz de demonstrar o movimento da partícula de referência responsável pela geração das curvas.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma Sequência de Ensino Investigativa (SEI) baseada na metodologia STEAM para o ensino de Acústica e Óptica utilizando um arranjo experimental de baixo custo, baseado no experimento das figuras de Lissajous de Cena *et al.* (2014), e dessa forma incentivar a participação ativa dos estudantes e promover uma construção significativa do conhecimento (Oliveira, 2024).

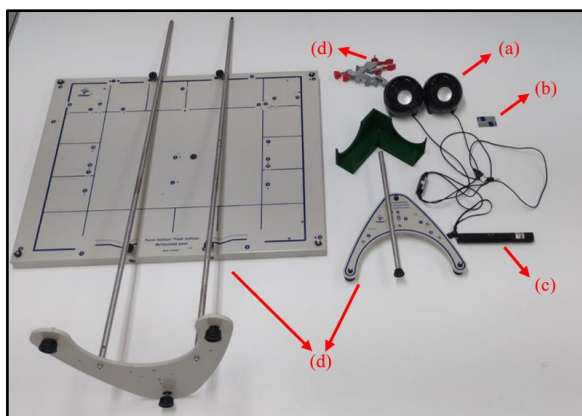
MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho apresenta uma proposta de Sequência de Ensino Investigativa (SEI), fundamentada na abordagem STEAM, com o objetivo de auxiliar estudantes do 3º ano do Ensino Médio na compreensão dos conceitos de ondulatória e acústica por meio da integração entre conhecimentos teóricos, matemáticos e experimentais. A sequência é organizada em cinco fases investigativas distribuídas em quatro encontros, contemplando atividades de problematização, modelagem matemática, simulação computacional, experimentação e comunicação dos resultados. A descrição detalhada de cada fase será apresentada nas seções subsequentes.

Como suporte para a implementação da SEI, desenvolveu-se e validou-se um aparato experimental um aparato experimental destinado à formação das figuras de Lissajous, possibilitando a visualização de fenômenos relacionados à superposição de movimentos harmônicos e às características das ondas sonoras. A construção do experimento utiliza materiais de baixo custo e fácil acesso, favorecendo sua aplicação em diferentes contextos educacionais (Nascimento *et al*, 2022).

Para a construção do experimento foram utilizadas duas caixas de som, dois espelhos planos e um laser. Além desses componentes, também foram confeccionados dois suportes: um destinado à fixação do laser e outro contendo um anteparo (placa) utilizado para a projeção e observação das figuras formadas pela reflexão do feixe luminoso. Os materiais utilizados podem ser observados na Figura 2.

Figura 2 – Materiais utilizados sendo (a) caixinhas de som; (b) espelhos; (c) laser e; (d) suportes.

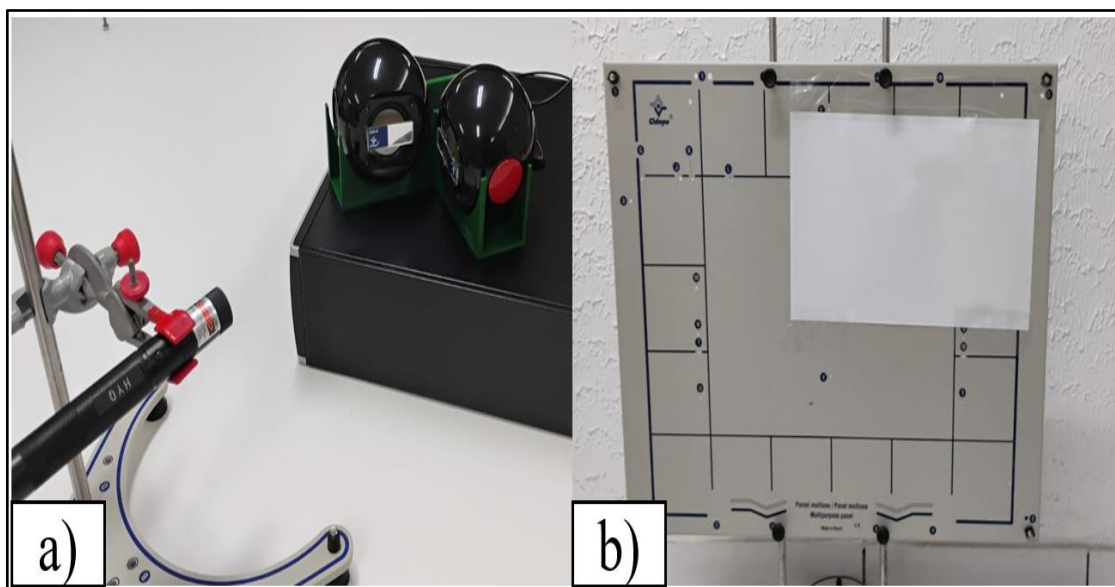


Fonte: Dos próprios autores.

A montagem experimental é relativamente simples. Inicialmente, os espelhos foram fixados na região central dos alto-falantes das caixas de som. Em seguida, as caixas foram posicionadas perpendicularmente entre si, formando um ângulo de 90°. Essa configuração permite que cada alto-falante produza oscilações em direções diferentes, possibilitando a formação das figuras de Lissajous.

Posteriormente, o laser foi alinhado de modo que seu feixe incidisse sucessivamente sobre os dois espelhos. Por fim, o anteparo foi posicionado ao final do trajeto óptico para receber a reflexão do laser, permitindo a visualização das figuras geradas pelas vibrações dos alto-falantes conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Experimento montando com **a)** laser direcionado para os alto falantes e; **b)** anteparo que irá mostrar as figuras.



Fonte: Dos próprios autores

Após a montagem, o posicionamento dos dispositivos e o ajuste dos suportes, o laser é ativado. As frequências são geradas por meio de um aplicativo gratuito, controlado via dispositivo móvel. Para evitar erros de leitura, é fundamental que o experimento permaneça o mais estático possível. Embora a versão apresentada utilize materiais de alto custo, o experimento pode ser adaptado com pequenos lasers comerciais, projetando as imagens em paredes ou no teto.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A proposta de Sequência de Ensino Investigativa (SEI) deste trabalho é destinada ao 3º ano do Ensino Médio e fundamenta-se na abordagem STEAM, integrando conceitos de Ciências, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática. O objetivo consiste em compreender a natureza das ondas sonoras e a superposição de movimentos harmônicos por meio da construção de um aparato experimental e da análise das figuras de Lissajous (Oliveira, 2024).

A proposta apresenta caráter interdisciplinar, permitindo a articulação entre Física, Matemática e Artes. Em Física, são abordados conceitos relacionados às ondas, frequência,

amplitude e fase; em Matemática, destacam-se as funções trigonométricas e equações paramétricas; enquanto em Artes são explorados aspectos estéticos e harmônicos da música e das representações geométricas. Além disso, o uso de materiais de baixo custo, como laser, espelhos e caixas de som, favorece a aplicação da sequência em diferentes contextos escolares (Nascimento *et al*, 2022).

A SEI é organizada em cinco fases investigativas, distribuídas em aproximadamente 300 minutos de atividades. Na Fase 1 – Sensibilização e Problemática, os estudantes são introduzidos à relação entre música, som e padrões geométricos, a partir do seguinte problema investigativo: “Como converter a energia mecânica de uma onda sonora em um padrão visual geométrico utilizando apenas luz e materiais do cotidiano?”.

Na Fase 2 – Exploração Teórica e Modelagem, os alunos analisam as equações paramétricas responsáveis pela formação das curvas de Lissajous Eq. (1) e (2). Nessa etapa, propõe-se a análise de diferentes razões de frequência e fases para compreender a formação dos padrões geométricos.

Na Fase 3 – Desafio Tecnológico, os estudantes utilizam softwares como Scilab, Maple ou simuladores virtuais para gerar computacionalmente as figuras de Lissajous, observando como alterações na frequência, amplitude e fase modificam os padrões formados.

A Fase 4 – Construção e Experimentação corresponde à montagem do aparato experimental com caixas de som, espelhos e laser. Durante a atividade, os alunos investigam frequências entre 50 Hz e 300 Hz, analisando os efeitos dessas variações sobre a nitidez e a forma das figuras projetadas.

Por fim, na Fase 5 – Análise de Resultados e Comunicação, nesta fase, os estudantes deverão organizar os dados obtidos, relacionando frequência, amplitude e padrões geométricos observados. Como produto final, propõe-se a criação de uma “Galeria de Arte Científica”, integrando explicações físicas às imagens das figuras de Lissajous produzidas durante a investigação.

Para garantir uma melhor assimilação dos conteúdos de Acústica, Óptica e Matemática, a distribuição das 6 aulas deve respeitar o tempo de processamento cognitivo dos alunos, separando a carga teórica da prática experimental (Sales *et al*, 2019).

A sugestão é que as aulas sejam distribuídas em 4 dias, preferencialmente ao longo de duas semanas (duas vezes por semana), para permitir que os alunos reflitam sobre os fenômenos observados conforme organizado no Quadro 1.

Quadro 1 – Cronograma e distribuição da SEI fundamentada na abordagem STEAM.

Encontro	Aulas	Foco Principal	Atividades e Objetivos
Dia 1	2	Fase 1 e Fase 2	Fundamentação e engajamento inicial.
Dia 2	1	Fase 3	Predição visual dos resultados.
Dia 3	2	Fase 4	Superação de desafios práticos e observação real
Dia 4	1	Fase 5	Transformação da experiência em conhecimento formal.

Fonte: Dos próprios autores

A proposta SEI de acordo com o Quadro 1 é estruturada em quatro encontros, organizados de modo a favorecer a construção gradual dos conceitos científicos e matemáticos envolvidos na produção e análise das figuras de Lissajous dentro da abordagem STEAM. A distribuição das atividades busca integrar momentos de problematização, investigação, experimentação e socialização dos resultados, promovendo a participação ativa dos estudantes ao longo do processo de aprendizagem (Oliveira, 2024).

No primeiro encontro, correspondente aos elementos Artes e Matemática do STEAM, propõe-se inicialmente uma contextualização sobre a relação entre música, ondas sonoras e representações geométricas, com o objetivo de despertar a curiosidade e o interesse investigativo dos estudantes. Em seguida, são introduzidas as equações paramétricas utilizadas na construção das figuras de Lissajous, fornecendo os fundamentos matemáticos necessários para a compreensão das etapas posteriores da sequência. Esse momento possui duração estimada de 100 minutos, equivalente a duas aulas consecutivas, permitindo que os alunos formulem hipóteses acerca da relação entre frequência, fase e formação das figuras.

O segundo encontro contempla o eixo tecnológico da proposta, sendo destinado à utilização de ferramentas computacionais, como o software Scilab e simuladores virtuais, para a visualização e geração das figuras de Lissajous. Nessa etapa, os estudantes podem comparar os resultados obtidos nas simulações com as hipóteses formuladas anteriormente, investigando como alterações nos parâmetros matemáticos influenciam diretamente os padrões geométricos observados. O uso dos recursos digitais atua como elemento mediador entre teoria e prática, favorecendo a compreensão conceitual antes da realização da atividade experimental. Para essa etapa, estima-se uma duração de 50 minutos, correspondente a uma aula.

No terceiro encontro, relacionado aos componentes Engenharia e Ciências, propõe-se a montagem e execução do aparato experimental. Essa etapa investigativa demanda maior tempo de desenvolvimento devido à necessidade de ajustes físicos no sistema, como alinhamento de espelhos, posicionamento do feixe luminoso e estabilização dos componentes. Durante a experimentação, os estudantes podem analisar as transformações nas figuras geradas em

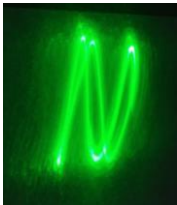
diferentes frequências, especialmente na faixa entre 50 Hz e 300 Hz, observando como as variações dos parâmetros influenciam a nitidez e a morfologia dos padrões projetados. Tal processo possibilita discussões relacionadas a oscilações, ondas periódicas, frequência e interferência, aproximando os conceitos científicos da observação prática. Para o desenvolvimento adequado dessa atividade, prevê-se uma duração de 100 minutos, distribuídos em duas aulas consecutivas.

O quarto encontro destina-se à sistematização e comunicação dos resultados obtidos ao longo da sequência investigativa. Nesse momento, os estudantes podem organizar os dados coletados em tabelas comparativas, relacionando frequência, fase das ondas e padrões observados nas figuras de Lissajous. Além da análise coletiva das observações, propõe-se a elaboração de uma galeria de “arte científica”, permitindo a socialização das interpretações produzidas e o estabelecimento de conexões entre os aspectos científicos, matemáticos e artísticos presentes na atividade. Essa etapa final possui duração estimada de 50 minutos, correspondendo a uma aula destinada à consolidação conceitual e à discussão dos resultados. Dessa forma, a SEI busca favorecer não apenas a compreensão conceitual dos conteúdos de Física e Matemática, mas também o desenvolvimento da investigação científica, da argumentação e da interdisciplinaridade característica da abordagem STEAM.

Para assegurar a viabilidade da SEI proposta, os autores realizaram a validação técnica do aparato experimental, realizada previamente com o objetivo de garantir condições adequadas para a futura aplicação da SEI. Como previsto teoricamente na literatura, os padrões geométricos gerados por este instrumento exibiram elevada resolução gráfica e ausência de ruídos ou interferências externas, dispensando calibrações complexas ou ajustes estruturais. Essa fidelidade nos resultados decorre da alta sensibilidade e da robustez técnica do equipamento de medição de bancada, o qual atenua os erros experimentais sistemáticos.

Em contrapartida, a reprodução experimental das curvas impôs os maiores desafios em virtude de variáveis ambientais e mecânicas de difícil controle (Tabela 3). Os principais fatores de instabilidade observados associam-se à potência de oscilação dos alto-falantes e ao alinhamento dos espelhos. Verificou-se que o incremento na distância entre o sistema refletor e o anteparo de projeção melhorou a nitidez das figuras devido à amplificação do desvio angular do feixe luminoso. Contudo, essa resposta visual ficou restrita à faixa de frequência entre 50 Hz e 300 Hz. Abaixo de 50 Hz, a amplitude mecânica revelou-se insuficiente para a persistência da imagem; acima de 300 Hz, o movimento vibratório gerou deslocamentos indesejados sobre a bancada, inserindo ruídos espúrios no padrão geométrico.

Tabela 3 – Figuras de Lissajous criadas experimentalmente.

Relação das Frequências	Fase (ϕ)		
	$\frac{\pi}{4}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{3\pi}{4}$
1:1			
1:2			
1:3			

Fonte: Dos próprios autores.

Por fim, a Tabela 3 evidencia que a evolução morfológica das figuras de Lissajous obedece rigorosamente à razão de proporcionalidade entre as frequências dos eixos ortogonais, tendo o modelo experimental adotado a frequência base de 50 Hz. Essa análise comparativa sob condições controladas viabilizou o estudo quantitativo das propriedades ondulatórias da luz e do som. Ademais, permitiu correlacionar diretamente a variação das frequências e das diferenças de fase com a geometria das trajetórias resultantes, consolidando a compreensão teórica do acoplamento de movimentos harmônicos simples (De Menezes, 2019).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo apresentou uma proposta de Sequência de Ensino Investigativa (SEI) fundamentada na abordagem STEAM, voltada para o ensino de Acústica e Óptica no 3º ano do Ensino Médio. A articulação interdisciplinar entre os conceitos de Física, as funções

trigonométricas da Matemática e as ferramentas tecnológicas permitiu que o estudo das figuras de Lissajous fosse estruturado como uma prática de investigação ativa, promovendo a integração de diferentes áreas do saber.

A sustentação técnica da proposta reside na validação prévia do aparato experimental de baixo custo realizada. Os testes de bancada demonstraram que o sistema é capaz de gerar padrões geométricos com elevada resolução gráfica, comprovando sua eficácia na faixa de 50 Hz a 300 Hz. As observações sobre os desafios de alinhamento e a influência da distância na nitidez das imagens fornecem subsídios essenciais para que o professor conduza a etapa experimental com segurança e precisão.

Embora a aplicação da SEI em sala de aula se configure como uma etapa posterior, sua organização em cinco fases busca converter o estudante em protagonista de sua aprendizagem. Ao transitar pela modelagem matemática e pela simulação computacional antes da prática física, o aluno desenvolve competências investigativas e autonomia para resolver problemas reais.

Por fim, o trabalho evidencia que a utilização de materiais acessíveis e de fácil aquisição viabiliza o ensino de fenômenos físicos complexos em diversos contextos educacionais. A proposta aqui detalhada reafirma o potencial das metodologias ativas em tornar o ensino de Física mais dinâmico, interdisciplinar e conectado à realidade dos estudantes, preparando-os para os desafios do avanço científico e tecnológico.

AGRADECIMENTOS

Ao EIXO TRANSVERSAL/PROEX/UFPA, NAVEGASABERES/PROEX/UFPA, PIBEX/PROEX/UFPA, LABINFRA/PROEG/UFPA e MONITORIA/PGRAD/PROEG/UFPA pelos portes financeiros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BACICH, L.; HOLANDA, L.; GERALDI, A. *Educação STEAM: reflexões teórico-práticas do coorte da Liga STEAM*. São Paulo, 2022. p. 105.

BARAÚNA, F.; FURTADO, J.; PEREZ, S. Medindo a velocidade do som utilizando figuras de Lissajous. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, p. 3310-1-3310-5, 2015.

CAPUANO, F. G.; MARINO, M. A. M. *Laboratório de eletricidade e eletrônica*. São Paulo: Saraiva, 2010.

CENA, C. R.; PEREIRA, O. C. N.; PEREIRA, V. M.; CANASSA, T. A.; VISCOVINI, R. C. Uma abordagem teórica e experimental do oscilador harmônico em duas dimensões utilizando as curvas de Lissajous. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, p. 2302, 2014.

DE MENEZES, V. M. *Ensino de Física com experimentos de baixo custo*. Editora Appris, 2019.
DE MOURA, M. A.; CURVO, E. A. C.; DE ASSIS, A. F. S.; DE BARROS, M. P. Visualize a sua voz: uma proposta para o ensino de ondas sonoras. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 8, p. 182-200, 2017.

LIMA E SILVA, I. A. *A eficácia e os desafios das metodologias ativas no processo de ensino e aprendizagem na educação básica*. Editora Impacto Científico, p. 280-308, 2025.

MEDEIROS, L. A. *Abordagem STEAM na aprendizagem de físico-química por estudantes do ensino médio*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2025.

NASCIMENTO, T. S.; VERAS, K. M.; FARIAS, I. M. S. Sequência didática investigativa para o ensino de ciências no pós-pandemia. **Epistemologia e Práxis Educativa**, v. 5, p. 01-16, 2022.

OLIVEIRA, S. G. *Grandezas e unidades de medida: proposta de sequência didática para o 1º ano do ensino médio*. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília, Brasília, 2024.

PASTANA, D. W. M.; RODRIGUES, M. E. Using Mathematica software to graph Lissajous figures. **European Journal of Physics**, v. 42, p. 065802, 2021.

QUEIROZ, E. S.; PEREIRA, M. V. Ateliê do som: proposta de uma estratégia baseada na educação STEAM para a aprendizagem de ondas sonoras. **Revista Thema**, v. 24, p. 1-16, 2025.

SALES, D. P.; VIÉGAS, D. S. S.; SILVA, L. F. B.; SILVA, A. A.; LIMA, B. T.; LOPES, I. M. S. Uso de metodologias ativas de aprendizagem em escolas de alternância. **Revista Espacios**, v. 40, p. 18-19, 2019.

SANTOS, D. G.; GUIMARÃES, M. M.; SILVA, L. A.; BARRETO, M. A. STEAM no ensino por investigação: perspectivas de carreira entre crianças. **Revista Interdisciplinar de Tecnologias na Educação**, v. 8, n. 1, 2022.

CAPÍTULO 13 - AMORTECEDORES DE IMPACTO: UMA OFICINA INVESTIGATIVA PARA O ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

João Lucas Freitas Negrão¹, Camila Vilhena Ferreira², Josiney Farias de Araújo³, Lelio Favacho Braga⁴, Vicente Ferrer Pureza Aleixo⁵ e Alessandra Nascimento Braga⁶

¹ JLFN124@gmail.com, Licenciando em Física, Campus Ananindeua, UFPA.

² camila.ferreira@ananindeua.ufpa.br, Licencianda em Física, Campus Ananindeua, UFPA.

³ josineyaraújo@yahoo.com.br, Doutorando em Botânica, Museu Paraense Emílio Goeldi, UFPA.

⁴ lelio.braga@escola.seduc.pa.gov.br, Doutor em Educação, SEDUC-PARÁ.

⁵ ferrer@ufpa.br, Doutor em Engenharia Elétrica, Faculdade de Física, Campus Ananindeua, UFPA.

⁶ alessandrabg@ufpa.br, Doutora em Física, Faculdade de Física, Campus Ananindeua, UFPA.

RESUMO

Este estudo apresenta os resultados de uma oficina investigativa denominada “*Construindo Amortecedores de Impacto*”, desenvolvida com 85 alunos do 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Luiz Nunes Direito, em Ananindeua-PA. Fundamentada na metodologia do Ensino por Investigação (EpI), desenvolvida na perspectiva da Ensino de Ciências por Investigação (EnCI), a atividade teve como objetivo promover a compreensão de conceitos físicos de queda livre, leis de Newton, impulso e amortecimento de impacto, por meio da construção de dispositivos de proteção para ovos crus submetidos à queda livre de aproximadamente dois metros. A coleta de dados ocorreu por meio de questionários diagnóstico e avaliativo, aplicados antes e após a intervenção, registro do desempenho prático das equipes e observação direta com registro em diário de campo. Os resultados indicaram que, antes da oficina, 85% dos estudantes declaravam não compreender adequadamente os conceitos abordados e 95% nunca haviam realizado atividades laboratoriais. Após a intervenção, mais de 98% dos participantes relataram maior compreensão dos conteúdos e, das 19 equipes formadas, 15 (78,9%) obtiveram êxito no desafio prático. Os dados obtidos evidenciam que práticas pedagógicas investigativas, mesmo com materiais simples e de baixo custo, promovem aprendizagem significativa, engajamento e o desenvolvimento de competências previstas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Palavras-chave: Ensino por Investigação; Amortecimento de Impacto; Metodologias Ativas; Experimentação de Baixo Custo.

ABSTRACT

This study presents the results of an investigative workshop titled “*Construindo Amortecedores de Impacto*”, conducted with 85 first-year high school students at Luiz Nunes Direito State School in Ananindeua, Pará. Based on the Inquiry-Based Learning (IBL) methodology, developed within the framework of Inquiry-Based Science Education (IBSE), the activity aimed to promote understanding of the physical concepts of free fall, Newton’s laws, momentum, and impact damping through the construction of protective devices for raw eggs subjected to a free fall of approximately two meters. Data collection was conducted through diagnostic and evaluative questionnaires administered before and after the intervention, recording of the teams’ practical performance, and direct observation documented in a field journal. The results indicated that, prior to the workshop, 85% of the students reported not adequately understanding the concepts covered, and 95% had never participated in laboratory activities. After the intervention, more than 98% of participants reported a greater understanding of the content, and of the 19 teams formed, 15 (78.9%) succeeded in the practical challenge. The data obtained demonstrate that inquiry-based teaching practices, even with simple and low-cost materials, promote meaningful learning, engagement, and the development of competencies outlined in the *Base Nacional Comum Curricular* (BNCC).

Keywords: Research-Based Teaching; Impact Mitigation; Active Learning Methods; Low-Cost Experimentation.

INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências, especialmente o de Física, enfrenta desafios expressivos no contexto da educação contemporânea (Moreira, 2017). Nesse sentido, busca-se, cada vez mais, integrar teoria e prática para promover uma aprendizagem significativa. Historicamente, a Física é associada a um ensino predominantemente expositivo, centrado em fórmulas e cálculos abstratos, o que gera desinteresse e dificuldades de compreensão entre os estudantes do Ensino Médio (Ricardo & Freire, 2007). Somado a isso, temos a baixa oportunidade de práticas experimentais em laboratório o que limita a capacidade dos alunos de relacionar conceitos teóricos a situações cotidianas (Silva & Leal, 2017), comprometendo o desenvolvimento de habilidades essenciais como o pensamento crítico, a resolução de problemas e o trabalho colaborativo.

Diante desse cenário, torna-se necessária a adoção de estratégias pedagógicas que permitam a participação ativa do aluno no seu próprio aprendizado. Nesse contexto, metodologias ativas, como o Ensino por Investigação (EpI), têm se mostrado promissoras para transformar o processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais convidativo ao interesse e à participação do aluno (Kook, 2025). O EpI fundamenta-se na proposição de situações-problema que desafiam os estudantes a formular hipóteses, investigar fenômenos, analisar evidências e construir explicações com base nos resultados obtidos.

No que se refere ao ensino de ciências da natureza, essa abordagem aproxima-se dos pressupostos do Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) caracterizada pela problematização, investigação e argumentação científica (Carvalho, 2013). Nessa perspectiva o aluno passa da simples aquisição de conceitos em sala de aula e se torna um agente ativo na construção do seu próprio conhecimento, desenvolvendo competências investigativas como formular perguntas investigáveis, elaborar hipóteses, planejar e executar procedimentos experimentais, coletar e analisar dados e construir explicações sustentadas por evidências.

Diferentemente da experimentação tradicional a investigativa envolve, no seu processo perguntas que oportunizam a construção de objetos aperfeiçoáveis. Somado a isso, a experimentação de baixo custo, possibilita práticas experimentais em escolas que não possuem laboratórios de Física (Nascimento, 2025). Dessa forma, torna-se relevante investigar como atividades experimentais fundamentadas nos princípios do EpI podem contribuir para a aprendizagem de conceitos físicos no Ensino Médio.

O presente trabalho apresenta os resultados de uma oficina investigativa denominada “*Construindo Amortecedores de Impacto*”, realizada com alunos do 1º ano do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Luiz Nunes Direito, em Ananindeua-PA.

A atividade teve como objetivo principal trabalhar conceitos fundamentais da Física, como queda livre, leis de Newton, impulso, tempo de contato e amortecimento de impacto, utilizando materiais simples e acessíveis na construção de dispositivos capazes de proteger um ovo cru durante uma queda livre de aproximadamente dois metros. Neste sentido, este trabalho visa contribuir para a discussão sobre metodologias ativas no ensino de Ciências, ressaltando o papel da experimentação investigativa como ferramenta para tornar o aprendizado mais significativo e motivador no Ensino Médio.

REFERENCIAL TEÓRICO

O presente estudo fundamenta-se em uma revisão da literatura que aborda metodologias ativas e práticas experimentais no ensino de Ciências, com ênfase no ensino de Física para o Ensino Médio. Nesse contexto, o EpI emerge como uma abordagem capaz de promover maior participação dos estudantes no processo de construção do conhecimento.

De acordo com Carvalho (2013) o ensino de ciências por investigação, é estruturada na proposição de um problema inicial que desafia o aluno a pensar e formular hipóteses, como consequência o aluno constrói seu conhecimento a partir dos fenômenos observados. O professor nesse processo atua com o mediador orientando os alunos na jornada investigativa.

Quando elaborada no contexto de ciências da natureza, o EpI alinha-se aos fundamentos do EnCI que tem como finalidade promover aos alunos experiências de aprendizagem semelhantes às práticas desenvolvidas pela comunidade científica. Tendo isso em vista o aluno não apenas aprende os conceitos em sala, mas além disso, desenvolve habilidades alinhadas à observação, elaboração de hipóteses, análise de evidências, argumentação e comunicação de resultados (Carvalho, 2013; Carvalho, 2018).

Essa perspectiva teórica materializa-se normativamente na competência Número 3 na habilidade EM13CNT301 da Base Nacional Comum Curricular, que estabelece que o estudante deve:

Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica (Brasil, 2018, p. 559).

A noção de aprendizagem significativa, central neste trabalho, remonta aos estudos de Ausubel (2003), para quem o conhecimento é assimilado de forma duradoura quando o novo conteúdo se ancora em estruturas cognitivas preexistentes do aprendiz. A experimentação

investigativa cria justamente essas condições, ao mobilizar conceitos anteriores e permitir sua reelaboração em contextos concretos, tornando-a um meio privilegiado para o ensino de Física (Leão, 2021).

No que se refere à criação e à aplicação de oficinas pedagógicas no Ensino Médio, a utilização de atividades experimentais com materiais de fácil acesso constitui uma estratégia relevante para aproximar os conteúdos científicos da realidade dos estudantes. Além de favorecer a compreensão de conceitos abstratos, essas práticas contribuem para o aumento do interesse e da participação dos alunos no processo de aprendizagem (Araújo & Abib, 2003). Ribeiro (2017) ainda aponta que “o estágio supervisionado é um espaço privilegiado para a experimentação e validação de práticas pedagógicas inovadoras, especialmente por meio da realização de oficinas”.

Em relação aos conceitos físicos trabalhados na oficina, Halliday, Resnick e Walker (2014, p. 77) destacam que a compreensão das leis do movimento é fundamental para analisar a ação de forças que influenciam o comportamento dos corpos e interpretar fenômenos como a queda de objetos e os impactos resultantes. Giancoli (2014, p. 33) ressaltam que a aplicação prática desses conceitos em contextos reais contribui para superar a percepção da Física como disciplina abstrata e distante da realidade dos estudantes.

A análise da literatura permite concluir que oficinas investigativas fundamentadas no EpI, desenvolvidas na perspectiva do EnCI, representam uma estratégia pedagógica coerente com as demandas da educação contemporânea. A integração entre metodologias ativas, construção de oficinas e fundamentos físicos evidencia que a experimentação constitui ferramenta de alto potencial para a formação de alunos mais críticos, motivados e capazes de aplicar o conhecimento científico em seu cotidiano.

METODOLOGIA

A metodologia adotada neste estudo baseia-se em uma abordagem mista (quali-quantitativa) de natureza descritiva, com o propósito de investigar os impactos pedagógicos de uma oficina investigativa voltada para o ensino de Física no Ensino Médio (Creswell, 2018). A dimensão quantitativa é expressa na análise de frequência das respostas aos questionários e nas taxas de êxito das equipes; a dimensão qualitativa manifesta-se na interpretação das percepções dos estudantes e no registro observacional das interações durante a atividade. Para tanto, foi desenvolvido um estudo de caso aplicado em uma escola pública da rede estadual, envolvendo alunos do 1º ano do Ensino Médio.

Reconhece-se como limitação deste estudo a ausência de um grupo controle e o período restrito de observação, de dois dias letivos, o que impede generalizações mais amplas dos

resultados. Essas restrições são inerentes ao contexto de estágio supervisionado em que a pesquisa foi conduzida e indicam caminhos para investigações futuras de maior abrangência e longitudinalidade.

Contexto e participantes

A oficina foi realizada nos dias 2 e 3 de junho de 2025, na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Luiz Nunes Direito, localizada em Ananindeua, Pará. Participaram da atividade 85 estudantes do turno da manhã, distribuídos nas turmas 101 (30 alunos), 102 (27 alunos) e 104 (28 alunos). O número de participantes mostrou-se satisfatório para a proposta, pois permitiu observar o comportamento dos alunos diante de uma proposta didática fundamentada no EpI em conjuntura com a EnCI que busca romper com a lógica transmissiva tradicional e valorizar o protagonismo discente por meio da problematização, da formulação de hipóteses, da experimentação e da reflexão.

Estrutura e desenvolvimento da oficina

A oficina foi organizada em três momentos distintos e interdependentes: **(I) introdução teórica**, **(II) desafio prático** e **(III) avaliação coletiva**. Na primeira etapa, realizou-se uma contextualização sobre os fenômenos físicos a serem explorados **(I)**. Com base nos princípios da mecânica clássica, foram apresentados e discutidos os conceitos de queda livre, força resultante, tempo de contato, impulso e conservação do momento linear, por meio de slides e vídeos, articulando o conhecimento científico a situações do cotidiano dos alunos, como o uso de capacetes, airbags e técnicas de amortecimento em esportes.

Durante a etapa prática **(II)**, os alunos foram organizados em equipes e receberam materiais simples e de baixo custo (vide Figura 1): algodão, sacolas plásticas, barbante, copos descartáveis, palitos de picolé, fita adesiva e ovos crus, previamente dispostos nas bancadas do laboratório de forma acessível e igualitária para todos os grupos. O desafio central consistia em construir um dispositivo de proteção capaz de impedir a quebra de um ovo cru ao ser abandonado em queda livre de aproximadamente dois metros. O professor enfatizou que o foco deveria ser o aumento do tempo de contato durante o impacto, reduzindo assim a força exercida sobre o ovo, em conformidade com a Segunda Lei de Newton, $F = \frac{\Delta p}{\Delta t}$, em módulo.

Figura 1: Alunos durante a etapa de experimentação prática.



Fonte: Dos próprios autores (2026).

A partir dessas orientações, os estudantes iniciaram a fase prática de forma colaborativa, criativa e investigativa. Os professores e estagiários atuaram como mediadores, estimulando o pensamento crítico e a tomada de decisões. Em vez de fornecer respostas prontas, instigavam os estudantes com perguntas como “o que aconteceria se o tempo de contato aumentasse?” e “de que forma o impulso pode ser controlado neste projeto?”. Essa mediação visou ampliar o repertório conceitual dos alunos e favorecer a autonomia intelectual.

Na terceira etapa, realizou-se a avaliação coletiva (III): cada equipe apresentou seu dispositivo, explicou as escolhas de design com base nos conceitos físicos trabalhados e assistiu ao teste de queda, conforme Figura 2. Esse momento favoreceu a argumentação científica e a reflexão crítica sobre os resultados obtidos.

Figura 2 - Avaliação coletiva ao final da oficina.



Fonte: Dos próprios autores (2026).

Instrumentos de coleta de dados

Para avaliar a efetividade da oficina, foram utilizados quatro instrumentos de coleta de dados: dois questionários estruturados, o registro do desempenho prático das equipes e um protocolo de observação direta com registro em diário de campo. O questionário diagnóstico, composto por sete questões fechadas e aplicado antes da atividade, visava identificar o nível de familiaridade dos alunos com os conceitos físicos a serem trabalhados e verificar experiências laboratoriais prévias. As questões abordavam: (a) compreensão autodeclarada sobre queda livre, impulso e leis de Newton; (b) participação anterior em atividades de laboratório; e (c) percepção geral sobre a disciplina de Física.

O questionário avaliativo, também com sete questões fechadas e aplicado ao término da oficina, buscava identificar as percepções dos alunos em relação à atividade, aos conhecimentos adquiridos e ao nível de engajamento. As questões verificavam: (a) compreensão dos conceitos após a oficina; (b) avaliação da metodologia empregada; (c) relevância percebida para o cotidiano; e (d) satisfação com a experiência prática.

O desempenho prático das equipes foi registrado pelos pesquisadores mediante observação direta do teste de queda, com anotação binária de êxito ou insucesso por equipe e por turma. Esse registro permitiu calcular as taxas de aproveitamento e compará-las entre as turmas, constituindo um dado quantitativo complementar aos questionários.

A observação direta foi conduzida pelos pesquisadores ao longo de toda a atividade, com registro sistemático em diário de campo. Foram observadas e registradas as interações entre os alunos durante as etapas de construção, a qualidade das hipóteses formuladas, as estratégias de resolução adotadas e os comportamentos de colaboração e autonomia. As anotações do diário foram organizadas por turma e por etapa da oficina, permitindo uma análise qualitativa complementar aos dados quantitativos dos questionários. Os dados quantitativos foram analisados por frequência de respostas; os dados qualitativos, por análise interpretativa das observações registradas.

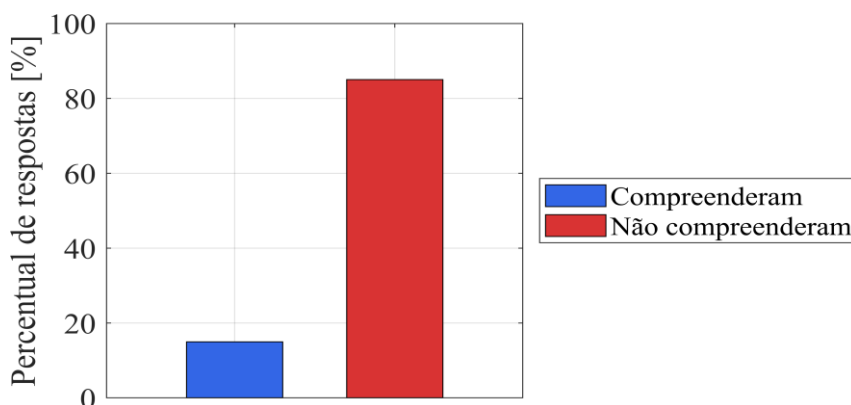
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos evidenciam impactos positivos tanto na aprendizagem conceitual dos estudantes quanto no seu engajamento e participação ativa. A análise integra os dados dos questionários, as anotações do diário de campo e o desempenho prático das equipes.

Diagnóstico inicial

O questionário diagnóstico revelou um cenário preocupante: cerca de 85% dos estudantes afirmaram não compreender adequadamente os conceitos físicos relacionados à queda livre, ao impulso e às leis de Newton, veja Figura 3.

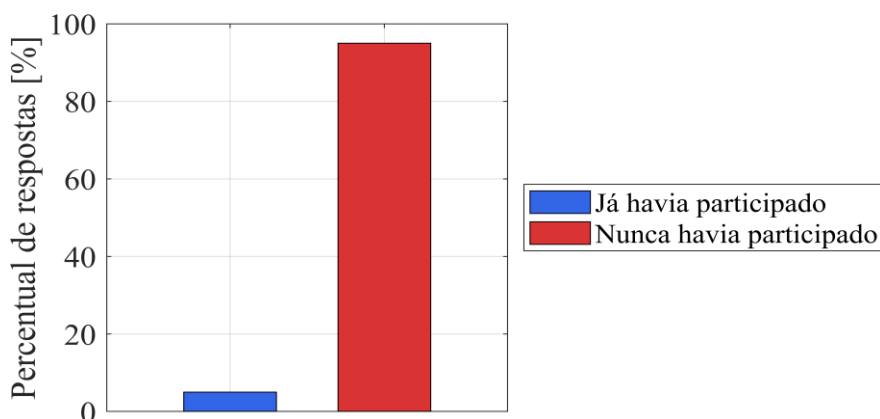
Figura 3 - Percentual de alunos antes da oficina sobre compreensão de física.



Fonte: Dos próprios autores (2026).

Adicionalmente, 95% relataram nunca ter participado de uma atividade experimental em laboratório, apesar de a escola dispor desse espaço, veja Figura 4. Esses dados confirmam a predominância de um ensino tradicional, centrado na exposição teórica com poucas oportunidades de experimentação.

Figura 4 - Percentual de alunos que nunca haviam participado de atividade laboratorial.



Fonte: Dos próprios autores (2026).

Esse cenário é coerente com o que aponta a literatura: a falta de vivências experimentais compromete a formação do pensamento científico e dificulta a ancoragem de novos conceitos nas estruturas cognitivas dos estudantes, conforme preconizado por Ausubel (2003). A ausência de práticas laboratoriais, mesmo havendo infraestrutura disponível, revela um problema de ordem pedagógica que extrapola as condições materiais da escola e aponta para a necessidade de formação docente continuada.

Resultados do questionário avaliativo

Após a realização da oficina, o questionário avaliativo indicou uma mudança expressiva na percepção dos estudantes. Mais de 98% dos participantes relataram maior compreensão dos conteúdos trabalhados, atribuindo esse avanço à possibilidade de aplicar os conceitos físicos de forma prática, concreta e contextualizada. Os alunos destacaram que o desafio experimental facilitou o entendimento de ideias como força de impacto, tempo de contato e amortecimento, conceitos que, anteriormente, eram abordados apenas de forma matemática e descontextualizada. A aplicação prática dos conceitos atuou como ponte entre o conhecimento abstrato e a experiência vivida, favorecendo o tipo de ancoragem cognitiva (Ausubel, 2003).

Desempenho prático das equipes

Das 19 equipes formadas, 15 conseguiram proteger o ovo com sucesso, representando um índice geral de êxito de 78,9%. A turma 104 alcançou 100% de aproveitamento; a turma 102, 85,7%; e a turma 101, 50%, resultado influenciado por limitações de tempo e reorganização dos materiais, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Desempenho das equipes por turma.

Turma	Alunos	Equipes formadas	Êxito (ovos inteiros)	Sem sucesso (ovos quebrados)	Taxa de êxito (%)
101	30	8	4	4	50,0
102	27	7	6	1	85,7
104	28	4	4	0	100,0
Total	85	19	14	5	78,9

Fonte: Dos próprios autores (2026).

Em todas as turmas, os estudantes mobilizaram estratégias coerentes com os princípios físicos discutidos, como o aumento do tempo de contato entre o dispositivo e a superfície e a dissipação da energia de impacto por meio de materiais macios. Esse comportamento demonstra que os alunos internalizaram os conceitos de impulso e da Segunda Lei de Newton, aplicando-os de forma intuitiva e criativa na solução do problema proposto.

Engajamento e competências desenvolvidas

Durante a execução da atividade, as anotações do diário de campo registraram elevado nível de engajamento, cooperação e protagonismo discente. Os alunos discutiram hipóteses, testaram soluções, reformularam suas construções e argumentaram sobre as escolhas realizadas,

comportamentos centrais do EpI. Equipes que não obtiveram sucesso na primeira tentativa revisaram seus projetos de forma autônoma, demonstrando resiliência e capacidade de autocorreção.

Esse ambiente favoreceu o desenvolvimento de competências socioemocionais e cognitivas previstas pela BNCC especialmente a Competência Geral 2, relacionada à investigação, à formulação e à resolução de problemas, e a Competência Geral 10, que enfatiza a autonomia, a responsabilidade, a flexibilidade e a resiliência (Brasil, 2018).

A atuação dos estagiários como mediadores foi de suma importância para o sucesso da proposta. Como apontam Cruz Pimenta e Lima (2012), o estágio supervisionado constitui espaço privilegiado para uma boa aprendizagem profissional, pois ao abster-se de fornecer respostas prontas aos alunos é estimulado o raciocínio investigativo. Desse modo, os licenciandos praticaram uma das competências mais importantes para a docência contemporânea: a mediação pedagógica intencional.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo analisar os impactos pedagógicos de uma oficina investigativa fundamentada no EpI, desenvolvida na perspectiva da EnCI, para o ensino de conceitos de Física no Ensino Médio. A partir da experiência desenvolvida com alunos do 1º ano da Escola Estadual Luiz Nunes Direito, foi possível constatar que o uso de metodologias ativas, aliadas à experimentação com materiais simples e acessíveis, contribui de forma significativa para a melhoria da aprendizagem e do engajamento dos estudantes.

Os resultados demonstraram que a oficina possibilitou aos alunos compreender conceitos tradicionalmente considerados abstratos, como queda livre, impulso, leis de Newton e amortecimento de impacto, de maneira concreta e contextualizada. A elevada taxa de êxito nas construções (78,9%) e o aumento expressivo da compreensão conceitual relatada pelos estudantes (mais de 98%) evidenciam a eficácia da proposta didática adotada.

Além dos avanços conceituais, a atividade favoreceu o desenvolvimento de habilidades essenciais: trabalho colaborativo, argumentação, autonomia intelectual e pensamento crítico. Esses aspectos reforçam a importância de práticas pedagógicas que superem o modelo transmissivo tradicional e valorizem o protagonismo discente, conforme preconizam as diretrizes da BNCC (Brasil, 2018).

No contexto do estágio supervisionado, a realização da oficina mostrou-se particularmente relevante ao permitir que os licenciandos vivenciassem a aplicação de metodologias ativas em um ambiente real de ensino, contribuindo para a formação de futuros professores mais críticos, criativos e conscientes de seu papel educativo.

Conforme apontado na seção metodológica, a ausência de grupo controle e o período restrito de observação constituem limitações deste estudo. Para investigações futuras, recomenda-se a replicação da proposta com delineamento quase-experimental, instrumentos qualitativos complementares, como entrevistas semiestruturadas, e acompanhamento longitudinal dos estudantes para verificar a retenção dos conceitos aprendidos.

Em síntese, os resultados obtidos permitem concluir que a inserção de oficinas investigativas baseadas no EpI e EnCI constitui uma alternativa viável e eficaz para o ensino de Física no Ensino Médio, mesmo em contextos escolares com limitações estruturais. Espera-se, que este trabalho sirva de referência e incentivo para professores e licenciandos que buscam transformar suas práticas pedagógicas, valorizando a experimentação como parte integrante e indispensável do processo de ensino-aprendizagem em Ciências.

AGRADECIMENTOS

Os membros do Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e Física da UFPA (GPECF) da FAFIS/CANAN-UFPA agradecem aos estudantes do 1º ano da Escola Estadual Luiz Nunes Direito pela participação e colaboração nesta pesquisa, bem como LABINFRA-PROEG 2024 pelo fomento. Este trabalho foi parcialmente financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, M. S. T. de; ABIB, M. L. V. dos S. Atividades experimentais no ensino de física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 25, n. 2, p. 176-194, jun. 2003. DOI: 10.1590/S1806-11172003000200007.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular: Educação Básica. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 19 jul. 2025.
- CRESWELL, J. W.; CLARK, V. L. P. **Designing and conducting mixed methods research**. 3. ed. Thousand Oaks: Sage Publications, 2017.

CARVALHO, A. M. P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018.

CARVALHO, A. M. P. **Ensino de ciências por investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2022.

CRUZ PIMENTA, S. G.; LIMA, M. S. L. **Estágio e docência**. 7. Ed. São Paulo: Cortez, 2012.

GIANCOLI, D. C. **Física: princípios com aplicações**. 1. ed. São Paulo: Pearson, 2014.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Mecânica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

KOCK, T. A. P.; SALVI, L. M.; DREHMER-MARQUES, K. C. Ensino por Investigação e a formação de professores de Ciências da Natureza: uma revisão bibliográfica. **Educação & Formação (Fortaleza)**, v. 10, p. e16238, 2025.

LEÃO, A. F. C.; GOI, M. E. J. Revisão de literatura sobre a experimentação investigativa no ensino de ciências. **Comunicações**, v. 28, n. 1, p. 315-345, 2021.

MOREIRA, M. A. Grandes desafios para o ensino da física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

NASCIMENTO, F. S. et al. Materiais de baixo custo para experimentação no ensino de Física em São Raimundo Nonato-PI. **Práticas Educativas, Memórias e Oralidades**, v. 7, 2025.

RICARDO, E. C.; FREIRE, J. C. A. A concepção dos alunos sobre a física do ensino médio: um estudo exploratório. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, p. 251-266, 2007.

RIBEIRO, L. T. F.; ARAÚJO, O. H. A. O estágio supervisionado: fios, desafios, movimentos e possibilidades de formação. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 12, n. 3, p. 1721-1735, 2017.

SERWAY, R. A.; JEWETT, J. W. **Physics for scientists and engineers**. 9. ed. Boston: Cengage Learning, 2013.

SILVA, J. C. X.; LEAL, C. E. dos S. Proposta de laboratório de física de baixo custo para escolas da rede pública de ensino médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 39, n. 1, e1401, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2016-0167>.

CAPÍTULO 14 - FUNDAMENTOS TEÓRICOS DA ESTRUTURA ELETRÔNICA DO GRAFENO: UMA ABORDAGEM VIA MODELO TIGHT-BINDING

Jhully Sofia Xavier do Nascimento¹, Alessandra Nascimento Braga², Reginaldo O. Corrêa Jr³

¹jhully.nascimento@aluno.uepa.br. Licencianda em Física, Campus XX - Castanhal, UEPA.

²alessandrabg@ufpa.br. Doutora em Física, Faculdade de Física, Campus de Ananindeua, UFPA.

³reginaldojunior@uepa.br. Doutor em Física, Departamento de Física, Campus XX - Castanhal, UEPA.

RESUMO

O presente capítulo tem como objetivo apresentar um estudo teórico introdutório da estrutura eletrônica do grafeno, enfatizando os fundamentos físicos que levam à dispersão linear de energia nas proximidades dos pontos de Dirac. O trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de natureza teórica e bibliográfica, com abordagem qualitativa, baseada na leitura e análise de pesquisas já desenvolvidas sobre o grafeno e suas propriedades eletrônicas. O estudo busca organizar os principais resultados teóricos necessários à compreensão do comportamento eletrônico deste material. São abordados conceitos fundamentais como o teorema de Bloch, a construção da zona de Brillouin e a aplicação do modelo *tight-binding* para a descrição da estrutura de bandas do grafeno. A partir desse modelo, obtém-se a relação de dispersão eletrônica do material e realiza-se a expansão em torno dos pontos K da zona de Brillouin, evidenciando o surgimento dos cones de Dirac e a relação de energia linear característica $E = \hbar v_F |\vec{q}|$, sendo $|\vec{q}|$ representa o módulo do vetor de onda. Esses resultados permitem compreender a natureza das quase-partículas no grafeno, que se comportam como férmions de Dirac sem massa, estabelecendo a base teórica para o estudo de fenômenos relativísticos em sistemas de matéria condensada.

Palavras- chaves: Grafeno; Modelo *Tight-Binding*; Férmions de Dirac; Estrutura Eletrônica.

ABSTRACT

The purpose of this chapter is to present an introductory theoretical study of the electronic structure of graphene, emphasizing the physical principles that lead to linear energy dispersion in the vicinity of the Dirac points. This work is characterized as theoretical and bibliographic research with a qualitative approach, based on the review and analysis of existing studies on graphene and its electronic properties. The study seeks to organize the main theoretical results necessary for understanding the electronic behavior of this material. Fundamental concepts such as Bloch's theorem, the construction of the Brillouin zone, and the application of the tight-binding model to describe the band structure of graphene are addressed. Based on this model, the electronic dispersion relation of the material is obtained, and a power series expansion is performed around the K-points of the Brillouin zone, revealing the emergence of Dirac cones and the characteristic linear energy relation $E = \hbar v_F |\vec{q}|$, where $|\vec{q}|$ is the intensity of wave vector. These results provide insight into the nature of quasiparticles in graphene, which behave like massless Dirac fermions, laying the theoretical foundation for the study of relativistic phenomena in condensed matter systems.

Key-words: Graphene; *Tight-Binding* Model; Dirac fermions; Electronic Structure.

INTRODUÇÃO

O grafeno é um material bidimensional que foi isolado experimentalmente em 2004 pelos físicos Andre Geim e Konstantin Novoselov, no Reino Unido, por meio da esfoliação mecânica de finas camadas de grafite com o auxílio de uma fita adesiva (Novoselov *et al.*, 2004). Esta técnica simples revolucionou a pesquisa em materiais bidimensionais e lhes rendeu o Prêmio Nobel de Física em 2010. O grafeno trata-se de um material composto por uma única camada de átomos de carbono organizados em uma rede cristalina hexagonal, na qual cada

átomo se liga covalentemente a três vizinhos por meio de ligações do tipo sp^2 (Segundo & Vila, 2016). Essa estrutura confere ao grafeno propriedades eletrônicas, mecânicas e térmicas singulares, tornando-o um sistema modelo para o estudo de fenômenos fundamentais da física do estado sólido.

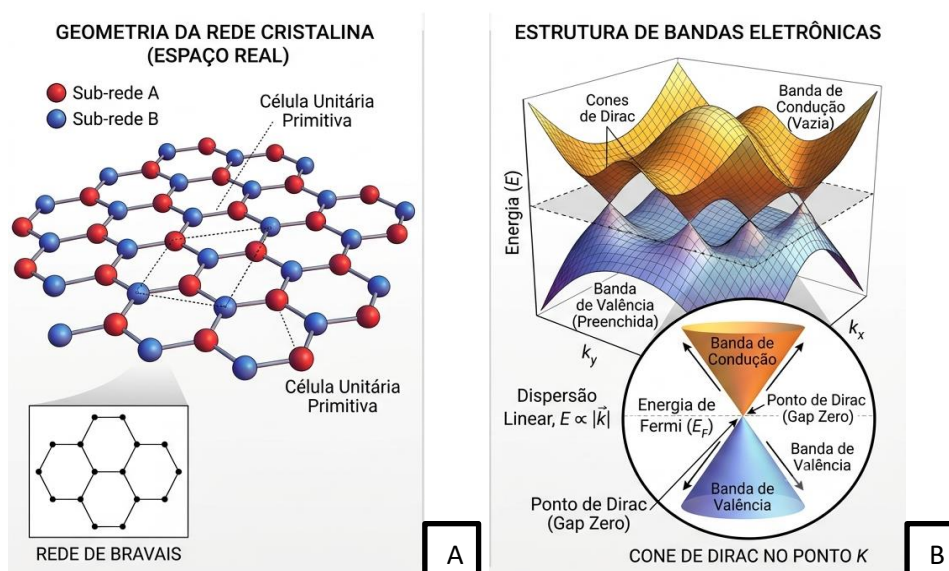
Devido à sua organização atômica em uma rede hexagonal bidimensional, o grafeno apresenta uma mobilidade eletrônica excepcionalmente alta, permitindo que os elétrons se desloquem por sua superfície com mínima dispersão, comportando-se como férmions de Dirac sem massa. Além disso, o material possui condutividade elétrica superior à do cobre e resistência mecânica extraordinária, sendo aproximadamente 200 vezes mais resistente que o aço, apesar de extremamente leve e flexível (Sun; Wu & Shi, 2011). Para compreender essas propriedades singulares, é necessário utilizar modelos teóricos capazes de descrever o movimento dos elétrons na estrutura cristalina do grafeno. Entre esses modelos, destaca-se o modelo *tight-binding*, amplamente utilizado na descrição da estrutura eletrônica de materiais cristalinos.

A aplicação desse modelo ao grafeno permite analisar o comportamento dos elétrons π associados aos orbitais P_z , responsáveis pelas propriedades eletrônicas do material. A partir dessa abordagem, é possível obter a estrutura de bandas do grafeno e compreender a origem da dispersão linear de energia nas proximidades dos pontos de Dirac, característica fundamental associada ao comportamento relativístico de seus portadores de carga.

Do ponto de vista da física do estado sólido, a descrição do comportamento eletrônico em materiais cristalinos está diretamente relacionada à periodicidade da rede atômica. Em sistemas periódicos, os elétrons não podem ser tratados como partículas completamente livres, uma vez que estão submetidos ao potencial periódico gerado pelos núcleos da rede cristalina. Nesse contexto, conceitos como funções de Bloch, espaço recíproco e zona de Brillouin tornam-se essenciais para a compreensão da dinâmica eletrônica em sólidos cristalinos (Ashcroft & Mermin, 1976).

No caso do grafeno, a geometria hexagonal da rede cristalina exerce papel central na formação de sua estrutura eletrônica. A presença de duas sub-redes interpenetrantes, convencionalmente denominadas sub-redes A e B (vide Figura 1a), conduz naturalmente à formulação de um Hamiltoniano matricial 2×2 , cuja solução fornece as bandas de condução e valência do sistema. A partir da resolução da equação de autovalor associada a esse Hamiltoniano, obtém-se a relação de dispersão eletrônica do grafeno, evidenciando a existência de pontos especiais da zona de Brillouin nos quais as bandas se tocam sem abertura de gap energético, conforme Figura 1b, (Castro Neto *et al.*, 2009).

Figura 1 - Relação entre a estrutura cristalina do grafeno e sua estrutura de bandas eletrônicas.



Fonte: Gerada e modificada pelos autores por meio da ferramenta de inteligência artificial Gemini da Google (2026).

Nas proximidades desses pontos, conhecidos como pontos de Dirac (Figura 1b), a relação entre energia e momento torna-se linear, diferentemente da dispersão parabólica observada em semicondutores convencionais. Como consequência, os elétrons no grafeno passam a comportar-se como quasipartículas relativísticas efetivamente sem massa, descritas por uma equação análoga à equação de Dirac em duas dimensões. Essa propriedade estabelece uma importante conexão entre a física da matéria condensada e conceitos originalmente desenvolvidos no contexto da mecânica quântica relativística.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma abordagem teórica introdutória da estrutura eletrônica do grafeno por meio do modelo *tight-binding*, enfatizando os fundamentos físicos e matemáticos necessários para a obtenção da relação de dispersão eletrônica do material e para a compreensão do surgimento dos férmions de Dirac em sistemas bidimensionais.

MATERIAIS E MÉTODOS

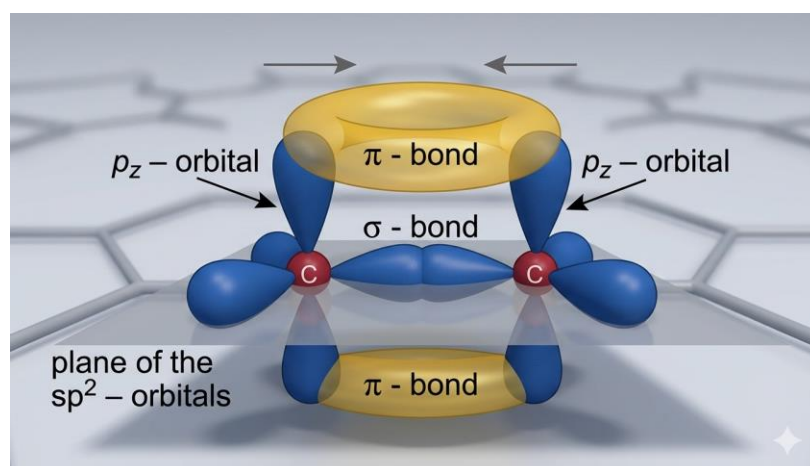
Este trabalho é de natureza bibliográfica e exploratória com abordagem qualitativa, baseada na análise de artigos científicos, livros e revisões teóricas relacionados às propriedades eletrônicas do grafeno. Para a descrição teórica da estrutura eletrônica do material, utilizou-se o modelo *tight-binding* aplicado à rede hexagonal do grafeno (vide Figura 1a), considerando interações entre primeiros vizinhos. A partir desse modelo, realizou-se a obtenção da relação de dispersão eletrônica e a análise do comportamento linear da energia nas proximidades dos pontos de Dirac.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estrutura Cristalina do Grafeno

O grafeno é formado por uma rede bidimensional hexagonal de átomos de carbono. O carbono possui 4 elétrons de valência, 1 orbital s e 3 orbitais p . No grafeno, temos a hibridização sp^2 , na qual os orbitais $2s$, $2p_x$ e $2p_y$ combinam-se formando três orbitais híbridos coplanares, ou seja, três orbitais sp^2 que ficam no mesmo plano da rede cristalina, formando ligações covalentes do tipo σ entre átomos vizinhos, separados por ângulos de 120° . Essa rede de ligações σ confere grande rigidez mecânica ao material (vide Figura 2).

Figura 2 - Representação esquemática dos orbitais atômicos no grafeno, evidenciando as ligações σ no plano sp^2 e a formação de ligações π pelos orbitais p_z .



Fonte: Adaptada de Akbari e Baghai-Wadji (2018), recriada com auxílio de inteligência artificial pelos autores (2026).

Os elétrons mais relevantes para as propriedades eletrônicas do grafeno são os elétrons π provenientes dos orbitais p_z que não participam da hibridização sp^2 . Esses orbitais estão orientados perpendicularmente ao plano hexagonal da rede cristalina e se sobrepõem, formando uma nuvem eletrônica π distribuída acima e abaixo do plano do material (Figura 2). Os elétrons presentes nessa nuvem tornam-se deslocalizados, podendo se mover livremente ao longo da rede, sendo, portanto, responsáveis pela condução elétrica no grafeno.

No modelo *tight-binding* assume-se que o elétron permanece fortemente ligado ao átomo de origem, mas pode “saltar” (*hopping*) para átomos vizinhos devido à sobreposição dos orbitais. No grafeno, apenas os elétrons provenientes dos orbitais p_z são considerados nesse processo. A probabilidade de salto entre átomos vizinhos é caracterizada pela energia de *hopping*, t , cujo valor experimental típico é $t \approx 2,7 \text{ eV}$ (Reich *et al.*, 2002). A rede cristalina do grafeno, embora seja hexagonal, pode ser descrita como a superposição de duas sub-redes

triangulares interpenetrantes, denominadas sub-rede A e sub-rede B. Cada átomo pertencente à sub-rede A possui como vizinhos imediatos apenas átomos da sub-rede B, e vice-versa. Essa estrutura bipartida implica que a função de onda eletrônica deve ser descrita considerando amplitudes de probabilidade associadas a cada sub-rede, o que conduz naturalmente a uma representação matricial 2×2 para o Hamiltoniano do sistema.

O Hamiltoniano do sistema pode ser escrito como operador de criação e aniquilação das sub-redes A e B, representando o *hopping* entre as duas sub-redes, dado por,

$$H = -t \sum_{\langle i,j \rangle} (a_i^\dagger b_j + b_j^\dagger a_i),$$

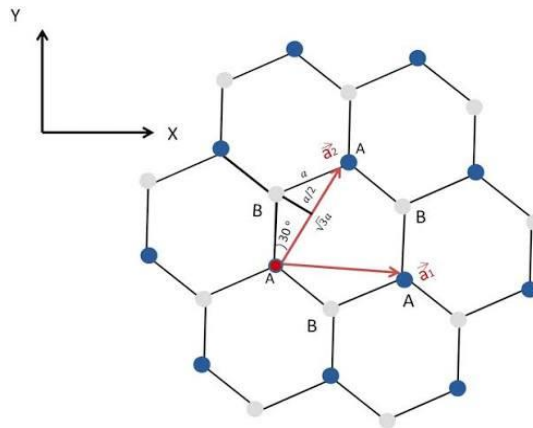
sendo $\langle i, j \rangle$ representa a interação dos primeiros vizinhos e t representa a energia de *hopping* entre os átomos vizinhos.

No espaço de momento, o Hamiltoniano assume forma matricial

$$H(K) = \begin{pmatrix} 0 & f(k) \\ f^*(k) & 0 \end{pmatrix},$$

no qual k é o vetor de onda do elétron e a função $f(k)$ dada por $f(k) = -t \sum_{i=1}^3 e^{i\vec{k} \cdot \vec{\delta}_i}$, sendo δ_i os vetores que conectam os átomos da sub-rede A e sub-rede B. Os vetores que conectam um átomo da sub-rede A aos seus três vizinhos da sub-rede B são expressos por $\delta_1 = (a, 0)$, $\delta_2 = (-a/2, \sqrt{3}/2)$ e $\delta_3 = a(-1/2, -\sqrt{3}/2)$, sendo a representa a distância entre átomos vizinhos de carbono, veja Figura 3, equivalente a aproximadamente $0,142 \text{ nm}$ (Reich *et al.*, 2002).

Figura 3 - Ilustração das sub-redes A e sub-redes B.



Fonte: Dartora *et al.* (2015).

A função de onda eletrônica no grafeno é descrita por um espinor de duas componentes associado às duas sub-redes do cristal: $\psi = (\psi_A \ \psi_B)$, onde o espinor $\psi^\dagger = (\psi_A \ \psi_B)^T$ representa as amplitudes de probabilidade nas sub-redes A e B. A estrutura de bandas do grafeno é obtida a partir da equação de autovalor, $H\psi = E\psi$, isto é,

$$(0 \ f(k) \ f^*(k) \ 0)(\psi_A \ \psi_B) = E(\psi_A \ \psi_B).$$

As energias permitidas do sistema são obtidas resolvendo o problema de autovalores do Hamiltoniano. Para isso, impõe-se a condição: $\det(H - EI) = 0$, sendo I é a matriz identidade. Então, encontramos

$$E(K) = \pm |f(k)|.$$

Calculando os produtos escalares:

$$\vec{k} \cdot \vec{\delta}_1 = k_x a,$$

$$\vec{k} \cdot \vec{\delta}_2 = -k_x a/2 + \sqrt{3}k_y a/2,$$

e

$$\vec{k} \cdot \vec{\delta}_3 = -k_x a/2 - \sqrt{3}k_y a/2.$$

Então, encontramos a seguinte expressão para

$$f(k) = -t [e^{ik_x a} + e^{-i(k_x a/2 - \sqrt{3}k_y a/2)} + e^{-i(k_x a/2 + \sqrt{3}k_y a/2)}].$$

Com base nisso, facilmente podemos encontrar, a seguinte relação de energia,

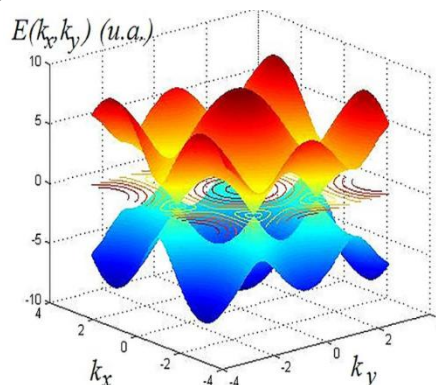
$$E = \pm |f(k)|.$$

O que fornece,

$$E(K) = \pm t \sqrt{1 + 4\cos^2(k_x a/2) + 4\cos(k_x a/2)\cos(\sqrt{3}k_y a/2)}.$$

Esse resultado evidencia a presença de duas bandas eletrônicas no material, correspondentes às bandas de condução e valência e sendo conhecida como a relação de dispersão eletrônica do grafeno, veja Figura 4.

Figura 4 - Estruturas de bandas eletrônicas do grafeno.



Fonte: Dartora, Saldaña Jimenez e Zanella (2014).

Neste material, pontos especiais da zona de Brillouin correspondem aos chamados pontos de Dirac. As coordenadas do ponto K na rede hexagonal são dadas por $K = (4\pi/3\sqrt{3} a, 0)$, para estudar o comportamento da dispersão nas proximidades desse ponto, define-se um pequeno vetor de onda em torno de K, $k = K + q$, sendo q é um vetor pequeno, assim, nas vizinhanças do ponto K,

$$E \approx \pm \frac{3at}{2} |q^2|,$$

Utilizando a relação quântica entre o momento cristalino e o vetor de onda, $p = \hbar q$, a expressão obtida para a energia pode ser reescrita em termos da velocidade de Fermi. Definindo: $v_F = 3at/2\hbar$. Obtém-se finalmente a relação linear característica do grafeno, a saber

$$E = \hbar v_F |\vec{q}|.$$

onde $\hbar$ é a constante de Planck reduzida, v_F é a velocidade de Fermi e $|\vec{q}|$ representa a distância no espaço recíproco em relação ao ponto de Dirac. A relação linear entre energia e momento evidencia que os elétrons no grafeno se comportam como quase partículas relativísticas sem massa, diferentemente do que ocorre em semicondutores convencionais, cuja dispersão é parabólica.

Interpretação Física da Dispersão Linear: Férmions de Dirac no Grafeno

Com base no resultado encontrado no item anterior, isso marca uma mudança importante na descrição dos elétrons no grafeno, pois mostra que o seu comportamento difere significativamente daquele observado em semicondutores convencionais. Em sólidos cristalinos usuais, a dinâmica dos elétrons próximos ao fundo da banda de condução pode ser descrita por uma relação de dispersão aproximadamente parabólica

$$E = p^2/2m^*,$$

sendo m^* representa a massa efetiva do elétron no meio cristalino. Essa forma quadrática caracteriza partículas massivas e conduz a um comportamento eletrônico essencialmente não relativístico. Nesse regime, a velocidade das partículas depende quadraticamente do momento, sendo nula no mínimo da banda. No grafeno, entretanto, o resultado obtido apresenta uma dependência linear entre energia e momento. Escrevendo o momento cristalino como $p = \hbar|\vec{q}|$, a relação de dispersão obtida para o grafeno $E = \pm \hbar v_F |\vec{q}|$ a expressão pode ser reescrita como $E = \pm v_F p$, onde v_F é a velocidade de Fermi do grafeno, tipicamente da ordem de 10^6 m/s , essa forma é formalmente idêntica à relação relativística para partículas sem massa,

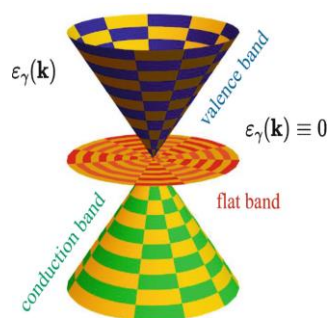
$E = pc$ (Griffiths, 2008). A substituição da velocidade da luz pela velocidade de Fermi indica que os portadores de carga no grafeno comportam-se como partículas relativísticas efetivamente sem massa, ainda que o sistema seja totalmente não relativístico em sua origem microscópica. Essa analogia estabelece uma ponte conceitual entre a física do estado sólido e a teoria quântica relativística. Além disso, a linearidade da dispersão não é apenas uma coincidência matemática.

Embora os elétrons do grafeno não sejam partículas relativísticas no sentido fundamental, a forma linear da relação de dispersão faz com que sua dinâmica, nas proximidades dos pontos de Dirac, seja descrita por equações semelhantes às utilizadas na teoria relativística. Como consequência, propriedades típicas de partículas relativísticas emergem efetivamente no material, mesmo em um sistema de matéria condensada. Esse resultado é particularmente interessante porque permite investigar fenômenos associados à teoria de Dirac em escalas de energia muito inferiores às encontradas na física de partículas. Dessa forma, o grafeno estabelece uma importante conexão entre a física do estado sólido e conceitos originalmente desenvolvidos no contexto da mecânica quântica relativística.

A expansão do Hamiltoniano *tight-binding* nas proximidades dos pontos K e K' conduz diretamente a uma forma efetiva do Hamiltoniano de Dirac em duas dimensões, $H \approx \hbar v_F \vec{\sigma} \cdot \vec{q}$ (Castro Neto *et al.*, 2009), sendo que σ representa o vetor de matrizes de Pauli associado ao grau de liberdade de sub-rede. Nesse contexto, o elétron no grafeno não é descrito apenas como uma partícula livre, mas como um espinor de duas componentes, cuja estrutura interna reflete a existência das duas sub-redes triangulares do reticulado hexagonal. Esse grau de liberdade adicional é denominado pseudospin, pois não corresponde ao spin eletrônico real, mas sim à probabilidade do elétron ocupar cada uma das sub-redes. A presença do pseudospin é crucial para compreender diversos fenômenos de transporte e espalhamento no grafeno.

A dispersão linear implica que a estrutura de bandas próxima aos pontos K possui a forma de dois cones que se tocam em um único ponto. Esses cones são conhecidos como cones de Dirac, conforme ilustrado na Figura 5.

Figura 5 - Esquema ilustrativo dos cones de Dirac associados à estrutura de bandas do grafeno.



Fonte: Lurov (2024).

O cone superior corresponde à banda de condução ($E > 0$), associada a portadores do tipo elétron. O cone inferior representa a banda de valência ($E < 0$), associada a portadores do tipo lacuna. O ponto onde ambas as bandas se encontram é denominado ponto de Dirac e possui propriedades singulares, como o *gap* de energia é exatamente nulo, a energia de Fermi do grafeno intrínseco coincide com esse ponto e a densidade de estados eletrônicos tende a zero quando $E \rightarrow 0$. Essa característica coloca o grafeno em uma categoria intermediária entre metais e semicondutores, sendo frequentemente classificado como um semimetal bidimensional ou semicondutor de *gap* nulo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo deste capítulo, foi apresentada uma descrição teórica da estrutura eletrônica do grafeno utilizando o modelo *tight-binding* aplicado aos elétrons π . Inicialmente, discutiu-se a estrutura cristalina hexagonal do material e a hibridização sp^2 dos átomos de carbono, destacando o papel fundamental dos orbitais p_z , responsáveis pelas propriedades eletrônicas do grafeno. A partir da separação da rede cristalina em duas sub-redes, A e B, foi possível construir o Hamiltoniano matricial 2×2 , cuja resolução forneceu a relação de dispersão eletrônica do material. Durante o desenvolvimento matemático, foram utilizadas propriedades das ondas de Bloch, manipulações algébricas e identidades trigonométricas para obter a expressão da energia em função do vetor de onda $\vec{k}$.

Posteriormente, ao expandir a relação de dispersão nas proximidades do ponto K da primeira zona de Brillouin, obteve-se uma dispersão linear da forma $E = \pm \hbar v_F |\vec{q}|$ resultado que mostra que os elétrons no grafeno apresentam comportamento análogo de partículas relativísticas sem massa. Dessa forma, as excitações eletrônicas do material passam a ser descritas como férmions de Dirac, característica que diferencia o grafeno de semicondutores convencionais.

Os resultados obtidos evidenciam como a geometria hexagonal da rede cristalina influencia diretamente as propriedades eletrônicas do material. Além disso, o modelo *tight-binding* mostrou-se uma ferramenta eficiente para descrever, de maneira relativamente simples, fenômenos fundamentais associados ao grafeno, permitindo compreender a origem de propriedades como alta mobilidade eletrônica e condução eficiente. Por fim, o estudo desenvolvido fornece uma base teórica importante para análises mais avançadas envolvendo materiais bidimensionais, física da matéria condensada e aplicações tecnológicas associadas ao grafeno.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHCROFT, N. W.; MERMIN, N. D. **Solid state physics**. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1976.

CASTRO NETO, A. H.; GUINEA, F.; PERES, N. M. R.; NOVOSELOV, K. S.; GEIM, A. K. The electronic properties of graphene. **Reviews of Modern Physics**, v. 81, n. 1, p. 109–162, 2009.

DE LA FUENTE, J. Properties of Graphene. **Graphenea**, 2025. Disponível em: <https://share.google/k86OpulGwPVNpT5un>.

NOVOSELOV, K. S.; GEIM, A. K.; MOROZOV, S. V.; JIANG, D.; ZHANG, Y.; DUBONOS, S. V.; GRIGORIEVA, I. V.; FIRSOV, A. A. Electric field effect in atomically thin carbon films. **Science**, v. 306, n. 5696, p. 666–669, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1102896>.

SEGUNDO, J. E. D. V.; VILAR, E. O. Grafeno: uma revisão sobre propriedades, mecanismos de produção e potenciais aplicações em sistemas energéticos. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, v. 11, n. 2, p. 54–57, 2016. Disponível em: <https://share.google/CumtuFsGrt68EnhY3>. Acesso em: 7 jun. 2026.

AKBARI, M.; BAGHAI-WADJI, A. **Uniaxial strain effect on graphene-nanoribbon resonant tunneling transistors**. 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.10204.21123.

REICH, S.; MAULTZSCH, J.; THOMSEN, C. Tight-binding description of graphene. **Physical Review B**, v. 66, n. 3, p. 035412, 2002. DOI: 10.1103/PhysRevB.66.035412.

DARTORA, C. A.; SALDAÑA JIMENEZ, M. J.; ZANELLA, F. Fundamentos da física dos férmions de Dirac sem massa em (1+2)-D e o grafeno. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 4, p. 4306, 2014.

Lurov, A. Dirac Cone Materials: Graphene and Beyond Graphene. In: A Tutorial on the WKB Approximation for Innovative Dirac Materials. **Springer Tracts in Modern Physics**, vol 292. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-60065-4_5, 2024.

GOOGLE. **Gemini**. Mountain View: Google, 2026. Ferramenta de inteligência artificial utilizada para a vetorização ilustrativa e aprimoramento de imagem técnica. Disponível em: <https://gemini.google.com>. Acesso em: 7 jun. 2026.

GRIFFITHS, D. J. **Introduction to elementary particles**. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2008.

CAPÍTULO 15 - ARTE E FÍSICA INTERATIVA: UMA EXPERIÊNCIA DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA EM UMA FEIRA DE CIÊNCIAS

Alessandra Jaqueline Oliveira de Sousa¹, Matheus Giovanni da Costa Paiva², Larissa Barbosa Pantoja³, Carlos Alberto Brito da Silva Junior⁴, Shirsley Joany dos Santos da Silva⁵

¹ alessandra.sousa@ananindeua.ufpa.br, Graduanda em Física, Universidade Federal do Pará,

² matheuspaiva@ananindua.ufpa.br, Graduando em Física, Universidade Federal do Pará

³ larissa.pantoja@ananindeua.ufpa.br, Graduanda em Física, Universidade Federal do Pará

⁴ cabsjr@ufpa.br, Doutor em Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará

⁵ shirsley@ufpa.br, Doutora em Física, Universidade Federal do Pará

RESUMO

O presente trabalho analisa a experiência do Museu de Arte e Física Interativa (MAFI) na II Feira de Ciências FAFIS/FAQUIM-CANAN, em Ipixuna do Pará. O MAFI é um museu virtual imersivo que integra arte, física e tecnologia na plataforma *Artsteps* por meio de galerias 3D interativas. A metodologia misto-avaliativa analisou 50 questionários válidos e observações de mediação. Os resultados apontam que 90% dos participantes consideraram que a união entre arte e ciência facilitou a compreensão conceitual. Na atratividade, as maquetes físicas tridimensionais foram o principal polo de interesse (46%), superando as simulações digitais (8%). Observou-se expressiva homogeneidade nas respostas entre estudantes do Ensino Médio e da EJA, provando que o formato interativo e a mediação oral atuaram como niveladores culturais que neutralizaram barreiras geracionais e desigualdades de acesso. Conclui-se que o museu virtual se configura como um espaço não formal de educação transformador, capaz de instigar o pensamento crítico e aproximar a sociedade da cultura científica universitária.

Palavras-chaves: Divulgação Científica, Museu Virtual, Ensino Não Formal. *Artsteps*

ABSTRACT

The present study analyzes the experience of the Museum of Art and Interactive Physics (*Museu de Arte e Física Interativa* - MAFI) during the II FAFIS/FAQUIM-CANAN Science Fair, held in the municipality of Ipixuna do Pará. MAFI is an immersive virtual museum that integrates art, physics, and technology through interactive 3D galleries developed on the *Artsteps* platform. The mixed-methods evaluative approach analyzed 50 valid questionnaires along with field observations of the mediation process. The results indicate that 90% of the participants considered that the integration of art and science facilitated conceptual understanding. Regarding attractiveness, three-dimensional physical models emerged as the primary focus of interest (46%), outperforming the isolated use of digital simulations (8%). A significant homogeneity was observed in the responses between regular High School students and Adult Education (*EJA*) students, proving that the interactive format and oral mediation acted as cultural levelers that neutralized generational barriers and inequalities in prior access. In conclusion, the virtual museum configures itself as a transformative non-formal educational space, capable of fostering critical thinking and bridging the gap between society and university scientific culture.

Keywords: Science Communication. Virtual Museum. Non-Formal Education. *Artsteps*.

INTRODUÇÃO

A ciência ocupa papel central no desenvolvimento das sociedades contemporâneas, influenciando desde avanços tecnológicos, social e cultural. Entre os diversos ambientes destinados à divulgação científica, os museus de ciência destacam-se como importantes espaços de educação não formal. Diferentemente dos ambientes escolares tradicionais, esses espaços possibilitam experiências de aprendizagem mais abertas, interativas e centradas na curiosidade

dos visitantes. Nesse sentido, (Marandino, 2008) ressalta que os museus de ciência constituem espaços fundamentais de mediação entre a produção científica e o público, contribuindo para a alfabetização científica e o enriquecimento cultural da população.

Apesar de sua relevância, o acesso aos museus e centros de ciência ainda é limitado em diversas regiões. Questões relacionadas à localização geográfica, disponibilidade de infraestrutura e desigualdades socioeconômicas frequentemente dificultam a participação de diferentes grupos sociais em atividades de divulgação científica. Essa realidade torna especialmente importante a busca por alternativas que ampliem o alcance das ações educativas e promovam formas mais democráticas de acesso ao conhecimento.

As transformações promovidas pelas TDICs também alcançaram os espaços de divulgação científica. Museus Virtuais, centros culturais e instituições educacionais passaram a incorporar recursos digitais em suas práticas, desenvolvendo ambientes virtuais capazes de ampliar significativamente o acesso aos seus acervos e atividades. Nesse panorama, (Almeida & Silva, 2022) apontam que a inserção de plataformas tridimensionais e simulações interativas nos espaços não formais não apenas democratiza o acesso geográfico, mas potencializa novas formas de engajamento e recepção pública do conhecimento científico.

No campo educacional, a articulação entre arte, ciência e tecnologia contribui para a superação de abordagens excessivamente fragmentadas do conhecimento, promovendo práticas interdisciplinares que valorizam diferentes formas de expressão e aprendizagem. Nesse sentido, a arte deixa de desempenhar apenas uma função ilustrativa e passa a constituir uma linguagem capaz de potencializar a compreensão de conceitos científicos e estimular processos de reflexão crítica.

Foi a partir dessas perspectivas que surgiu o Museu de Arte e Física Interativa (MAFI), uma iniciativa voltada à popularização da ciência por meio da integração entre arte, física e tecnologias digitais. Desenvolvido em ambiente virtual, busca criar experiências educativas capazes de aproximar diferentes públicos do conhecimento científico, utilizando recursos visuais, elementos culturais e conteúdo de física apresentados de forma acessível e interativa física na escola. Conforme destacado por (Teixeira *et al.*, 2025) em seu trabalho sobre o Museu Virtual do Renascimento, o *Artsteps* permite aos usuários construir e compartilhar exposições em espaços 3D, facilitando a criação de *storytellings* interativos e visitas guiadas.

O MAFI foi desenvolvido utilizando a plataforma *Artsteps* (s.d), que permite a criação de galerias virtuais tridimensionais com recursos multimídia e percursos interativos. A escolha dessa plataforma esteve associada à possibilidade de construir ambientes imersivos nos quais arte, ciência e tecnologia pudessem dialogar de maneira integrada, ampliando as oportunidades

de exploração e interação por parte dos visitantes. A Figura 1 apresenta algumas das galerias que compõem o ambiente virtual do Museu de Arte e Física Interativa.

Figura 1: Vista superior do MAFI e sua identidade visual.



Fonte: Dos próprios autores

Nesse contexto, o presente capítulo tem como objetivo apresentar e analisar a experiência de divulgação do Museu de Arte e Física Interativa (MAFI) durante a II Feira de Ciências FAFIS/FAQUIM-CANAN, realizada no município de Ipixuna do Pará. São discutidos os fundamentos que orientaram a construção do ambiente virtual, as estratégias de interação desenvolvidas durante o evento e as contribuições da iniciativa para a popularização da ciência e para a promoção de práticas educativas interdisciplinares fundamentadas na integração entre arte, ciência e tecnologia.

METODOLOGIA

O estudo caracteriza-se como uma pesquisa avaliativa de natureza aplicada, pautada na abordagem de métodos mistos (Creswell & Plano Clark, 2018). Esta escolha metodológica justifica-se pela necessidade de articular dados quantitativos, que conferem representatividade à amostra de 67 participantes, com dados qualitativos obtidos por meio de observações diretas e interações durante a mediação da exposição, permitindo uma análise mais abrangente e densa da experiência pedagógica (GIL, 2017).

A investigação concentrou-se na análise da experiência dos visitantes durante a exposição do Museu de Arte e Física Interativa (MAFI) na II Feira de Ciências FAFIS/FAQUIM-CANAN, realizada no município de Ipixuna do Pará. A participação do MAFI na feira constituiu uma ação de divulgação científica voltada à aproximação entre a universidade e a comunidade escolar.

A principal ferramenta empregada foi o aplicativo *Artsteps*, uma plataforma que possibilita a criação de exposições de arte em ambientes virtuais 3D. Através do *Artsteps*, construiu-se um espaço digital onde os conceitos de arte e física puderam ser explorados de forma integrada, permitindo aos visitantes uma navegação intuitiva. A plataforma oferece recursos para a inserção de imagens, vídeos, textos e modelos 3D, o que foi crucial para a representação visual dos fenômenos físicos e das obras de arte.

Figura 2: Aluna preenchendo o questionário de avaliação do MAFI. A coleta de dados presencial foi fundamental para compreender a percepção dos participantes. Alunos interagindo com o MAFI através do notebook e da projeção em sala escura, demonstrando a abordagem interativa da exposição.



Fonte: Dos próprios autores

Durante a feira, a exposição do MAFI foi cuidadosamente planejada em uma sala escura, ambiente que por si só criava uma atmosfera de imersão e foco, ver figura 2. Dentro dessa sala, a navegação do MAFI era projetada em uma das paredes em grande escala, transformando-a em uma grande tela interativa que permitia a grupos de visitantes acompanhar coletivamente a experiência. Simultaneamente, um *notebook* foi disponibilizado para exploração individual do ambiente virtual, possibilitando maior autonomia na interação com os conteúdos no próprio ritmo do participante. A experiência foi guiada pela estudante bolsista responsável pelo desenvolvimento do MAFI, contando também com o apoio de estudantes e professores da Faculdade de Física da Universidade Federal do Pará (UFPA).

Questionário de Percepção (Ampliado com Perfil)

Para avaliar a experiência dos visitantes e a eficácia da proposta pedagógica do MAFI, foi aplicado um questionário de satisfação. O questionário foi disponibilizado tanto em formato digital, através do *Google Forms*, quanto em formato físico (papel), para garantir a participação de todos os públicos. O questionário fundamenta-se em (BABBIE,2001) para a operacionalização de conceitos em indicadores empíricos.

Assim, cada item do instrumento foi estrategicamente desenhado para mapear construtos específicos relacionados ao perfil socioeducacional, comportamento cultural e recepção da divulgação científica PASQUALE, (2010).

Pergunta 1 (Perfil Sócio-Escolar do Visitante): Mapear o perfil educacional e demográfico dos participantes para analisar possíveis relações entre escolaridade, compreensão dos conteúdos e aceitação das tecnologias utilizadas.

Pergunta 2 (Hábitos de Consumo Cultural) e Acesso à Ciência: Investigar a familiaridade do público com museus e espaços de educação não formal, avaliando o potencial do MAFI como instrumento de democratização do acesso à ciência.

Pergunta 3 (Eficácia da Aprendizagem Interdisciplinar): Avaliar se a integração entre Arte e Física contribuiu para facilitar a compreensão de conceitos científicos e tornar a aprendizagem mais significativa.

Pergunta 4 (Natureza da Ciência e Desmistificação Científica): Verificar se a experiência contribuiu para ampliar a compreensão da ciência como uma atividade humana, criativa, colaborativa e socialmente construída.

Pergunta 5 (Atratividade Tecnológica e Relevância Temática): Identificar os recursos e temas que despertaram maior interesse do público, fornecendo subsídios para o aprimoramento e a replicação futura da exposição virtual.

A proposta do MAFI dialoga diretamente com a BNCC (Brasil, 2018) ao promover competências relacionadas à investigação científica, à cultura digital e à valorização do repertório cultural dos estudantes. No Ensino Fundamental, as atividades favorecem o desenvolvimento das habilidades investigativas previstas na área de Ciências da Natureza. Já no Ensino Médio, a exposição aproxima-se especialmente das habilidades EM13CNT301 e EM13CNT302, ao estimular a formulação de hipóteses, a interpretação de fenômenos físicos, o uso de recursos digitais e a comunicação de conhecimentos científicos em diferentes contextos.

1.Sobre você: Com que frequência você costuma visitar museus ou exposições de ciência (presenciais ou virtuais)? () Frequentemente () Raramente () Nunca

2.Integração: De que forma a combinação entre arte e ciência (como vimos nas maquetes e história) ajudou a compreender melhor os conceitos apresentados? () Ajudou muito, facilitou a visualização. () Ajudou um pouco, mas prefiro o formato tradicional. () Não vi conexão entre os dois temas.

3.Visão da Ciência: Após esta breve visita, qual é a sua principal percepção sobre o trabalho científico? () É um trabalho colaborativo e exige muita criatividade. () É algo solitário, focado apenas em cálculos e laboratório. () Não alterou minha visão anterior.

4.O que mais te marcou: Qual elemento da nossa exposição você considerou mais interessante ou curioso? () As maquetes (funcionamento e mecânica). () A “Afroastronomia” (conexão cultural e céu). () O uso de ferramentas digitais/vídeos (simulações). () A atividade coletiva (quebra-cabeça).

O MAFI foi cuidadosamente curado para apresentar um conteúdo diversificado que ilustrasse a interconexão entre arte e física. Entre os elementos expostos, destacavam-se:

- Maquetes: Representações físicas que demonstravam o funcionamento e a mecânica de diversos fenômenos físicos, tornando conceitos abstratos mais concretos e compreensíveis. (Aguardando detalhes específicos das maquetes).

- Afroastronomia: Uma seção dedicada à conexão cultural e à observação do céu sob a perspectiva da Afroastronomia, enriquecendo a experiência com uma dimensão histórica e cultural muitas vezes negligenciada no ensino de ciências. (Aguardando detalhes sobre como este tema foi abordado).

- Ferramentas Digitais/Vídeos: Utilização de simulações e vídeos para ilustrar conceitos complexos, permitindo aos visitantes visualizar fenômenos que seriam difíceis de replicar em um ambiente de feira.

- Atividade Coletiva: Um quebra-cabeça que promovia a colaboração e o aprendizado em grupo, incentivando a interação entre os participantes e a construção conjunta do conhecimento.

Os objetivos do projeto MAFI, conforme delineados na sua concepção, eram ambiciosos e multifacetados, visando impactar positivamente o processo educacional:

Desenvolver investigação científica com protagonismo estudantil: Incentivar os alunos a se tornarem agentes ativos em sua própria aprendizagem, promovendo a curiosidade e a busca por respostas.

Integrar ciência, arte e tecnologia em experiências ativas: Criar um ambiente onde essas três áreas se complementassem para oferecer uma experiência de aprendizado mais rica e envolvente.

Conectar teoria e prática ao mundo real: Demonstrar a relevância dos conceitos científicos e artísticos no cotidiano dos estudantes.

Usar recursos digitais interativos: Aproveitar o potencial das TDICs para criar um ambiente de aprendizado dinâmico e moderno.

Simplificar linguagem científica e produzir materiais visuais: Tornar a ciência acessível a todos, independentemente de seu nível de conhecimento prévio.

Promover rodas de conversa e criação artística pelos alunos: Estimular a discussão, o pensamento crítico e a expressão criativa dos participantes.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após a depuração e validação dos instrumentos de coleta, a amostragem final delimitou-se a 50 respondentes válidos, eliminando-se inconsistências e registros duplicados. O público-alvo analisado concentrou-se majoritariamente em estudantes do Ensino Médio.

O mapeamento do perfil dos visitantes revelou uma concentração expressiva no ambiente escolar da educação básica, acompanhada por uma inserção relevante do público geral. Conforme os dados consolidados, o Ensino Médio representou a ampla maioria da amostra, com 41 respostas (82,0%). O público classificado como "Outro", composto estudantes da Educação de Jovens e Adultos (EJA), (18,0%).

A investigação sobre os hábitos prévios de consumo cultural dos participantes evidenciou um cenário de pouquíssimos instrumentos de divulgação científica na região. A totalidade analítica da amostra (100%) declarou não frequentar tais ambientes de forma regular. Especificamente, 28 respondentes (56,0%) afirmaram que "nunca" haviam visitado um museu ou exposição de ciências antes do evento, enquanto os 22 indivíduos restantes (44,0%) indicaram que o fazem apenas "raramente".

A articulação entre a estética artística e os conteúdos da física pilar metodológico do MAFI obteve ampla validação empírica. Para 90,0% dos participantes (45 respostas), a integração interdisciplinar facilitou significativamente a visualização e a apropriação dos conceitos teóricos apresentados. Uma parcela restrita de 6,0% (3 respostas) avaliou que a interface auxiliou "um pouco", manifestando preferência pelo modelo de ensino puramente tradicional, ao passo que apenas 4,0% (2 respostas) declararam não ter identificado conexões diretas entre os eixos.

A exposição exerceu impacto direto na reformulação das concepções dos visitantes acerca da natureza da ciência. A maioria expressiva dos respondentes, totalizando 88,0% (44 pareceres), passou a definir a atividade científica como um processo dinâmico, criativo e intrinsecamente colaborativo. Em contrapartida, 12,0% (6 respostas) preservaram a visão clássica de que o trabalho dos cientistas como uma prática estritamente solitária, metódica e limitada ao isolamento dos laboratórios ou à rigidez de cálculos complexos.

O destaque para maquetes físicas tridimensionais, que atraíram 46% da preferência (23 votos) as maquetes físicas tridimensionais (focadas na demonstração mecânica e operacional dos fenômenos) figuraram como o principal polo de interesse, registrando 46,0% de preferência (23 escolhas). As atividades lúdicas coletivas e jogos de mediação alcançaram 26,0% (13 respostas), seguidas significativamente pelas discussões pautadas no eixo de Afroastronomia, com 20,0% (10 indicações). O uso exclusivo de ferramentas e simulações estritamente digitais respondeu por 8,0% das escolhas (4 respostas).

Os registros qualitativos coletados em campo pelos mediadores trazem camadas fundamentais de interpretação sobre os impactos descritos. Inicialmente, observou-se uma tendência nítida do público jovem em associar o caráter imersivo do MAFI a plataformas comerciais de jogos digitais e puro entretenimento. Esses dados coletados durante a II Feira de Ciências FACFIS/FAQUIM-CANAN, realizada no município de Ipixuna do Pará validam a tecnologia imersiva como um recurso de forte apelo motivacional e atração inicial de foco.

Um achado de central relevância metodológica na avaliação do MAFI reside na expressiva homogeneidade das respostas entre os estudantes do Ensino Médio regular e o público da Educação de Jovens e Adultos (EJA). Embora pertençam a faixas etárias muito distantes e possuam históricos de vida e de exclusão escolar heterogêneos, ambos os grupos apresentaram padrões de percepção estatisticamente semelhantes quanto à facilitação dos conceitos pela arte (Questão 3) e à desmistificação do trabalho científico (Questão 4).

Essa convergência de dados evidencia que a metodologia da exposição itinerante conseguiu gerar uma resposta de aceitação e compreensão uniforme, independentemente da faixa etária ou do histórico escolar dos respondentes. Sob a perspectiva social (Freire, 2021), o público da EJA e os estudantes do Ensino Médio regular possuem trajetórias marcadamente desiguais de acesso a equipamentos de divulgação científica e laboratórios formais. No entanto, os resultados idênticos nas questões de percepção mostram que o formato do MAFI focado na interatividade das maquetes físicas e na mediação oral atuou como um ponto de partida comum que neutralizou essas diferenças. Em vez de a idade avançada ou o tempo de afastamento da escola se tornarem barreiras para o aproveitamento da EJA, os dados provam empiricamente

que o design pedagógico e a linguagem da exposição foram igualmente acessíveis e eficazes para ambos os grupos, consolidando os espaços não formais como ferramentas eficientes de inclusão e democratização da física

Nesse cenário, a intervenção e o papel do mediador mostram-se indispensáveis. Coube à mediação ressignificar a experiência lúdica, mostrando a relação entre os modelos visuais expostos e as práticas efetivas de pesquisa conduzidas no âmbito acadêmico. Por meio desse diálogo reflexivo, esclareceu-se aos visitantes que os ambientes apresentados não eram elementos de ficção simulada, mas sim a tradução de dados consolidados, metodologias rigorosas e produção científica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As evidências empíricas e qualitativas discutidas ao longo deste capítulo consolidam o Museu de Arte e Física Interativa (MAFI) como uma estratégia metodológica robusta para a democratização da ciência e para a interiorização das ações de extensão da Universidade Federal do Pará (UFPA). A execução do projeto na II Feira de Ciências FAFIS/FAQUIM-CANAN, em Ipixuna do Pará, alcançou com êxito o objetivo de aproximar a produção acadêmica da comunidade escolar da educação básica.

Os dados numéricos revelaram uma expressiva aceitação do modelo interdisciplinar, demonstrando que a articulação entre a estética artística e o conteúdo físico facilita significativamente a apropriação de conceitos conceituais abstratos. O desenho experimental da exposição evidenciou que, embora as tecnologias digitais em 3D atuem como um importante polo de atração motivacional inicial para as novas gerações, a interatividade física e palpável das maquetes tridimensionais ainda se estabelece como o recurso pedagógico de maior impacto na retenção do interesse e no disparo da curiosidade pública.

Ademais, o principal achado social e metodológico desta avaliação repousa na convergência de percepções entre os estudantes do Ensino Médio regular e os da Educação de Jovens e Adultos (EJA). O fato de ambos os grupos apresentarem respostas estatisticamente semelhantes prova que o design pedagógico do MAFI e a linguagem baseada na mediação oral atuaram como eficientes niveladores culturais. A proposta conseguiu anular o peso das desigualdades e o distanciamento cronológico da escola, franqueando o letramento científico na área de física a públicos de diferentes gerações de maneira igualmente inclusiva. Ficou demonstrado, contudo, que o aparato tecnológico imersivo ou visual não é autossuficiente.

REFERENCIAS

MARANDINO, M. (Org.). **Educação em museus: a mediação em exame**. São Paulo: FEUSP, 2008.

ALMEIDA, R. S.; SILVA, J. A. As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) na divulgação científica e no ensino de ciências: potencialidades dos museus virtuais. **Revista Prática Docente**, v. 7, n. 2, e22045, p. 1-18, 2022.

SILVA, M. J.; SOUZA, A. R. O uso de plataformas digitais como ferramentas para o ensino de Física no Ensino Médio. **A Física na Escola**, v. 21, n. 1, p. 42-49, 2023.

TEIXEIRA, M. S.; SILVA, F. M.; SOUZA, L. H. O Museu Virtual do Renascimento: narrativas e interatividade em espaços 3D por meio da plataforma Artsteps. **Revista de Tecnologias Digitais no Ensino de Ciências**, v. 6, n. 1, p. 45-62, 2025.

ARTSTEPS. **Artsteps: create virtual exhibitions**. Disponível em: <https://www.artsteps.com>
CRESWELL, John W.; PLANO CLARK, Vicki L. **Designing and conducting mixed methods research**. 3. ed. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2018.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

BABBIE, E. **Métodos de pesquisa de survey**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2001.

PASQUALI, L. **Instrumentação psicológica: fundamentos e práticas**. Porto Alegre: Artmed, 2010.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>. Acesso em: 10 jun. 2026.

FREIRE, Paulo. **Educação como prática da liberdade**. 49. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2021.

CAPÍTULO 16 - OFICINA DE ASTRONOMIA NA ILHA DE MOSQUEIRO: UM RELATO DE EXPERIÊNCIA EXTENSINISTA NO 6º ANO DO ENSINO FUNDAMENTAL

Flávia Gabrielli Ramos Almeida¹, Marcelino Gabriel Alves de Sousa², Josiney Farias de Araujo³, Lelio Favacho Braga⁴, Shirsley Joany dos Santos da Silva⁵ e Carlos Alberto Brito da Silva Júnior⁶

¹ flavia.almeida@ananindeua.ufpa.br, Licenciando em Física, Faculdade de Física, Campus Ananindeua, UFPA

² marcelino.sousa@ananindeua.ufpa.br, Licenciando em Física, Faculdade de Física, Campus Ananindeua, UFPA

³ elio.braga@escola.seduc.pa.gov.br, Doutor em Educação, Docente Efetivo, SEDUC-PA

⁴ josineyaraujo@yahoo.com.br, Doutorando em Botânica Tropical, UFRA/MPEG

⁵ shirsley@ufpa.br, Doutora em Física, Faculdade de Física, Campus Ananindeua, UFPA

⁶ cabsjr@ufpa.br, Doutor em Engenharia Elétrica, Faculdade de Física, Campus Ananindeua, UFPA

RESUMO

A Astronomia constitui uma importante área do conhecimento científico, capaz de despertar a curiosidade dos estudantes e promover o diálogo entre conhecimentos científicos e saberes culturais relacionados à observação do céu. Neste contexto, o capítulo apresenta um relato de experiência de uma oficina desenvolvida durante o evento “Ciência na Ilha 2024”, realizado na Escola Municipal de Educação Infantil e Ensino Fundamental Donatila Santana Lopes, vinculada ao projeto de extensão “Inclusão e Divulgação Científica no Ensino de Astronomia”, aprovado no Programa Eixo Transversal da PROEX/UFPA e desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e Física (GPECF). A atividade envolveu 25 estudantes do 6º ano do Ensino Fundamental e foi estruturada em três etapas: utilização do software Stellarium, exploração de planisférios celestes e construção de projetores de constelações com materiais de baixo custo. A metodologia priorizou a participação ativa dos estudantes por meio de atividades práticas e contextualizadas. Os resultados evidenciaram elevado engajamento dos participantes, favorecendo a aprendizagem de conceitos astronômicos e a valorização dos saberes culturais associados à observação do céu na região amazônica. Além de fortalecer a relação entre universidade, escola e comunidade, a experiência demonstrou que o uso de recursos acessíveis e metodologias ativas constitui uma estratégia eficaz para o ensino e a divulgação da Astronomia em contextos escolares.

Palavras-chaves: Ensino de Astronomia; Ensino de Ciências; Extensão Universitária; Stellarium; Saberes Culturais Amazônicos.

ABSTRACT

Astronomy is an important field of scientific knowledge, capable of stimulating students' curiosity and promoting dialogue between scientific knowledge and cultural knowledge related to sky observation. In this context, this chapter presents an experience report of a workshop developed during the “Science on the Island 2024” event, held at Donatila Santana Lopes Municipal School of Early Childhood and Elementary Education. The activity was linked to the extension project “Inclusion and Scientific Dissemination in Astronomy Education,” approved under the PROEX/UFPA Transversal Axis Program and developed by the Research Group on Science and Physics Education (GPECF). The workshop involved 25 sixth-grade elementary school students and was structured into three stages: the use of the Stellarium software, the exploration of celestial planispheres, and the construction of constellation projectors using low-cost materials. The methodology prioritized students' active participation through practical and contextualized activities. The results revealed a high level of participant engagement, promoting the learning of astronomical concepts and the appreciation of cultural knowledge associated with sky observation in the Amazon region. In addition to strengthening the relationship between the university, the school, and the community, the experience demonstrated that the use of accessible educational resources and active learning methodologies constitutes an effective strategy for Astronomy teaching and outreach in school settings.

Keywords: Astronomy Education; Science Education; University Extension; Stellarium; Amazonian Cultural Knowledge.

INTRODUÇÃO

A Astronomia é uma das áreas do conhecimento mais antigas da humanidade e continua despertando fascínio e curiosidade ao possibilitar a compreensão da origem, da estrutura e da dinâmica do universo. O ensino dessa ciência desempenha um papel fundamental na formação dos estudantes, contribuindo para o desenvolvimento da cultura científica, da capacidade de observação e do pensamento crítico (Langhi; Nardi, 2012). Além disso, favorece a compreensão de fenômenos naturais e amplia a visão de mundo dos alunos, tornando-os mais aptos a interpretar os acontecimentos que os cercam.

Entre os diversos conteúdos abordados pela Astronomia, as constelações ocupam posição de destaque por constituírem um dos primeiros referenciais utilizados pela humanidade para compreender e organizar a observação do céu. As constelações correspondem a agrupamentos aparentes de estrelas que, observadas da Terra, formam desenhos associados a personagens mitológicos, animais e objetos. Embora não representem agrupamentos físicos reais no espaço, possuem grande relevância histórica, cultural e científica, tendo sido utilizadas ao longo dos séculos para orientação, navegação e marcação do tempo (International Astronomical Union, 2024).

O conhecimento astronômico também está presente em diferentes culturas ao redor do mundo, incluindo os povos indígenas brasileiros, que desenvolveram interpretações próprias dos fenômenos celestes (Afonso, 2006). Essas observações do céu estão relacionadas a aspectos culturais, sociais e ambientais, influenciando tradições, atividades cotidianas e formas de compreender a natureza. Dessa maneira, o estudo das constelações possibilita não apenas a aprendizagem de conceitos científicos, mas também a valorização dos saberes culturais associados à observação celeste (Jafelice, 2010).

A observação do céu funciona como a âncora prática e o motor de engajamento em um curso de Astronomia. Ela transforma teorias abstratas em uma experiência tangível, estimulando a curiosidade imediata, a coleta de dados e a compreensão dos movimentos celestes diretamente a partir da realidade do aluno (Bretones & Compiani, 2010).

Uma abordagem para superar as limitações da observação de corpos celestes a olho nu, especialmente daqueles mais distantes, consiste na utilização de softwares de simulação astronômica. Essas ferramentas permitem reproduzir a visualização do céu sem a interferência de fatores como nuvens, poluição atmosférica, iluminação artificial das áreas urbanas e até mesmo a luz solar. Dessa forma, tornam possível a observação de diferentes corpos celestes e

a aproximação visual de astros específicos, favorecendo a compreensão de fenômenos astronômicos e ampliando as possibilidades de exploração do céu (Domingos & Teixeira, 2021).

Nesse contexto, a utilização de metodologias que integrem recursos tecnológicos, atividades práticas e materiais didáticos de baixo custo pode contribuir significativamente para a aprendizagem dos conteúdos astronômicos. Estratégias que promovam a participação ativa dos estudantes tornam o processo de ensino mais dinâmico, favorecendo a construção do conhecimento de forma significativa e contextualizada (Langhi; Nardi, 2012). Estudos mostram que o software Stellarium possui potencial para favorecer a visualização de fenômenos astronômicos e estimular o interesse dos estudantes pelo aprendizado de Astronomia (Longhini & Menezes, 2010; Domingos & Teixeira, 2021).

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), os conteúdos de Astronomia para o 6º ano do Ensino Fundamental (EF) estão inseridos no componente curricular de Ciências, na unidade temática “**Terra e Universo**”, especialmente no objeto de conhecimento “**Forma, estrutura e movimentos da Terra**”, contemplando as habilidades **EF06CI13** e **EF06CI14**, relacionadas à compreensão da esfericidade da Terra, bem como de seus movimentos e de suas relações com os fenômenos observáveis no céu, tais como as constelações, a Lua e o Sol (Brasil, 2018).

Além disso, a BNCC (Brasil, 2018) considera que a inserção das Tecnologias no ensino de Ciências possibilita o desenvolvimento de habilidades científicas e tecnológicas, aprofundando o conhecimento através da interdisciplinaridade, a fim de conhecer a dinâmica da natureza, dando importância o papel das novas tecnologias no ensino de Ciências. Sendo assim, o presente artigo traz a seguinte pergunta central: nos anos finais do EF, como a ferramenta tecnológica “Stellarium” e aplicações experimentais como o planisfério e projetores podem favorecer o ensino de Ciências/Astronomia?

Diante disso, este trabalho apresenta um relato de experiência das atividades extensionistas desenvolvidas durante o evento “*Ciência na Ilha 2024*”, realizado em 28 de novembro de 2024, na Escola Municipal de Educação Infantil e Ensino Fundamental (EMEIEF) Donatila Santana Lopes. A programação do evento encontra-se disponível em: <https://ciencianailha.wordpress.com/2024/11/09/programacao-ciencia-na-ilha-2024/>.

A ação envolveu a realização da oficina OF07M, intitulada “*Stellarium e experimentos: a história da cultura do céu na região insular de Belém-PA*”, vinculada ao projeto de extensão “*Inclusão e Divulgação Científica no Ensino de Astronomia*” aprovado no Edital No. 04/2024 - Eixo Transversal da PROEX/UFPa, por meio do Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e

Física (GPECF). Ela foi destinada a 25 estudantes do 6º ano do EF, em consonância com a BNCC, especialmente à unidade temática **Terra e Universo**, contemplando as habilidades **EF06CI13** e **EF06CI14**. As atividades foram voltadas ao estudo das constelações, à observação e à interpretação do céu por meio do software Stellarium e de experimentos confeccionados com materiais acessíveis, como o planisfério celeste e projetores de constelações de baixo custo. Os estudantes foram incentivados a compreender a esfericidade da Terra, os movimentos de rotação e translação e suas evidências observacionais, além de reconhecer a importância histórica e cultural da observação celeste na região amazônica.

O uso do **Stellarium** como objeto virtual de aprendizagem (OVA) favorece a identificação de constelações e corpos celestes; simulação do movimento aparente do céu; e reconhecimento da posição do Sol, Lua e estrelas em diferentes horários e épocas do ano (Longhini & Menezes, 2010; Domingos & Teixeira, 2021).

A proposta teve como objetivo promover o ensino de Astronomia por meio de práticas interativas, experimentais e contextualizadas, estimulando a curiosidade científica, a participação ativa e o protagonismo dos estudantes no processo de aprendizagem. Além disso, buscou valorizar a história da cultura do céu na região insular de Belém, articulando conhecimentos científicos e saberes culturais amazônicos em uma perspectiva interdisciplinar e contextualizada.

Este capítulo está organizado da seguinte forma: inicialmente são apresentados os materiais e métodos utilizados na oficina; em seguida, são discutidos os resultados observados durante a ação extensionista e suas contribuições para o ensino de Astronomia; por fim, são apresentadas as considerações finais, destacando os principais impactos educacionais da experiência desenvolvida.

MATERIAIS E MÉTODOS

Para fundamentar a metodologia adotada neste relato de experiência em ensino de Astronomia, utilizaram-se referências que discutem a importância das atividades práticas, da observação do céu e das ações educativas voltadas à Astronomia (Langhi & Nardi, 2012; Bretones & Compiani, 2010).

Segundo Severino (2017), o relato de experiência constitui uma modalidade de produção acadêmica que possibilita a sistematização e reflexão crítica sobre práticas educativas desenvolvidas em contextos específicos, contribuindo para a socialização de conhecimentos e experiências pedagógicas.

Dessa forma, este trabalho caracteriza-se como um relato de experiência de natureza descritiva, desenvolvido a partir de uma ação extensionista realizada durante o evento “*Ciência na Ilha 2024*”, ocorrido em 28 de novembro de 2024, na EMEIEF Donatila Santana Lopes, localizada na Ilha de Mosqueiro, distrito de Belém, Pará.

A atividade consistiu na realização da oficina OF07M, intitulada “*Stellarium e experimentos: a história da cultura do céu na região insular de Belém-PA*”, destinada a 25 estudantes do 6º ano do EF, com idade média de 11 anos. A proposta foi planejada em consonância com a BNCC, especialmente com a unidade temática Terra e Universo, contemplando as habilidades EF06CI13 e EF06CI14 relacionadas à compreensão da forma da Terra, de seus movimentos e dos fenômenos observáveis no céu.

A oficina foi estruturada com base em uma abordagem investigativa e participativa, buscando integrar conhecimentos científicos, recursos tecnológicos e atividades experimentais de baixo custo. Para sua execução foram utilizados computador e tablets com o software Stellarium, projetor multimídia, planisférios celestes confeccionados com materiais acessíveis e projetores de constelações produzidos artesanalmente.

Inicialmente, foi realizada uma exposição dialogada sobre a importância da Astronomia para a humanidade, abordando aspectos históricos da observação do céu e sua relação com diferentes culturas. Nesse momento, foram discutidas as constelações como referenciais utilizados ao longo da história para orientação, navegação e organização do tempo, bem como aspectos da cultura do céu presentes na região amazônica.

Na segunda etapa da oficina, os estudantes participaram de atividades mediadas pelo software Stellarium, projetado em datashow, ver Figura 1. O programa foi utilizado para simular o céu observado na região de Belém e Mosqueiro, permitindo a identificação de constelações, estrelas, planetas, da Lua e do Sol em diferentes datas e horários. Durante essa atividade, foram explorados conceitos relacionados ao movimento aparente dos astros, aos movimentos de rotação e translação da Terra e às mudanças observadas no céu ao longo do tempo.

Figura 1 - Ciência na Ilha 2024: Oficina com o software Stellarium para os alunos do 6º ano do EF.



Fonte: Os Autores.

Durante a primeira etapa da atividade, foi realizada uma apresentação dialogada utilizando o software Stellarium como mostrado na **Figura 1**, o objetivo era introduzir conceitos básicos de Astronomia aos estudantes do 6º ano do EF. Por meio da projeção do software em sala de aula, os alunos puderam visualizar o céu noturno de forma interativa, identificando constelações, estrelas e outros objetos celestes. A atividade buscou despertar a curiosidade dos participantes sobre o universo, promovendo uma melhor compreensão da organização aparente do céu e incentivando a observação astronômica. Durante a apresentação, os estudantes demonstraram interesse e participaram ativamente das discussões, compartilhando conhecimentos prévios e levantando questionamentos sobre os fenômenos observados.

Na segunda etapa da atividade, foram distribuídos planisférios celestes confeccionados com materiais de fácil acesso, possibilitando a comparação entre as constelações observadas no planisfério e aquelas visualizadas no software. Em seguida, os estudantes foram apresentados ao planisfério celeste como instrumento de identificação e localização das constelações.

Na **Figura 2 (A)**, observa-se o momento em que os alunos utilizaram o software Stellarium para visualizar as constelações e comparar suas representações digitais com aquelas presentes no planisfério. Essa atividade permitiu estabelecer relações entre o recurso tecnológico e o material didático físico, facilitando a compreensão da organização aparente do céu noturno. Em seguida, os estudantes passaram a utilizar o planisfério de forma independente.

Na **Figura 2 (B)**, os alunos realizaram atividades de identificação das constelações utilizando exclusivamente o planisfério celeste, sem o auxílio do software. Essa prática teve como objetivo desenvolver a autonomia na observação e interpretação do céu, demonstrando que o planisfério pode ser utilizado como uma ferramenta acessível para o reconhecimento dos principais objetos celestes e para a orientação astronômica básica.

Figura 2 – Comparação entre as constelações visualizadas no (A) software Stellarium e no (B) planisfério celeste, seguida de atividades de identificação do céu utilizando exclusivamente o planisfério.



Fonte: Os Autores.

A terceira etapa da atividade consistiu na oficina de construção de projetores de constelações utilizando materiais de baixo custo. Entre os materiais utilizados estavam rolos de papel higiênico, folhas de papel colorido, cola, tesoura, lápis e canetas. A proposta teve como objetivo possibilitar que os estudantes reproduzissem as constelações estudadas anteriormente por meio de um recurso didático construído por eles próprios.

Na **Figura 3 (A)**, observa-se o momento inicial da oficina, em que os alunos receberam orientações do expositor da oficina sobre os materiais necessários e iniciaram a montagem dos projetores. Nessa etapa, os estudantes organizaram os materiais e acompanharam as instruções fornecidas pelos extensionistas.

Na **Figura 3 (B)**, os participantes realizaram a montagem da estrutura do projetor utilizando o rolo de papel higiênico e os demais componentes do experimento. Essa fase exigiu atenção e colaboração entre os alunos para a correta montagem do material. Após a montagem, os estudantes manipularam os projetores para localizar as constelações durante a atividade e compreender como a observação do céu pode ser realizada de forma prática e acessível.

Em seguida, na **Figura 3 (C)**, os estudantes utilizaram o planisfério celeste como referência para selecionar e representar as constelações que seriam projetadas. A atividade permitiu relacionar os conhecimentos adquiridos nas etapas anteriores com a construção do recurso didático.

Por fim, na **Figura 3 (D)**, observa-se o processo de desenho e marcação das constelações na superfície que seria utilizada para a projeção. Após a finalização, os projetores possibilitaram a visualização dos padrões estelares estudados, reforçando os conteúdos abordados de forma lúdica, prática e interativa.

Figura 3 – Etapas da oficina de construção de projetores de constelações com materiais de baixo custo. (A) Apresentação dos materiais e orientações iniciais. (B) Montagem da estrutura do projetor. (C) Utilização do planisfério celeste como referência para a escolha das constelações. (D) Desenho e marcação das constelações para a confecção do projetor.



Fonte : Os Autores.

A metodologia adotada ao longo das ações extensionistas baseou-se em observações qualitativas das interações e da participação dos estudantes durante as atividades propostas. Ao integrar recursos digitais e experimentais em uma perspectiva interdisciplinar, buscou-se favorecer a aproximação dos estudantes com a Astronomia, promover sua divulgação e valorizar conhecimentos científicos e culturais relacionados à observação do céu.

A oficina favoreceu o protagonismo estudantil, estimulando a criatividade, o trabalho colaborativo e a aprendizagem significativa de conceitos astronômicos por meio da experimentação, da observação do céu e da construção de materiais didáticos de baixo custo.

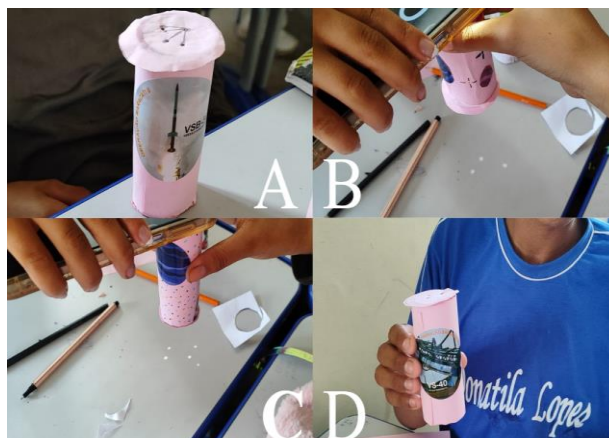
RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados da oficina foram analisados por meio de uma abordagem qualitativa, uma vez que não foram aplicados questionários. A avaliação concentrou-se na observação das atividades, nos registros realizados durante a oficina e nas produções dos estudantes, buscando identificar processos de aprendizagem, níveis de participação e mudanças de comportamento ao longo das atividades.

Durante a realização da oficina, os estudantes participaram ativamente da construção de projetores de constelações confeccionados com materiais de baixo custo. A atividade teve como objetivo possibilitar uma representação prática das constelações estudadas anteriormente por meio do software Stellarium e dos planisférios celestes, permitindo que os participantes relacionassem os conceitos teóricos à experimentação prática. A **Figura 4 (A-D)** apresenta as

etapas de construção e validação dos projetores de constelações desenvolvidos pelos estudantes durante a oficina.

Figura 4 – Etapas de construção e validação do projetor de constelações confeccionado pelos estudantes durante a oficina. (A) Montagem inicial; (B) Perfuração da superfície; (C) Teste do projetor, permitindo a projeção dos padrões estelares; (D) Apresentação do projetor finalizado pelos estudantes após a conclusão da atividade.



Fonte: Os Autores.

Na **Figura 4(A)**, observa-se a montagem inicial do dispositivo, realizada com materiais de baixo custo, como copos descartáveis e papel. Nessa etapa, os alunos prepararam a estrutura do projetor e fixaram o molde contendo a representação da constelação escolhida, estabelecendo uma relação entre os padrões estelares observados anteriormente e sua representação física.

Na **Figura 4(B)**, os estudantes realizaram as perfurações no molde, reproduzindo a disposição das estrelas da constelação selecionada. Essa atividade exigiu atenção aos detalhes e permitiu que os participantes observassem com maior precisão os padrões apresentados pelo software Stellarium, favorecendo a compreensão da organização aparente das estrelas no céu.

A **Figura 4(C)** mostra o momento de teste do projetor. Utilizando a lanterna de um aparelho celular como fonte luminosa, os estudantes verificaram a passagem da luz pelos orifícios produzidos, formando projeções que simulavam os padrões estelares estudados. Embora a luminosidade da sala de aula tenha limitado a visualização das projeções, foi possível confirmar o funcionamento do dispositivo e compreender o princípio de sua construção.

Por fim, a **Figura 4(D)** apresenta o projetor concluído e exibido por um dos participantes. Ao término da atividade, os estudantes puderam levar o material para suas residências, possibilitando a realização de novos testes em ambientes mais escuros e ampliando o alcance da experiência para além do espaço escolar.

A oficina, por meio do uso do software Stellarium e da construção do planisfério e dos projetores, evidenciou a participação ativa dos estudantes e o potencial das atividades práticas,

reforçando a importância da observação e da experimentação como estratégias para o ensino de Astronomia. Tais práticas favorecem a articulação entre conceitos teóricos e suas representações concretas (Bretones; Compiani, 2010). A participação dos estudantes durante todas as etapas da atividade demonstrou o caráter motivador da proposta, contribuindo para o desenvolvimento da autonomia, da criatividade e do trabalho colaborativo. Além disso, a possibilidade de os participantes levarem os materiais para suas residências ampliou o alcance da ação educativa para além do ambiente escolar, incentivando a continuidade das observações e o compartilhamento da experiência com familiares e amigos. Esses aspectos reforçam o potencial dos recursos didáticos de baixo custo como instrumentos de divulgação científica e educação astronômica, corroborando as considerações de Langhi e Nardi (2012) acerca da importância de metodologias ativas e contextualizadas para promover uma aprendizagem mais significativa dos conteúdos astronômicos.

A Astronomia possui caráter interdisciplinar e permite integrar conhecimentos científicos, culturais e históricos, favorecendo uma compreensão mais ampla da relação entre humanidade e céu. Assim, a abordagem da cultura do céu na região insular de Belém permitiu articular conhecimentos científicos e saberes culturais, aspecto destacado por Jafelice (2010) como uma das potencialidades da educação em Astronomia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência realizada durante o evento “*Ciência na Ilha 2024*” demonstrou a relevância da oficina por meio das atividades práticas e investigativas como ferramentas capazes de potencializar o ensino de Astronomia na Educação Básica. A utilização de recursos didáticos acessíveis, como o software Stellarium, os planisférios celestes e os projetores de constelações construídos com materiais de baixo custo, possibilitou aos estudantes uma vivência mais próxima dos conhecimentos astronômicos, tornando a aprendizagem mais dinâmica, significativa e contextualizada.

Ao longo da oficina, foi possível perceber que a integração entre tecnologia, experimentação e participação ativa dos alunos favoreceu o interesse pelos fenômenos celestes, estimulando a curiosidade, a observação e a formulação de questionamentos. Além da compreensão dos conteúdos relacionados às constelações e à observação do céu, os participantes tiveram a oportunidade de desenvolver habilidades associadas ao pensamento científico, ao construir, testar e aperfeiçoar seus próprios instrumentos de observação.

Nesse cenário, torna-se evidente a importância da inserção de conteúdos de Física e Astronomia desde os anos iniciais da escolarização, como propõe a BNCC. O contato com temas científicos desde os anos iniciais do EF contribui para a formação de uma cultura

científica sólida, permitindo que os estudantes compreendam melhor os fenômenos naturais e reconheçam a presença da ciência e da tecnologia em seu cotidiano. Ao mesmo tempo, metodologias que valorizam a investigação e a experimentação ajudam a superar a percepção de que a Física é uma área excessivamente abstrata ou distante da realidade dos alunos (Langhi; Nardi, 2012).

Além disso, iniciativas dessa natureza desempenham um papel fundamental no incentivo às vocações científicas. Quando os estudantes são estimulados a investigar, criar hipóteses, buscar explicações e compreender o funcionamento do universo, desenvolvem competências essenciais para a formação acadêmica e cidadã. Dessa forma, a escola passa a atuar não apenas como espaço de transmissão de conhecimentos, mas também como ambiente capaz de despertar o interesse por carreiras científicas e acadêmicas, contribuindo para a formação de estudantes mais engajados com a produção e a disseminação do conhecimento.

Além dos aspectos científicos abordados, a oficina contribuiu para a valorização dos saberes culturais associados à observação do céu na região amazônica, evidenciando que diferentes formas de conhecimento podem dialogar no contexto escolar e enriquecer a compreensão dos fenômenos astronômicos.

Por fim, a oficina evidenciou a importância das ações extensionistas como mecanismos de aproximação entre a universidade e a comunidade escolar. Essas iniciativas ampliam o acesso ao conhecimento científico, fortalecem o ensino de Ciências e contribuem para a democratização da educação científica. Assim, projetos que promovem o ensino de Física e Astronomia de maneira contextualizada, investigativa e inclusiva representam importantes estratégias para despertar o interesse dos jovens pela ciência, formando cidadãos mais críticos, reflexivos e preparados para os desafios científicos e tecnológicos da sociedade contemporânea.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Afonso, G. B. Mitos e estações no céu Tupi-Guarani. **Scientific American Brasil**, edição especial Etnoastronomia, 2006.

Brasil. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: [Base Nacional Comum Curricular \(BNCC\)](https://basenacionalcomum.mec.gov.br/).

Bretones, P. S.; Compiani, M. A observação do céu como ponto de partida e eixo central em um curso de formação continuada de professores. **Rev. Ensaio**, v.12, n.2, p.173-188, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-21172010120211>.

Domingos, R. B.; Teixeira, R. R. P. Uso do software Stellarium em atividades de ensino de astronomia. **Revista Brasileira de Física Tecnológica Aplicada**, v. 8, n. 1, 2021. DOI: <https://doi.org/10.3895/rbfta.v8n1.13783>.

International Astronomical Union. The Constellations. Paris: IAU, 2024. Disponível em: <https://www.iau.org/science/constellations/>. Acesso em: 8 jun. 2026.

Jafelice, L. C. (Org.). **Astronomia, Educação e Cultura: abordagens transdisciplinares para os vários níveis de ensino**. Natal: EDUFRN, 2010. 430 p.

Langhi, R.; Nardi, R. **Educação em Astronomia: repensando a formação de professores**. São Paulo: Escrituras Editora, 2012. Revista Latino-Americana de Astronomia.

Longhini, M. D.; Menezes, L. D. de D. Objeto virtual de aprendizagem no ensino de Astronomia: algumas situações-problema propostas a partir do software Stellarium. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 433–448, 2010. DOI: <https://doi.org/10.5007/2175-7941.2010v27n3p433>.

Severino, A. J. *Metodologia do trabalho científico*. 24. ed. São Paulo: Cortez, 2017.

CAPÍTULO 17 - OFICINAS DE ENERGIAS RENOVÁVEIS NO ENSINO DE FÍSICA

Anderson Wendell da costa goes¹, Oneliuma de Sales Moraes², Angela Costa Santa Brígida³, Cledson Santana Lopes Gonçalves⁴, Luciana Pereira Gonzales Ferreira⁵ e Darlene Teixeira Ferreira⁶

¹ wendellgoes900@gmail.com, Licenciado em Física, Universidade Federal do Pará

² oneliuma.moraes@ananindeua.ufpa.br, Licenciada em Física, Universidade Federal do Pará

³ acsbrigida@ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

⁴ cledsonlg@ufpa.br, Doutor, Universidade Federal do Pará

⁵ lpgonzalez@ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

⁶ dtferreira@ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta didática voltada ao ensino de Física, com ênfase nos conceitos de transformação de energia e energias renováveis, por meio da utilização de simuladores educacionais, protótipos experimentais e instrumentos avaliativos. A pesquisa caracteriza-se como descritiva, de abordagem qualitativa e natureza interventiva, sendo desenvolvida com 25 estudantes do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual no município de Ananindeua-PA. A proposta foi organizada em cinco momentos pedagógicos: roda de conversa e aplicação de questionário diagnóstico; utilização da simulação “Formas e Transformações de Energia”, do software PhET Colorado; aplicação de protótipos de energia solar; utilização de protótipos de energia eólica; e socialização das experiências acompanhada da aplicação de questionário final. As atividades buscaram articular teoria e prática, favorecendo a visualização dos processos de conversão energética e a contextualização dos conteúdos físicos com situações do cotidiano. Os resultados evidenciaram maior participação dos estudantes, ampliação do interesse pelas energias renováveis e melhor compreensão dos conceitos relacionados à transformação de energia. Conclui-se que o uso integrado de simuladores interativos e protótipos experimentais constitui uma estratégia pedagógica relevante para tornar o ensino de Física mais dinâmico, contextualizado e significativo.

Palavras-chaves: ensino de física; simuladores educacionais; energia renovável.

ABSTRACT

This study presents a didactic proposal focused on Physics teaching, emphasizing the concepts of energy transformation and renewable energy through the use of educational simulations, experimental prototypes, and evaluative instruments. The research is characterized as descriptive, with a qualitative-quantitative approach and an intervention-based nature, involving 25 first-year high school students from a public school in Ananindeua, Pará, Brazil. The proposal was structured into five pedagogical stages: an initial discussion circle and diagnostic questionnaire; use of the “Energy Forms and Changes” simulation from the PhET Colorado platform; application of solar energy prototypes; use of wind energy prototypes; and a final socialization activity followed by the application of a concluding questionnaire. The activities aimed to integrate theory and practice, enabling students to visualize energy conversion processes and relate Physics concepts to everyday situations. The results indicated greater student participation, increased interest in renewable energy, and improved understanding of concepts related to energy transformation. It is concluded that the integrated use of interactive simulations and experimental prototypes represents a relevant pedagogical strategy for making Physics teaching more dynamic, contextualized, and meaningful.

Keywords: Physics teaching; educational simulations; renewable energy.

INTRODUÇÃO

O ensino de Física no contexto escolar brasileiro ainda enfrenta desafios relacionados à construção de uma aprendizagem significativa e contextualizada. Em muitas situações, os conteúdos são abordados de forma tradicional, priorizando a memorização de fórmulas e a

resolução mecânica de exercícios, em detrimento da compreensão conceitual dos fenômenos físicos e de suas relações com o cotidiano dos estudantes. Segundo Moreira (2018), práticas pedagógicas centradas apenas na transmissão de conteúdos contribuem para dificuldades de interpretação e contextualização do conhecimento científico. Nessa perspectiva, Ausubel (2003) destaca que a aprendizagem significativa ocorre quando novas informações se relacionam aos conhecimentos prévios dos estudantes, reforçando a importância de metodologias que valorizem a participação ativa dos alunos no processo de aprendizagem.

Diante desse cenário, torna-se necessário repensar as práticas pedagógicas no ensino de Física, buscando estratégias que favoreçam maior contextualização dos conteúdos e aproximação entre teoria e prática. Nesse contexto, o uso de temas contemporâneos associados às tecnologias educacionais apresenta-se como uma alternativa relevante para promover aprendizagens mais dinâmicas e significativas, especialmente por meio das discussões sobre energias renováveis.

A utilização da energia solar e da energia eólica como temas geradores possibilita a abordagem de diferentes conceitos físicos, como transformação e conservação de energia, eletricidade, trabalho e potência, além de favorecer reflexões sobre sustentabilidade e uso consciente dos recursos naturais. Picolo, Bühler e Rampinelli (2014) destacam que a energia eólica constitui um importante recurso didático para o ensino de Física, pois permite articular conceitos teóricos a aplicações práticas do cotidiano. De forma semelhante, Silva et al. (2017) apontam que o estudo da energia solar fotovoltaica favorece a compreensão de conteúdos físicos e amplia as discussões sobre desenvolvimento sustentável.

Além disso, os simuladores educacionais configuram-se como ferramentas relevantes por favorecerem a visualização de fenômenos abstratos de maneira dinâmica e interativa. De acordo com Silva (2024), o uso de simuladores PhET contribui para a compreensão de conceitos relacionados ao trabalho e à energia, ampliando o engajamento dos estudantes por meio da experimentação virtual. Nessa mesma perspectiva, Silva, Venite e Moura (2018) ressaltam que atividades práticas relacionadas à transformação de energia favorecem o desenvolvimento da aprendizagem em Física, especialmente quando associadas à interdisciplinaridade e à problematização de questões ambientais.

Assim, a inserção de temas relacionados às energias renováveis, associada ao uso de simuladores interativos e protótipos experimentais, apresenta-se como uma estratégia didática promissora para o ensino de Física. Dessa forma, este trabalho propõe a elaboração e aplicação de uma sequência didática baseada na utilização de simuladores educacionais e protótipos de

energia solar e eólica, com o objetivo de promover uma aprendizagem mais significativa, contextualizada e participativa no ensino de Física.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa caracteriza-se como uma pesquisa de campo, de caráter descritivo, com abordagem quali-quantitativa e natureza interventiva, desenvolvida por meio da aplicação de uma sequência didática envolvendo simuladores educacionais, protótipos experimentais de energias renováveis e instrumentos avaliativos. A investigação foi realizada com 25 estudantes do primeiro ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual localizada no município de Ananindeua, Pará.

O desenvolvimento da proposta ocorreu em duas etapas principais: planejamento e aplicação das atividades. Na etapa de planejamento, foram definidos os conteúdos abordados, organizados os recursos tecnológicos e experimentais e elaborados os questionários diagnóstico e avaliativo utilizados durante a pesquisa. Além disso, estruturou-se uma sequência didática composta por cinco momentos pedagógicos, conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 - Etapas de aplicação da sequência didática

Momento	Atividade desenvolvida	Duração
1º momento	Conversa inicial com os alunos, apresentação do projeto e aplicação do questionário inicial.	50min
2º momento	Aplicação da simulação “formas e transformações de energia”, do software PhET Colorado.	50min
3º momento	Aplicação de protótipos de energia solar.	50min
4º momento	Aplicação de protótipos de energia eólica.	50min
5º momento	Socialização das atividades e Aplicação de um questionário final.	50min

Fonte: Elaborado pelos autores.

Aplicação das atividades

No primeiro momento, realizou-se uma apresentação inicial do projeto, seguida de uma roda de conversa com os estudantes. O objetivo dessa etapa foi identificar os conhecimentos prévios da turma acerca dos conceitos de energia, transformação energética e fontes renováveis. Em seguida, aplicou-se um questionário diagnóstico com a finalidade de levantar as percepções

iniciais dos alunos antes das intervenções pedagógicas. A aplicação do instrumento diagnóstico junto aos estudantes pode ser observada na Figura 1.

Figura 1 - Aplicação do questionário diagnóstico com os estudantes

Questionário sobre Energia no dia a dia.

1. Nome (opcional): Alma Pereira

2. Faixa etária:
☒ Menor de 18 () 18-29 () 30-49 () 50 ou mais

3. Você já ouviu falar sobre energia renovável?
☒ Sim () Não () Não sei

4. Quais tipos de energia você conhece?
☒ Solar () Eólica () Hidrelétrica () Biomassa () Não conheço

5. Você sabe explicar como funciona alguma delas?
 Qual? sol

6. De onde vem a energia utilizada na sua casa atualmente?
☐ Rede elétrica pública () Gerador () Energia solar () Não possui energia elétrica ☒ Não sei

7. Com que frequência falta energia na sua casa?
☒ Raramente () Às vezes () Frequentemente

8. Qual o nível de iluminação da sua rua pela parte da noite?
☐ Alto () Baixo ☒ médio

9. Você já viu ou participou de alguma solução de energia alternativa?
☐ Sim. Qual? _____
☒ Não

10. De 1 a 5 qual o seu interesse em aprender mais sobre energia sustentável?
☐ 1 () 2 ☒ 3 () 4 () 5

Fonte: Elaborado pelos autores.

No segundo momento, utilizou-se a simulação “Formas e Transformações de Energia”, disponível na plataforma PhET Colorado. A atividade possibilitou aos estudantes visualizar, de forma dinâmica e interativa, os processos de transformação de energia, especialmente relacionados às energias solar e eólica. Durante a simulação, buscou-se estabelecer relações entre os conceitos teóricos estudados e suas aplicações práticas, favorecendo maior compreensão dos fenômenos físicos envolvidos. A utilização do simulador durante a oficina é apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Utilização do simulador PhET Colorado durante a oficina

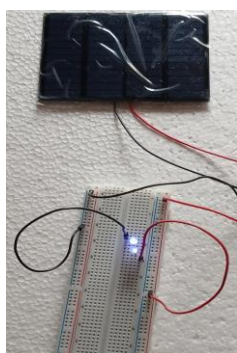


Fonte: Elaborado pelos autores.

No terceiro momento, realizou-se uma retomada dos conceitos trabalhados anteriormente, com ênfase nos processos de transformação energética. Posteriormente, foram apresentados protótipos de energia solar, incluindo um circuito simples com placa solar e um carrinho movido a energia fotovoltaica. As atividades permitiram aos estudantes observar, na prática, a conversão da energia solar em energia elétrica e mecânica, favorecendo a relação entre teoria e prática e estimulando maior participação durante a aula.

Foram utilizados, nessa etapa, uma placa solar de 12 volts, protoboard, jumpers, LEDs e um kit de carrinho fotovoltaico composto por placa solar de 5 volts com motor, estrutura de suporte, rodas e pinos metálicos. Os protótipos utilizados durante as atividades encontram-se ilustrados nas Figuras 3A e 3B.

Figura 3A - Protótipo de circuito simples.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Figura 3B - Kit carrinho com placa solar.



Fonte: Casa da Robótica.

No quarto momento, desenvolveu-se uma atividade prática envolvendo um protótipo de energia eólica. Inicialmente, a turma foi dividida em quatro grupos, sendo cada equipe responsável pela observação e montagem do protótipo. Após a atividade, os estudantes registraram suas observações e participaram de uma roda de conversa para compartilhar percepções sobre o funcionamento do sistema. Também foram discutidas as semelhanças e diferenças entre o protótipo físico e a simulação utilizada anteriormente, reforçando a compreensão dos conceitos relacionados à transformação de energia mecânica em energia elétrica.

Os materiais utilizados nessa etapa incluíram LED, motor elétrico, pás plásticas e fios condutores. A realização da atividade prática envolvendo o protótipo de energia eólica é apresentada na Figura 4.

Figura 4 - Aplicação do protótipo de energia eólica com os estudantes



Fonte: Elaborado pelos autores.

No quinto e último momento, realizou-se uma roda de conversa com o objetivo de promover a socialização das experiências vivenciadas ao longo das oficinas. Os estudantes compartilharam dificuldades, percepções e aprendizados relacionados às atividades desenvolvidas com os simuladores e protótipos experimentais. Em seguida, foi aplicado um questionário final para analisar as percepções dos participantes após as intervenções e verificar possíveis avanços na compreensão dos conteúdos abordados durante o projeto. A aplicação do questionário final junto aos estudantes encontra-se apresentada na Figura 5.

Figura 5 - Aplicação do questionário final após as oficinas

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados quantitativos obtidos por meio dos questionários diagnóstico e final foram organizados em tabelas e analisados por meio de frequência simples das respostas apresentadas pelos estudantes. Já os dados qualitativos foram interpretados a partir das percepções, comentários e observações registradas durante as atividades desenvolvidas ao longo das oficinas.

Por se tratar de uma pesquisa de caráter pedagógico-extensionista desenvolvida no contexto escolar, sem identificação individual dos participantes, foram preservados o anonimato, a confidencialidade das informações e o uso exclusivamente acadêmico dos dados obtidos durante a realização das atividades.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As questões 3, 4 e 5 do questionário diagnóstico tiveram como objetivo identificar os conhecimentos prévios dos estudantes acerca das energias renováveis e verificar se os participantes já possuíam alguma compreensão sobre o funcionamento dessas fontes de energia. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Conhecimentos prévios dos estudantes

Questões	Respostas
Você já ouviu falar sobre energia renovável?	18 – Sim; 7 – Não; 0 – Não sei

Quais tipos de energia você conhece? (Os alunos puderam marcar mais de uma opção)	18 – Solar; 12 – Eólica; 12 – Hidrelétrica; 4 – Biomassa; 5 – Não conheço
Você conhece como funciona alguma dessas fontes de energia? (Resposta operacional)	6 estudantes responderam sobre energia solar e 4 sobre energia eólica

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados apresentados na Tabela 2 evidenciam que parte significativa dos estudantes já possuía algum contato prévio com o tema das energias renováveis, especialmente em relação às energias solar, eólica e hidrelétrica. Entretanto, observou-se que o conhecimento apresentado pelos participantes ainda era predominantemente superficial, principalmente no que se refere ao funcionamento dessas fontes energéticas. Esse resultado reforça a necessidade de estratégias pedagógicas que favoreçam maior contextualização e aprofundamento conceitual no ensino de Física.

Além disso, os dados do questionário inicial possibilitaram identificar as percepções e expectativas dos estudantes em relação às oficinas, orientando o planejamento das atividades seguintes. A partir dessas informações, buscou-se desenvolver práticas que articulassem teoria, simulação e experimentação, favorecendo maior participação e envolvimento da turma durante as intervenções pedagógicas.

O questionário diagnóstico também investigou o contato prévio dos estudantes com soluções de energia alternativa e o interesse em aprender mais sobre energia sustentável, conforme apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 - Contato prévio e interesse dos estudantes

Questões	Respostas
Você já participou de alguma solução de energia alternativa?	4 – Sim; 21 – Não
Qual o seu nível de interesse em aprender mais sobre energia sustentável? (de 1 a 5)	0 – Nota 1; 1 – Nota 2; 15 – Nota 3; 5 – Nota 4; 4 – Nota 5

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os dados demonstram que a maioria dos estudantes ainda não havia participado de atividades relacionadas às energias renováveis ou alternativas. Apesar disso, os participantes apresentaram interesse moderado e positivo em relação ao tema, evidenciado pela predominância das notas 3, 4 e 5 na escala de interesse. Esse resultado indicou potencial de

engajamento dos estudantes nas oficinas propostas, favorecendo a implementação das atividades práticas e investigativas desenvolvidas ao longo do projeto.

Ao término das intervenções pedagógicas, aplicou-se um questionário final com o objetivo de avaliar as percepções dos estudantes acerca das atividades realizadas e analisar possíveis avanços na compreensão dos conteúdos trabalhados. O instrumento foi composto por dez questões avaliativas, organizadas em escala de 1 a 5, em que 1 representava a menor avaliação e 5 a maior avaliação.

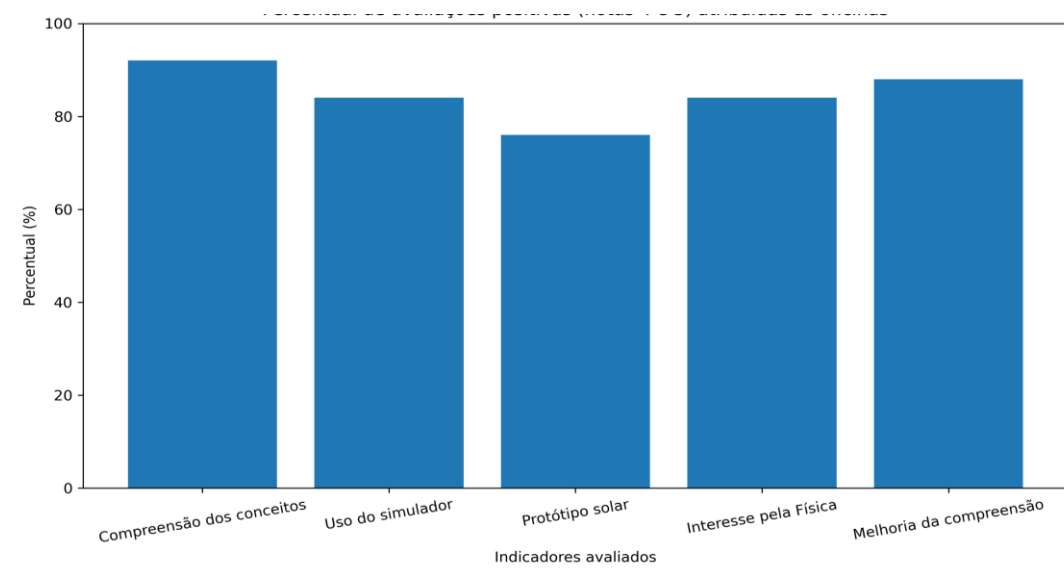
Os resultados evidenciaram predominância de avaliações positivas, especialmente nas questões relacionadas à compreensão dos conceitos de energia, ao uso do simulador PhET e à utilização dos protótipos experimentais. As questões 1, 2, 4 e 10 apresentaram maior concentração de respostas nas notas 4 e 5, indicando que os estudantes perceberam as oficinas como importantes para a compreensão dos processos de transformação de energia e para a aproximação entre teoria e prática no ensino de Física.

As questões relacionadas ao interesse pela disciplina e à utilização das tecnologias educacionais também apresentaram resultados satisfatórios. Nas questões 6, 7 e 8, predominou a atribuição de notas 4 e 5, sugerindo que o uso de simuladores e protótipos favoreceu maior participação dos estudantes e contribuiu para tornar as aulas mais dinâmicas, interativas e contextualizadas.

Por outro lado, observou-se que a questão 9 apresentou maior concentração de respostas na nota 3, indicando que, embora as atividades tenham despertado interesse pelas energias renováveis, parte dos estudantes ainda demonstrou percepção intermediária em relação ao tema. Esse resultado sugere a necessidade de ampliar o tempo de intervenção pedagógica e aprofundar discussões relacionadas às aplicações sociais, ambientais e tecnológicas das energias sustentáveis.

De maneira geral, os resultados obtidos indicam que a utilização integrada de simuladores educacionais, atividades práticas e protótipos experimentais contribuiu positivamente para o processo de aprendizagem dos estudantes. As atividades favoreceram maior compreensão dos conteúdos relacionados à transformação de energia, estimularam o interesse pela Física e possibilitaram maior aproximação entre os conceitos científicos e situações presentes no cotidiano dos alunos. Conforme apresentado na Figura 6, observou-se predominância de avaliações positivas atribuídas pelos estudantes às oficinas desenvolvidas ao longo do projeto.

Figura 6 – Percentual de avaliações positivas (notas 4 e 5) atribuídas pelos estudantes às atividades desenvolvidas durante as oficinas.



Fonte: Elaborado pelos autores.

A análise apresentada na Figura 6 evidencia que a maioria dos estudantes avaliou positivamente as atividades desenvolvidas durante as oficinas, especialmente nos aspectos relacionados à compreensão dos conceitos de energia, ao uso do simulador PhET e à melhoria do entendimento sobre transformação de energia. Os resultados reforçam que a integração entre tecnologias educacionais, protótipos experimentais e atividades práticas favoreceu maior participação discente e contribuiu para tornar o ensino de Física mais dinâmico, interativo e contextualizado. Além disso, os dados indicam que as metodologias utilizadas auxiliaram na aproximação entre teoria e prática, ampliando o interesse dos estudantes pelos conteúdos científicos e pelas discussões relacionadas às energias renováveis.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As atividades desenvolvidas ao longo deste trabalho evidenciaram que a utilização de simuladores educacionais e protótipos experimentais constitui uma estratégia pedagógica relevante para o ensino de Física, especialmente nos conteúdos relacionados à transformação de energia e às energias renováveis. A integração entre recursos digitais, atividades práticas e discussões contextualizadas favoreceu uma aprendizagem mais dinâmica, participativa e significativa, contribuindo para maior envolvimento dos estudantes durante as oficinas.

Os resultados obtidos por meio dos questionários e das observações realizadas durante as intervenções demonstraram que os simuladores interativos e os protótipos de energia solar e eólica auxiliaram na compreensão dos conceitos físicos trabalhados, facilitando a visualização dos processos de transformação energética e aproximando os conteúdos teóricos do cotidiano dos estudantes. Além disso, as atividades práticas favoreceram a relação entre teoria e prática, tornando as aulas mais interativas e contextualizadas.

O trabalho também contribuiu para ampliar as discussões sobre sustentabilidade e o uso consciente dos recursos naturais, estimulando reflexões relacionadas à preservação ambiental, ao desenvolvimento sustentável e ao papel da ciência na sociedade contemporânea.

Dessa forma, conclui-se que o uso articulado de simuladores educacionais, tecnologias digitais e atividades experimentais representa uma importante alternativa metodológica para o ensino de Física, contribuindo para uma aprendizagem mais acessível, contextualizada e significativa no ambiente escolar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, David Paul. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

MOREIRA, Marco Antônio. **Aprendizagem significativa, organizadores prévios, mapas conceituais, diagramas V e unidades de ensino potencialmente significativas**. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS, 2018.

PICOLO, Jéssica Dalcin; BÜHLER, Ricardo Fabricio; RAMPINELLI, Giuliano Anderlei. Energia eólica como proposta interdisciplinar no ensino de Física. **In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA**, 42., 2014, Juiz de Fora. Anais [...] *Juiz de Fora: ABENGE, 2014*.

SASSERON, Luciana Maria Lunardi; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.

SILVA, Franciele Braz da. Explorando conceitos de trabalho e energia de forma interativa utilizando simuladores PhET. Porto Velho: Universidade Federal de Rondônia, 2024. Disponível em: <https://ri.unir.br/jspui/handle/123456789/5274>. Acesso em: 18 maio 2026.

SILVA, Jorge Andrade et al. Energia solar fotovoltaica: um tema gerador para o aprendizado de Física. **Scientia Plena**, São Cristóvão, v. 13, n. 1, 2017. Disponível em: <https://www.scientiaplenua.org.br/sp/article/view/3506>. Acesso em: 18 maio 2026.

SILVA, Silas Rafael Cardoso; VENITE, Kássia Karen Castro; SILVA, Eduardo Moura da. Transformação de energia e meio ambiente: interdisciplinaridade no ensino de Física. **In: CONGRESSO NACIONAL DE EDUCAÇÃO (CONEDU)**, 5., 2018, Olinda. Anais [...]

Campina Grande: Realize Editora, 2018. Disponível em: https://www.editorarealize.com.br/editora/anais/conedu/2018/TRABALHO_EV117_MD1_SA14_ID3518_03092018153435.pdf. Acesso em: 18 maio 2026.

PhET INTERACTIVE SIMULATIONS. Energy Forms and Changes. Boulder: University of Colorado Boulder, [s.d.]. Disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/energy-forms-and-changes. Acesso em: 22 maio 2026.

ALMEIDA, Mauricio B. **Noções básicas sobre metodologia de pesquisa científica**. Belo Horizonte: UFMG, [s.d.]. Disponível em: <http://www.eci.ufmg.br/mba>. Acesso em: 22 maio 2026.

CAPÍTULO 18 - DIVERGENTE EM CAMPOS VETORIAIS: UM EXPERIMENTO DIDÁTICO DE BAIXO CUSTO PARA A VISUALIZAÇÃO DE FONTES E SORVEDOUROS

Gabrielly Campêlo Pinheiro¹, Hayra Bianca Monteiro Carrera², Gabriel Marques Alves Vieira³, Lorena Gomes Corumbá⁴, Francisco das Chagas de Oliveira Cacela Filho⁵

¹ gabrielly.pinheiro@ananindeua.ufpa.br, Licencianda em Física, Universidade Federal do Pará

² hayracarrera115@gmail.com, Licencianda em Física, Universidade Federal do Pará

³ gabriel.vieira@ananindeua.ufpa.br, Licenciando em Física, Universidade Federal do Pará

⁴ corumba@ufpa.br, Doutora, Universidade Federal do Pará

⁵ cacela@ufpa.br, Mestre, Universidade Federal do Pará

RESUMO

O presente trabalho aborda o estudo do divergente em campos vetoriais por meio de um experimento didático de baixo custo voltado ao ensino de Física e Matemática. A proposta investigou experimentalmente a relação entre o comportamento do escoamento de um fluido e conceitos associados ao cálculo vetorial, utilizando uma garrafa PET perfurada para analisar qualitativamente o escoamento hidrostático sob diferentes condições de pressão. Os resultados permitiram interpretar o escoamento como um campo vetorial bidimensional, no qual regiões com jatos mais intensos foram associadas à expansão do fluxo, enquanto a redução gradual do escoamento indicou diminuição local da intensidade do campo vetorial. Conclui-se que o experimento contribuiu para a compreensão qualitativa dos conceitos de fluxo, divergente e Teorema da Divergência, reforçando a experimentação como estratégia didática acessível e interdisciplinar no ensino de Física e Matemática.

Palavras-chaves: atividades experimentais; campos vetoriais; fontes e sorvedouros.

ABSTRACT

This work addresses the study of divergence in vector fields through a low-cost didactic experiment aimed at Physics and Mathematics teaching. The proposal experimentally investigated the relationship between fluid flow behavior and concepts associated with vector calculus by using a perforated PET bottle to qualitatively analyze hydrostatic flow under different pressure conditions. The results allowed the flow to be interpreted as a two-dimensional vector field, in which regions with more intense jets were associated with flow expansion, while the gradual reduction of the flow indicated a local decrease in the intensity of the vector field. It is concluded that the experiment contributed to the qualitative understanding of the concepts of flow, divergence, and the Divergence Theorem, reinforcing experimentation as an accessible and interdisciplinary teaching strategy in Physics and Mathematics education.

Keywords: Experimental activities; vector fields; sources and sinks.

INTRODUÇÃO

Os conteúdos relacionados ao cálculo vetorial, como fluxo, divergente e Teorema da Divergência, costumam representar um grande desafio para estudantes das áreas de Física, Matemática e Engenharia. Em muitos casos, esses assuntos são trabalhados de forma muito teórica e matemática, o que dificulta a compreensão de seus significados físicos e de suas aplicações em situações reais. Nesse contexto, atividades experimentais e representações visuais podem contribuir significativamente para tornar a aprendizagem mais dinâmica, intuitiva e próxima da realidade dos estudantes.

A compreensão de fenômenos físicos por meio de modelos matemáticos é uma das bases fundamentais do pensamento científico. Entre os diversos fenômenos que permitem essa relação entre teoria e prática, destaca-se o escoamento de fluidos, que pode ser facilmente observado em situações do cotidiano, como o fluxo de água em recipientes, tubulações ou reservatórios. A observação desses fenômenos possibilita interpretar conceitos matemáticos abstratos a partir de experimentos simples e acessíveis, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio crítico e da capacidade de relacionar teoria e prática (Porto et al., 2019).

No cálculo vetorial, o movimento de um fluido pode ser descrito por meio de campos vetoriais, nos quais cada ponto do espaço está associado a um vetor que representa a direção e a intensidade do escoamento. Essa forma de representação é amplamente utilizada em diversas áreas da Física, como mecânica dos fluidos, eletromagnetismo e transferência de calor, permitindo interpretar matematicamente fenômenos físicos presentes na natureza (Souza, 2018).

Entre os operadores diferenciais utilizados no estudo de campos vetoriais, destaca-se o divergente, uma grandeza associada ao comportamento local do fluxo em uma determinada região do espaço. De maneira qualitativa, o divergente permite identificar regiões onde o fluxo tende a se espalhar, caracterizando fontes, e regiões onde ocorre redução ou convergência do escoamento, frequentemente associadas a sorvedouros. Esses conceitos possuem importante interpretação física e ajudam na compreensão de diferentes fenômenos relacionados ao comportamento de fluidos e campos vetoriais (Porto et al., 2019; Souza, 2018).

O estudo do divergente também está relacionado ao Teorema da Divergência, conhecido como Teorema de Gauss, que estabelece uma relação entre o comportamento interno de um campo vetorial e o fluxo total que atravessa a fronteira de uma determinada região. Esse teorema possui grande importância na Física Matemática e aparece em diversas aplicações envolvendo dinâmica dos fluidos e eletromagnetismo (Porto et al., 2019).

Do ponto de vista educacional, diferentes pesquisas mostram que atividades experimentais e abordagens visuais auxiliam significativamente na aprendizagem de conteúdos abstratos do cálculo vetorial. Estratégias didáticas que utilizam experimentos simples permitem aos estudantes relacionar conceitos matemáticos com fenômenos observáveis, tornando o processo de aprendizagem mais significativo e participativo (Hahn et al., 2024).

Dessa forma, o presente trabalho propõe um experimento didático de baixo custo baseado no escoamento hidrostático em uma garrafa PET perfurada, utilizando materiais simples e de fácil acesso. A atividade permite observar qualitativamente o comportamento do fluxo da água sob diferentes condições de pressão e níveis do líquido, possibilitando relacionar o escoamento

com conceitos fundamentais do cálculo vetorial, como campo vetorial, divergente, fontes e fluxo. Com isso, busca-se contribuir para o ensino de Física e Matemática por meio de uma abordagem experimental acessível, interdisciplinar e próxima da realidade dos estudantes.

MATERIAIS E MÉTODOS

Esta seção apresenta os materiais utilizados e os procedimentos adotados para a realização do experimento didático proposto. A atividade foi desenvolvida com o objetivo de observar o comportamento do escoamento de água em uma garrafa PET perfurada, utilizando materiais simples, de baixo custo e de fácil acesso. A proposta busca favorecer a visualização qualitativa do fluxo em diferentes posições da garrafa, criando condições para posterior discussão sobre campos vetoriais, divergente, fontes e regiões de redução do escoamento.

Materiais

O experimento foi realizado com materiais acessíveis e de baixo custo, possibilitando sua reprodução em ambientes escolares e acadêmicos. Foram utilizados os seguintes materiais:

- uma garrafa PET transparente com capacidade aproximada de 1 L;
- água;
- corante alimentar para facilitar a visualização do escoamento;
- agulha de costura ou outro objeto perfurante;
- fita isolante;
- suporte para manter a garrafa em posição vertical;
- recipiente para coleta da água escoada;
- régua ou marcador para indicação do nível da água;
- papel e caneta para registro das observações.

Montagem do sistema experimental

Inicialmente, a garrafa PET foi higienizada e posicionada verticalmente sobre um suporte estável. Em seguida, foram confeccionados orifícios em três regiões distintas da garrafa: superior, intermediária e inferior. Os furos foram distribuídos lateralmente de modo a permitir a observação do escoamento em diferentes alturas da coluna de água.

Após a perfuração, todos os orifícios foram vedados com fita isolante, permitindo controlar a liberação da água durante a realização do experimento. Posteriormente, a garrafa foi preenchida com água misturada com corante alimentar, facilitando a visualização dos jatos ao

longo dos ensaios experimentais. O nível inicial da água também foi marcado externamente na garrafa para acompanhamento da variação do volume durante o escoamento.

A Figura 1 apresenta o sistema experimental montado antes do início dos ensaios, com os orifícios vedados e a garrafa preenchida com água.

Figura 1 - Sistema experimental montado com garrafa PET perfurada e vedada.



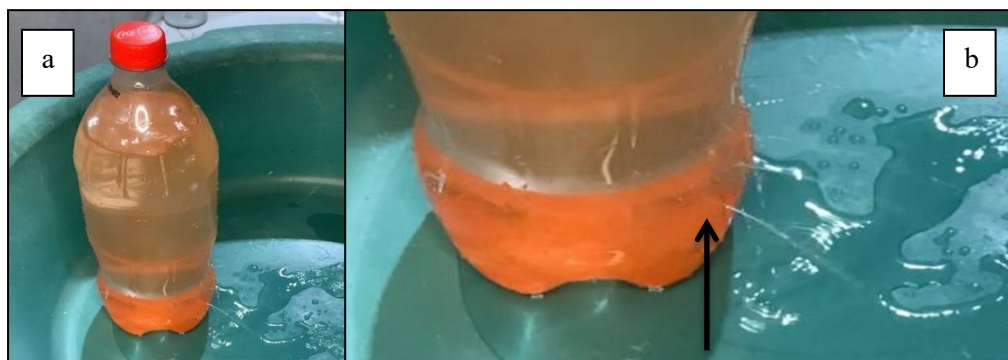
Fonte: autores, 2026.

Procedimento experimental

O experimento foi conduzido de forma qualitativa, observando-se o comportamento dos jatos de água em diferentes condições de escoamento. Foram consideradas duas situações principais: a posição dos orifícios liberados e o estado da tampa da garrafa, aberta ou fechada.

Na primeira etapa, a garrafa permaneceu com a tampa fechada e os orifícios inferiores foram liberados gradualmente. Observou-se que, mesmo sem entrada de ar, ocorreu escoamento de água pelos orifícios localizados na região inferior da garrafa. A intensidade e o comportamento desses jatos foram registrados visualmente. A Figura 2 apresenta o comportamento do escoamento observado nos orifícios inferiores com a tampa fechada.

Figura 2 - Garrafa com tampa (a) e orifícios inferiores apresentando jatos de água (b)

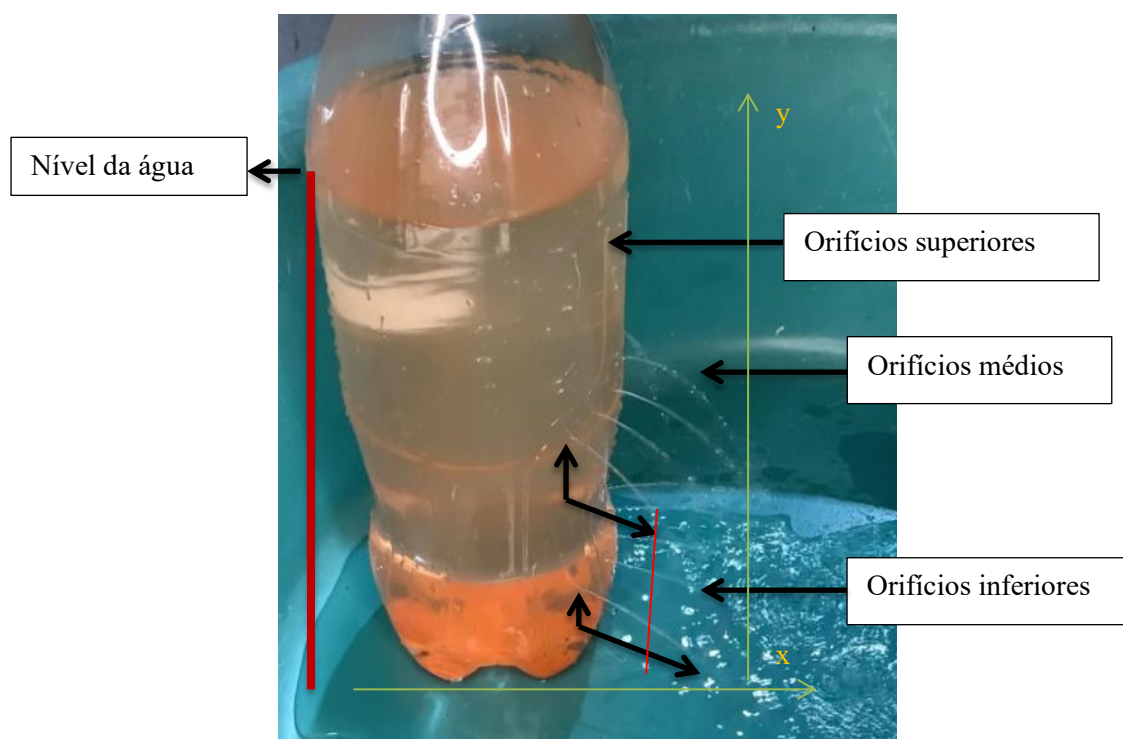


Fonte: autores, 2026.

Em seguida, a tampa da garrafa foi removida, permitindo a entrada de ar no interior do recipiente. Nessa condição, observou-se um aumento significativo da intensidade dos jatos inferiores e o aparecimento de escoamento nos orifícios intermediários.

A Figura 3 mostra a intensificação do escoamento após a abertura da tampa da garrafa.

Figura 3 - Intensificação do escoamento após a abertura da tampa da garrafa.

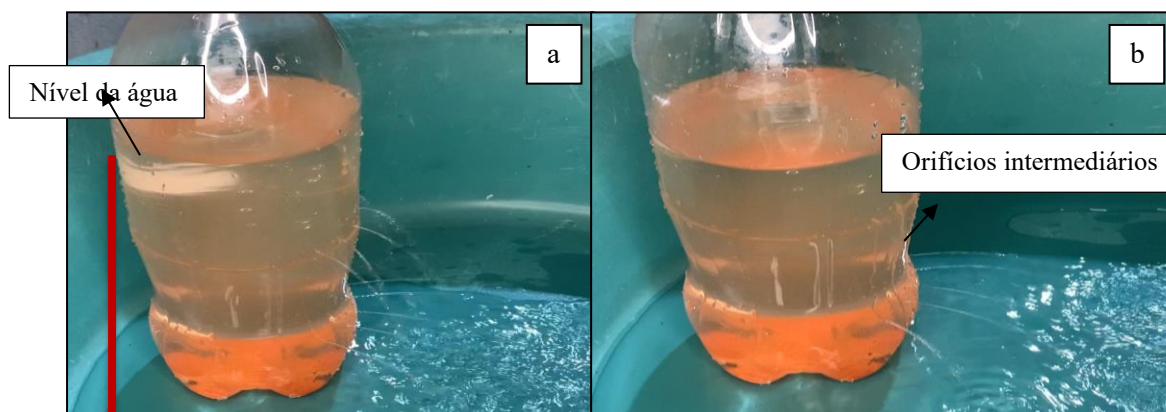


Fonte: autores, 2026.

À medida que o nível da água diminuía, verificou-se uma redução gradual da intensidade dos jatos localizados na região intermediária, até que o escoamento passou a escorrer pela superfície da garrafa e posteriormente cessou.

A Figura 4 apresenta a diminuição progressiva do escoamento na região intermediária da garrafa.

Figura 4 - redução do nível da água e diminuição da intensidade dos jatos intermediários (a), e fluxo intermediário cessado (b).

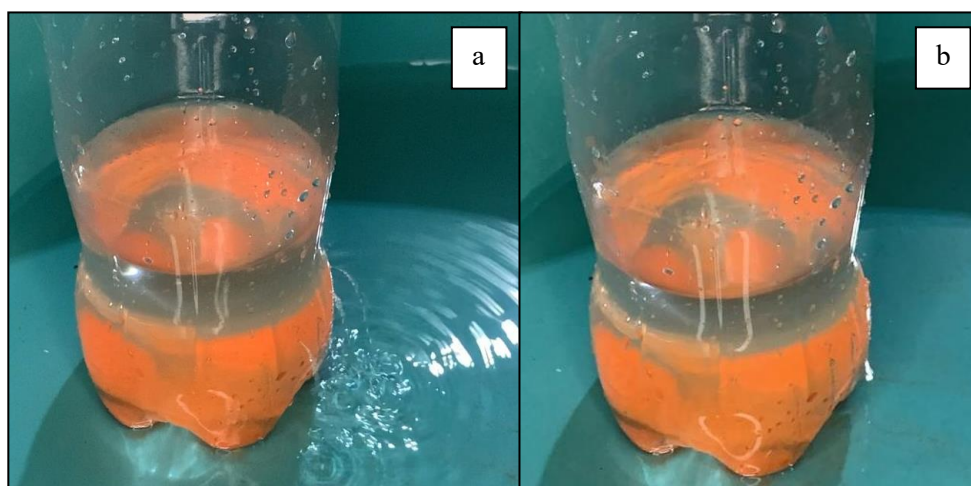


Fonte: autores, 2026.

O escoamento pelos orifícios inferiores permaneceu ativo por mais tempo devido à maior coluna de água acima desses pontos. Entretanto, conforme o nível do líquido se aproximava da região inferior, também foi observada uma redução gradual da intensidade dos jatos até a interrupção completa do fluxo.

A Figura 5 mostra a diminuição progressiva do escoamento nos orifícios inferiores até a interrupção total do fluxo.

Figura 5- Redução do nível da água e da intensidade dos jatos inferiores (a), e fluxo inferior cessado (b).



Fonte: autores, 2026.

Durante toda a atividade experimental, foram registradas observações relacionadas à intensidade dos jatos, direção aproximada do escoamento e variação do nível da água, servindo de base para a interpretação física e matemática apresentada na seção de resultados e discussão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Comportamento do escoamento

O experimento permitiu observar qualitativamente o comportamento do escoamento da água em diferentes regiões da garrafa PET, evidenciando a influência da altura da coluna de líquido e da entrada de ar sobre a intensidade dos jatos. As observações realizadas durante a atividade experimental possibilitaram relacionar fenômenos físicos simples com conceitos associados ao fluxo e ao comportamento de campos vetoriais.

Inicialmente, a garrafa permaneceu com a tampa fechada e apenas os orifícios inferiores foram liberados. Nessa condição, observou-se a presença de jatos de água de intensidade moderada, mesmo sem a entrada de ar no interior da garrafa. Esse comportamento ocorreu

devido à pressão exercida pela coluna de água sobre os orifícios localizados nas regiões mais profundas do recipiente, conforme pode ser observado na Figura 2.

Após a retirada da tampa, verificou-se um aumento significativo da intensidade do escoamento nos orifícios inferiores. Os jatos tornaram-se mais intensos e contínuos devido à entrada de ar no interior da garrafa, reduzindo a resistência interna ao fluxo da água. Além disso, os orifícios localizados na região intermediária passaram a apresentar escoamento, embora com intensidade menor em comparação aos jatos inferiores, conforme mostrado na Figura 3.

Com a redução gradual do nível da água no interior da garrafa, observou-se também a diminuição progressiva da intensidade dos jatos na região intermediária. Em determinado momento, o fluxo deixou de apresentar jatos contínuos e passou apenas a escorrer pela parede externa da garrafa até cessar completamente, como ilustrado na Figura 4.

Os orifícios inferiores permaneceram ativos por mais tempo devido à maior altura da coluna de água acima desses pontos. Entretanto, à medida que o nível do líquido se aproximava da região inferior da garrafa, também foi observada uma redução gradual da intensidade do escoamento até a interrupção total do fluxo, conforme apresentado na Figura 5.

De modo geral, os resultados experimentais evidenciaram que regiões localizadas em maiores profundidades apresentaram jatos mais intensos devido à maior pressão exercida pela coluna de água, enquanto regiões superiores apresentaram escoamento reduzido ou inexistente ao longo do experimento. Essas observações permitem estabelecer uma relação qualitativa entre o comportamento do fluxo e conceitos fundamentais associados ao estudo de campos vetoriais e do divergente.

Interpretação física do escoamento

O comportamento observado durante o experimento está diretamente relacionado à pressão exercida pela coluna de água no interior da garrafa. Em sistemas hidrostáticos, a pressão aumenta com a profundidade, fazendo com que os orifícios localizados nas regiões inferiores apresentem jatos mais intensos em comparação aos localizados nas regiões superiores.

Durante os ensaios experimentais, verificou-se que os orifícios inferiores apresentaram maior alcance e intensidade do escoamento, especialmente após a abertura da tampa da garrafa. Isso ocorre porque a maior quantidade de água acima desses pontos exerce uma pressão mais elevada, favorecendo a saída do fluido com maior velocidade. Por outro lado, os orifícios superiores apresentaram escoamento reduzido ou inexistente em determinadas etapas do experimento devido à menor pressão exercida pela coluna de líquido.

A abertura da tampa também influenciou significativamente o comportamento do fluxo. Com a tampa fechada, a entrada de ar no interior da garrafa era limitada, dificultando a continuidade do escoamento e reduzindo a intensidade dos jatos. Quando a tampa foi removida, a entrada de ar passou a ocorrer livremente, permitindo maior equilíbrio entre a pressão interna e externa e favorecendo um escoamento mais contínuo e intenso, conforme observado anteriormente na Figura 3.

Além disso, à medida que o nível da água diminuía no interior da garrafa, observou-se uma redução progressiva da intensidade dos jatos em todas as regiões perfuradas. Esse comportamento está associado à diminuição da pressão hidrostática ao longo do tempo, uma vez que a altura da coluna de água acima dos orifícios tornava-se cada vez menor.

Essas observações demonstram que o experimento permite visualizar, de forma simples e intuitiva, como variações de pressão influenciam diretamente o comportamento do escoamento de fluidos. A utilização de materiais acessíveis e a possibilidade de observar o fenômeno em tempo real favorecem a compreensão de conceitos físicos fundamentais relacionados à hidrostática e à dinâmica dos fluidos.

Interpretação do escoamento como campo vetorial

A partir das observações experimentais, o escoamento da água pode ser interpretado qualitativamente como um campo vetorial bidimensional, no qual cada jato representa um vetor associado à direção e à intensidade do fluxo. Nesse contexto, a direção dos vetores está relacionada ao sentido do escoamento da água, enquanto a intensidade dos jatos pode ser associada à magnitude desses vetores.

De forma geral, os jatos observados nos orifícios inferiores apresentaram maior intensidade devido à maior pressão exercida pela coluna de água nessas regiões. Assim, pode-se interpretar que os vetores associados ao escoamento inferior possuem maior magnitude em comparação aos vetores associados aos orifícios superiores e intermediários (Fox *et al.*, 2011).

No estudo de campos vetoriais, regiões em que o fluxo tende a se espalhar para fora podem ser associadas qualitativamente a fontes. Durante o experimento, esse comportamento foi observado principalmente nos orifícios inferiores após a abertura da tampa da garrafa, quando os jatos passaram a apresentar maior intensidade e alcance. Nessas regiões, o escoamento torna-se mais evidente e visualmente mais expansivo.

Matematicamente, o campo de velocidades pode ser representado por

$$\vec{V}(x,y) = V_x(x,y)\vec{i} + V_y(x,y)\vec{j}, \quad (1)$$

onde V_x e V_y representam as componentes do vetor velocidade nas direções cartesianas x e y , respectivamente.

Por outro lado, à medida que o nível da água diminuía, observou-se uma redução gradual da intensidade dos jatos até a interrupção do escoamento em determinadas regiões da garrafa. Esse comportamento pode ser interpretado qualitativamente como uma redução local do fluxo, evidenciando a diminuição da intensidade do campo vetorial ao longo do tempo.

Nesse sentido, o experimento contribui para tornar mais intuitiva a compreensão de conceitos associados ao cálculo vetorial, permitindo relacionar a representação matemática de campos vetoriais com fenômenos físicos observáveis. A visualização do comportamento dos jatos favorece a interpretação qualitativa de regiões de maior ou menor intensidade do fluxo, aproximando conceitos abstratos da realidade experimental vivenciada pelos estudantes.

Relação qualitativa com o divergente e o Teorema da Divergência

A interpretação do escoamento observado no experimento também permite estabelecer relações qualitativas com o conceito de divergente em campos vetoriais. No cálculo vetorial, o divergente está associado à tendência de expansão ou redução local do fluxo em uma determinada região do espaço (Arfken *et al.*, 2013).

O comportamento local de um campo vetorial bidimensional pode ser descrito pelo divergente, definido como:

$$\nabla \cdot \vec{V} = \frac{\partial V_x}{\partial x} + \frac{\partial V_y}{\partial y} \quad (2)$$

No experimento realizado, os jatos mais intensos observados principalmente nos orifícios inferiores podem ser interpretados como regiões nas quais o fluxo tende a se espalhar com maior intensidade. Esse comportamento aproxima-se qualitativamente da ideia de divergente positivo, frequentemente associado à presença de fontes em um campo vetorial.

Por outro lado, à medida que o nível da água diminuía, observou-se uma redução progressiva da intensidade do escoamento em diferentes regiões da garrafa. Em determinados momentos, o fluxo tornava-se bastante reduzido ou até inexistente, indicando uma diminuição local da intensidade do campo associado ao movimento da água.

Embora o experimento não represente rigorosamente um sistema matemático idealizado, a atividade permite aos estudantes visualizar de maneira intuitiva como o comportamento do fluxo pode variar espacialmente ao longo do sistema. Essa abordagem experimental favorece a compreensão qualitativa de conceitos abstratos relacionados ao divergente, aproximando interpretações matemáticas de fenômenos físicos observáveis.

Além disso, o experimento também possibilita uma aproximação conceitual com o Teorema da Divergência, também conhecido como Teorema de Gauss. Esse teorema estabelece uma relação entre o comportamento local de um campo vetorial e o fluxo total através da fronteira de uma região. Nesse contexto, o aumento ou a redução do escoamento observado nos diferentes orifícios da garrafa permite discutir qualitativamente como o fluxo pode variar ao longo de uma superfície delimitada.

Dessa forma, a atividade experimental contribui para tornar mais acessíveis conceitos frequentemente considerados abstratos no cálculo vetorial, favorecendo uma aprendizagem mais visual, intuitiva e conectada a situações físicas observáveis. A utilização de materiais simples e de baixo custo também amplia o potencial de aplicação da proposta em atividades de ensino de Física e Matemática no ensino superior.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O experimento realizado com a utilização de uma garrafa PET perfurada demonstrou potencial didático significativo para a visualização qualitativa de conceitos associados ao cálculo vetorial, especialmente aqueles relacionados ao fluxo, ao divergente e ao Teorema da Divergência. A observação do comportamento do escoamento da água em diferentes regiões da garrafa possibilitou relacionar fenômenos físicos simples com interpretações matemáticas frequentemente consideradas abstratas pelos estudantes.

As atividades experimentais permitiram identificar diferenças na intensidade dos jatos em função da altura da coluna de água e das condições de pressão no interior da garrafa. De maneira qualitativa, os resultados possibilitaram discutir regiões associadas à expansão do fluxo, bem como regiões de redução da intensidade do escoamento, favorecendo a compreensão intuitiva do comportamento de campos vetoriais.

Além da abordagem conceitual, o experimento destacou-se pela utilização de materiais simples, acessíveis e de baixo custo, característica que amplia seu potencial de aplicação em atividades de ensino de Física e Matemática. A proposta também contribui para aproximar teoria e prática, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico, visual e participativo.

Do ponto de vista educacional, a atividade favorece o desenvolvimento da interpretação física de conceitos matemáticos, estimulando a observação, a análise qualitativa de fenômenos e a construção do raciocínio científico. Nesse sentido, o experimento apresenta-se como uma alternativa didática relevante para auxiliar o ensino de conteúdos relacionados ao cálculo vetorial e à mecânica dos fluidos.

Por fim, destaca-se que a proposta pode ser ampliada em trabalhos futuros por meio da utilização de técnicas de análise quantitativa do escoamento, softwares de modelagem ou métodos de aquisição de imagens, permitindo aprofundar a relação entre os fenômenos observados experimentalmente e suas representações matemáticas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARFKEN, George B.; WEBER, Hans J.; HARRIS, Frank E. Mathematical methods for physicists: a comprehensive guide. 7. ed. **Cambridge: Cambridge University Press**, 2013a.

FOX, Robert W.; MCDONALD, Alan T.; PRITCHARD, Philip J. Introdução à mecânica dos fluidos. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

HAHN, L.; BLAUE, S.; KLEIN, P. A research-informed graphical tool to visually approach Gauss' and Stokes' theorems in vector calculus. *arXiv*, 2024.

PORTO, J. C. U.; LEITÃO JUNIOR, R. A. O teorema da divergência e suas aplicações. **Encontros Universitários da UFC**, Fortaleza, v. 4, n. 4, 2019.

SOUZA, F. N. N. Teorema da divergência e aplicações. 2018. Trabalho acadêmico (Graduação em Matemática) – **Universidade Estadual da Paraíba**, Monteiro, 2018.

CAPÍTULO 19 - ENSINAR CALOR ESPECÍFICO POR MEIO DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA: UMA INTERVENÇÃO METODOLÓGICA COM ATIVIDADE EXPERIMENTAL NO ENSINO MÉDIO

Jhenet Brito da Conceição¹, Isabel Cristina Serrão Ferreira², Alcy Favacho Ribeiro³, Aline Nascimento Braga⁴, Carlos Alberto Brito da Silva Júnior⁵ e Alessandra Nascimento Braga⁶

¹ jhenetbrito@gmail.com. Mestranda pelo Mestrado Profissional em Ensino de Física, MNPEF, UFPA.

² isabel.ferreira@escola.seduc.pa.br. Licenciada em Química, Professora da Educação Básica, SEDUC/PA.

³ favacho@ufpa.br. Doutor em Química, Faculdade de Química, Campus de Ananindeua, UFPA.

⁴ aline.braga@iemci.ufpa.br. Doutora em Educação em Ciências e Matemáticas, PPGECEM/IEMCI, UFPA.

⁵ cabsjr@ufpa.br. Doutor em Engenharia Elétrica, Faculdade de Física, Campus de Ananindeua, UFPA.

⁶ alessandrabg@ufpa.br. Doutora em Física, Faculdade de Física, Campus de Ananindeua, UFPA.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma atividade experimental desenvolvida para o Ensino Médio sobre o conceito de Calor Específico, fundamentada nos pressupostos teóricos de David Ausubel, Lev Vygotsky e Paulo Freire. O objetivo foi promover a problematização, a observação e a compreensão dos fenômenos relacionados à Transferência de Calor. A proposta foi realizada no âmbito do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência da Universidade Federal do Pará (PIBID/UFPA) e caracterizou-se como uma pesquisa qualitativa, de natureza investigativa, configurada como relato de experiência. A atividade utilizou materiais de baixo custo, como balões, água, areia e uma fonte térmica. A análise dos resultados foi realizada a partir da observação participante, dos registros das interações em sala de aula e das manifestações orais dos estudantes durante as etapas da atividade experimental, considerando os pressupostos do ensino por investigação (Carvalho, 2013). Os resultados evidenciaram maior engajamento, participação ativa e desenvolvimento da compreensão conceitual sobre Calor Específico. À luz da Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, observou-se a relação entre os novos conhecimentos e os saberes prévios dos estudantes. A perspectiva sociocultural de Vygotsky destacou a importância da interação social e da mediação docente na construção do conhecimento, enquanto a abordagem problematizadora de Freire favoreceu o diálogo, a reflexão crítica e o protagonismo estudantil. Conclui-se que a experimentação associada à mediação pedagógica e à valorização dos conhecimentos prévios constitui uma estratégia eficaz para promover uma aprendizagem mais significativa, crítica e contextualizada no ensino de Física.

Palavras-chaves: Aprendizagem significativa; Ensino de Física; Materiais de Baixo Custo.

ABSTRACT

This study presents an experimental activity designed for high school students on the concept of specific heat, based on the theoretical frameworks of David Ausubel, Lev Vygotsky, and Paulo Freire. The objective was to encourage students to question, observe, and understand phenomena related to heat transfer. The proposal was carried out within the scope of the Institutional Teaching Initiation Scholarship Program at the Federal University of Pará (PIBID/UFPA) and was characterized as qualitative, investigative research, structured as an experience report. The activity used low-cost materials, such as balloons, water, sand, and a heat source. The analysis of the results was based on participant observation, records of classroom interactions, and students' verbal expressions during the stages of the experimental activity, considering the assumptions of inquiry-based learning (Carvalho, 2013). The results demonstrated greater engagement, active participation, and the development of conceptual understanding regarding Specific Heat. In light of Ausubel's Theory of Meaningful Learning, the relationship between new knowledge and students' prior knowledge was observed. Vygotsky's sociocultural perspective highlighted the importance of social interaction and teacher mediation in the construction of knowledge, while Freire's problem-posing approach fostered dialogue, critical reflection, and student agency. It is concluded that

experimentation combined with pedagogical mediation and the valorization of prior knowledge constitutes an effective strategy for promoting more meaningful, critical, and contextualized learning in physics education.

Keywords: Meaningful learning; Physics teaching; Low-cost materials.

INTRODUÇÃO

Os conceitos e ensino de Física na educação básica, especialmente no Ensino Médio, ainda enfrentam desafios significativos relacionados ao desinteresse dos estudantes e às dificuldades na compreensão de conceitos abstratos. No campo da Termodinâmica, esses desafios tornam-se ainda mais evidentes, uma vez que conteúdos como Calor Específico, Capacidade Térmica e Transferência de Calor exigem, não apenas a compreensão conceitual, mas também a capacidade de relacionar tais conceitos com fenômenos observáveis no cotidiano (Halliday; Resnick & Walker, 2012).

Diante dessa realidade, surgem questionamentos acerca dos fatores que contribuem para tais dificuldades no processo de ensino-aprendizagem. Entre esses fatores, destaca-se a predominância de metodologias tradicionais, centradas na transmissão de conteúdos e na memorização de fórmulas, nas quais o professor assume o papel de detentor do conhecimento e o estudante posiciona-se de forma passiva. Esse modelo de ensino, muitas vezes, limita a construção do conhecimento científico, dificultando a compreensão dos fenômenos físicos e sua aplicação em contextos reais (Delizoicov; Angotti & Pernambuco, 2002).

Nesse cenário, torna-se necessário refletir sobre práticas pedagógicas que possibilitem maior participação dos estudantes, promovendo uma aprendizagem mais ativa, crítica e significativa. As atividades experimentais configuram-se como uma importante estratégia nesse processo, pois permitem a observação direta dos fenômenos, incentivam a formulação de hipóteses e favorecem a relação entre teoria e prática. Além disso, quando desenvolvidas com materiais simples e acessíveis, essas atividades ampliam as possibilidades de ensino, especialmente em contextos escolares que enfrentam limitações estruturais (Marandino, 2008).

A utilização de experimentos associados a situações do cotidiano permite que o estudante atribua sentido ao conteúdo estudado, superando dificuldades conceituais e tornando o processo de aprendizagem mais efetivo (Moreira, 2011). Nesse sentido, as teorias de Ausubel, Vygotsky e Freire oferecem fundamentos que sustentam essa prática. A teoria da aprendizagem significativa, proposta por Ausubel (2003), destaca que a aprendizagem ocorre de forma mais eficaz quando novos conhecimentos são relacionados aos saberes prévios dos estudantes. A teoria sociocultural de Vygotsky (1991) reforça essa prática ao enfatizar a importância da interação social e da mediação no desenvolvimento cognitivo. Por fim, Freire (1987), ao

defender uma educação problematizadora, destaca a importância da participação ativa do estudante na construção do conhecimento.

Abordagens investigativas no ensino de Ciências, conforme discutidas por Delizoicov, Angotti e Pernambuco, reforçam a necessidade de práticas pedagógicas que partam de situações significativas e promovam o protagonismo estudantil, contribuindo para uma aprendizagem mais crítica e reflexiva (Delizoicov; Angotti & Pernambuco, 2002). Essa perspectiva está em concordância com as orientações da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (Brasil, 2018), que enfatiza a importância do desenvolvimento do pensamento científico, crítico e investigativo, bem como da autonomia dos estudantes na construção do conhecimento. Nesse sentido, práticas pedagógicas que valorizam a experimentação e a investigação contribuem para a formação de sujeitos mais participativos e capazes de compreender os fenômenos naturais de forma mais ampla.

Diante desse contexto, o presente trabalho propõe a utilização de uma atividade experimental simples com o objetivo de promover a problematização, a observação e a compreensão dos fenômenos relacionados à Transferência de Calor no contexto do Ensino Médio.

MATERIAIS E MÉTODOS

O presente trabalho caracteriza-se como uma pesquisa de abordagem qualitativa, de natureza investigativa e experimental, desenvolvida com estudantes do Ensino Médio da Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Integral Oneide Sousa Tavares, localizada no município de Ananindeua-PA, no contexto das atividades do Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência da Universidade Federal do Pará (PIBID/UFGPA). A escolha por uma abordagem qualitativa justifica-se pela intenção de compreender o comportamento, o engajamento e as interpretações dos estudantes diante da atividade proposta, considerando o processo de construção do conhecimento em sala de aula.

A proposta metodológica foi estruturada com base em uma abordagem investigativa, na qual os estudantes foram estimulados a participar ativamente do processo de aprendizagem por meio da problematização, da observação e da interpretação de fenômenos físicos. Essa perspectiva está alinhada ao ensino por investigação, que, segundo Carvalho (2013), favorece o protagonismo estudantil e o desenvolvimento de habilidades científicas, como a formulação de hipóteses, a análise de resultados e a argumentação.

Para a realização da atividade experimental, foram utilizados materiais simples e de baixo custo, tais como balões, água, areia, vela, fósforos e recipientes de apoio. A escolha desses

materiais teve como objetivo demonstrar a viabilidade da experimentação em contextos escolares com recursos limitados, além de aproximar o conteúdo da realidade dos estudantes, conforme defendem Halliday, Resnick e Walker (2012), ao destacarem a importância de práticas experimentais introdutórias no ensino de Termodinâmica.

A aula iniciou com uma discussão para explorar os conhecimentos prévios dos alunos sobre porque diferentes materiais aquecem em ritmos distintos (vide Figuras 1 e 2). Em seguida, foram realizados dois testes comparativos.

Figura 1 - Balão com areia Figura 2 - balão com água



Fonte: Dos próprios autores.

Após a realização do experimento, os estudantes observaram que o balão contendo água permaneceu sem romper quando exposto à chama da vela (vide Figura 3), enquanto o balão contendo areia apresentou comportamento diferente, rompendo-se em menor tempo. Esse resultado ocorreu devido à capacidade da água de absorver uma quantidade maior de energia térmica sem apresentar aumento significativo de temperatura, característica relacionada ao seu maior calor específico. O fenômeno observado gerou surpresa entre os estudantes e instigou questionamentos sobre os processos envolvidos na transferência de calor, possibilitando o confronto entre as hipóteses inicialmente levantadas e os resultados experimentais.

Figura 3 - Balão com água após experimento



Fonte: Dos próprios autores.

Na etapa seguinte, foi realizada uma discussão orientada pela professora, na qual foram abordados os conceitos de calor específico, capacidade térmica e transferência de calor, relacionando as observações experimentais com situações presentes no cotidiano dos estudantes. Esse momento de mediação docente contribuiu para a organização das ideias e para a construção dos conceitos científicos, conforme discutido por Moreira (2011), ao destacar a importância da interação e da orientação no processo de aprendizagem significativa.

Conforme ilustrado na Figura 4, ocorreu a interação direta entre a professora e os estudantes, com o objetivo de esclarecer dúvidas e aprofundar a compreensão dos fenômenos observados. Esse momento favoreceu o diálogo, a argumentação e a participação ativa dos discentes, permitindo a consolidação dos conhecimentos construídos ao longo da atividade.

Figura 4 - Interação da professora com a turma durante o esclarecimento de dúvidas sobre os fenômenos observados nos experimentos.



Fonte: Dos próprios autores.

Desse modo, a atividade experimental foi conduzida de forma a integrar momentos de problematização, observação e sistematização dos conhecimentos, possibilitando aos estudantes não apenas o contato direto com os fenômenos físicos, mas também a construção de explicações fundamentadas nos conceitos científicos abordados. A organização da aula favoreceu a participação ativa dos discentes, estimulando a curiosidade, o levantamento de hipóteses e a reflexão sobre os resultados obtidos ao longo da atividade.

Além disso, a experiência desenvolvida no âmbito do PIBID reforça o que apontam as diretrizes do programa (Brasil, 2008), a partir dessa abordagem, foi possível observar o envolvimento dos estudantes durante todas as etapas da aula, bem como suas formas de interpretação dos fenômenos apresentados. Assim, a metodologia adotada permitiu analisar, de maneira qualitativa, como a utilização de uma atividade experimental simples pode contribuir para a compreensão do conceito de calor específico, além de favorecer a construção de uma aprendizagem mais significativa e contextualizada no ensino de Física, conforme discutido por Moreira (2011).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da aplicação da atividade experimental proposta, foi possível identificar mudanças na participação dos estudantes durante a aula, especialmente no que se refere ao engajamento, à curiosidade e à interação com o conteúdo abordado. Essas evidências foram observadas por meio dos registros realizados durante a atividade, das discussões promovidas em sala e das manifestações orais dos estudantes ao longo das etapas de problematização, execução do experimento e sistematização dos conceitos. Inicialmente, os alunos apresentaram hipóteses baseadas em suas experiências cotidianas sobre o comportamento de diferentes materiais quando submetidos ao aquecimento. Após a realização do experimento utilizando balões preenchidos com água e areia, observou-se maior participação nas discussões, com questionamentos e tentativas de explicação dos fenômenos observados, indicando avanços na compreensão dos conceitos relacionados ao calor específico e à transferência de calor.

Durante a realização do experimento, os estudantes acompanharam atentamente o comportamento dos materiais expostos à chama da vela. O momento em que o balão contendo água permaneceu intacto gerou surpresa e questionamentos, evidenciando um conflito cognitivo relevante para o processo de aprendizagem. Essa situação favoreceu a investigação, a formulação de hipóteses e a busca por explicações fundamentadas, contribuindo para a construção do conhecimento científico.

Dessa forma, a atividade experimental demonstrou potencial para estimular o interesse e a participação dos estudantes no ensino de Física, uma vez que possibilitou a interação direta com os fenômenos estudados e a relação entre os conceitos científicos e situações do cotidiano. Esse resultado corrobora Conceição et al. (2025), ao destacarem que práticas experimentais acessíveis podem favorecer o envolvimento dos alunos e aproximar o conhecimento científico da realidade escolar.

Com o objetivo de sistematizar as percepções dos estudantes acerca da atividade experimental, foi realizada uma análise das respostas apresentadas durante a aula, no Quadro 1 apresenta as principais percepções dos estudantes identificadas durante a atividade experimental, organizadas a partir das respostas e manifestações observadas em sala de aula.

Quadro 1 - Percepções dos estudantes sobre a utilização de atividades experimentais no ensino de Física

Categoria	Descrição	Nº de estudantes
01	Ampliação da compreensão dos conteúdos abordados	06 estudantes
02	Tornam as aulas mais dinâmicas, interativas e atrativas	12 estudantes
03	A eficácia depende da forma como os experimentos são conduzidos	02 estudantes
04	Despertam maior interesse e curiosidade pelos fenômenos observados	06 estudantes
05	Favorecem a articulação entre os conceitos teóricos e a prática experimental	04 estudantes

Fonte: Dos próprios autores.

A análise dos dados apresentados no Quadro 1 evidencia que a maioria dos estudantes percebe as atividades experimentais como elementos que tornam as aulas mais dinâmicas e atrativas, destacando-se essa categoria com maior frequência de respostas. Esse resultado indica que a experimentação contribui diretamente para o aumento do interesse e da participação dos alunos, fatores essenciais para o processo de aprendizagem. Além disso, observa-se que um número significativo de estudantes reconhece que as atividades experimentais favorecem a compreensão dos conteúdos e a relação entre teoria e prática, evidenciando a importância desse tipo de abordagem no ensino de Física. Esse aspecto reforça a ideia de que a aprendizagem se torna mais efetiva quando os estudantes conseguem visualizar e interpretar os fenômenos estudados.

Por outro lado, a presença de respostas que indicam que a eficácia dos experimentos depende da forma como são conduzidos evidencia a relevância da mediação docente no processo de ensino-aprendizagem. Isso demonstra que não basta apenas realizar a atividade

prática, sendo fundamental que haja intencionalidade pedagógica e orientação adequada para que os estudantes consigam construir significados a partir da experiência.

Nesse sentido, observou-se que a atividade experimental favoreceu a participação ativa dos estudantes, que passaram a questionar, argumentar e buscar explicações para os fenômenos observados. A análise qualitativa das interações em sala de aula indicou que os estudantes conseguiram estabelecer relações entre os fenômenos observados e os conceitos físicos abordados, como Calor Específico, Capacidade Térmica e Transferência de Calor.

Ao compreender que a água possui maior capacidade de absorver calor sem sofrer variações significativas de temperatura, os alunos passaram a interpretar o experimento de forma mais científica, superando concepções iniciais baseadas apenas no senso comum. Além disso, foi possível identificar avanços no uso da linguagem científica pelos estudantes, que passaram a utilizar termos mais adequados para explicar os fenômenos observados. Outro ponto relevante refere-se à contextualização do conteúdo foi o de relacionar o experimento com situações do cotidiano, em que os estudantes conseguiram atribuir significado ao conteúdo estudado, tornando a aprendizagem mais relevante e aplicável à sua realidade.

Os resultados obtidos também indicam a superação de concepções alternativas, frequentemente presentes no ensino de Termodinâmica. Inicialmente, alguns estudantes acreditavam que o balão estouraria independentemente do material em seu interior, demonstrando uma compreensão limitada sobre os processos de Transferência de Calor. No entanto, após a realização da atividade e a discussão orientada, foi possível observar uma mudança na forma como os alunos interpretavam o fenômeno.

Esses achados estão de acordo com a perspectiva de Moreira (2011), que destaca a importância da aprendizagem significativa no processo educacional, na qual o estudante não apenas memoriza informações, mas compreende e relaciona os conceitos de forma estruturada. Nesse sentido, a atividade experimental atuou como um elemento facilitador, permitindo a integração entre teoria e prática e promovendo a construção de significados.

Adicionalmente, os resultados evidenciam que a utilização de materiais simples, acessíveis e de baixo custo amplia as possibilidades de realização de práticas experimentais em contextos escolares com recursos limitados, contribuindo para um ensino mais inclusivo.

Outro aspecto importante observado foi o papel da mediação docente durante a atividade, sendo fundamental para orientar as discussões e auxiliar os estudantes na construção de explicações científicas. A experiência no PIBID também se mostrou relevante para a formação docente, conforme destacado por Brasil (2008), ao promover a integração entre universidade e escola básica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos evidenciam que a utilização de atividades experimentais simples, acessíveis e de baixo custo constitui uma estratégia eficaz para o ensino do conceito de calor específico no Ensino Médio. A proposta desenvolvida favoreceu o engajamento, a curiosidade e a participação dos estudantes, contribuindo para uma aprendizagem mais ativa e significativa.

A experimentação possibilitou a relação entre teoria e prática, auxiliando na compreensão dos fenômenos térmicos e na superação de concepções alternativas. Nesse sentido, observa-se que os estudantes passaram a interpretar os conteúdos de forma mais científica, conforme discutido por Moreira (2011), ao relacionarem novos conhecimentos com saberes prévios.

Esse processo também dialoga com a perspectiva de Vygotsky (1991), ao destacar a importância da interação social e da mediação no desenvolvimento cognitivo, bem como com Paulo Freire, ao enfatizar a necessidade de uma educação problematizadora, na qual o estudante assume papel ativo na construção do conhecimento. Além disso, práticas experimentais como a desenvolvida neste trabalho estão em consonância com as propostas de (Delizoicov; Angotti & Pernambuco, 2002), que defendem o ensino de Ciências a partir de situações significativas e contextualizadas, favorecendo a compreensão dos fenômenos e o desenvolvimento do pensamento crítico. Do mesmo modo, a valorização de práticas investigativas e interativas aproxima-se das discussões de (Marandino, 2008), ao destacar a importância da construção do conhecimento em contextos que estimulem a participação e a reflexão dos estudantes.

Destaca-se também que o uso de materiais de baixo custo amplia as possibilidades de realização de atividades experimentais em escolas públicas, tornando o ensino mais acessível e contextualizado. Além disso, a mediação docente mostrou-se essencial para orientar as discussões e consolidar a aprendizagem.

Por fim, os resultados demonstram que a atividade experimental sobre Calor Específico foi eficaz na promoção de uma aprendizagem mais significativa, participativa e contextualizada, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento científico e da autonomia dos estudantes, em consonância com as orientações da BNCC (Brasil, 2018).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao PIBID-UFPA, financiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio e incentivo ao

desenvolvimento deste trabalho. Agradecemos também à Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Oneide Sousa Tavares pela colaboração e aos estudantes participantes, cuja contribuição foi fundamental para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Porto Alegre: Artmed, 2003.

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

BRASIL. **Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID): diretrizes e regulamentação**. Brasília: Ministério da Educação, 2008. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/assuntos/pibid>. Acesso em: 9 maio 2026.

CONCEIÇÃO, J. B. *et al.* Relato de experiência: ensino de termodinâmica na Ilha de Mosqueiro. **Revista Caderno Pedagógico**, 2025. DOI: 10.54033/cadpedv22n10-246.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A. P.; PERNAMBUCO, M. M. C. A. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Termodinâmica**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

MARANDINO, M. **Educação em museus: a mediação em foco**. São Paulo: GEENF/FEUSP, 2008.

MOREIRA, M. A. **Aprendizagem significativa: da teoria à prática**. São Paulo: Centauro, 2011.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

CAPÍTULO 20 - O PARADOXO DO TEMPO NO ENSINO MÉDIO INTEGRAL: POR QUE MAIS HORAS FORMAM MENOS

Aline Nascimento Braga¹, Vicente Ferrer Pureza Aleixo², Shirsley Joany dos Santos da Silva³, Carlos Alberto Brito da Silva Júnior⁴, Alessandra Nascimento Braga⁵ e Lelio Favacho Braga⁶

¹ aline.braga@iemci.ufpa.br, Doutora em Educação em Ciências e Matemáticas, UFPA.

² ferrer@ufpa.br, Doutor em Engenharia Elétrica, Campus Ananindeua, UFPA.

³ shirsley@ufpa.br, Doutora em Física, Campus Ananindeua, UFPA.

⁴ cabsjr@ufpa.br, Doutor em Engenharia Elétrica, Campus Ananindeua, UFPA.

⁵ alessandrabg@ufpa.br, Doutora em Física, Campus Ananindeua, UFPA.

⁶ lelio.braga@escola.seduc.pa.gov.br, Doutor em Educação, SEDUC-PARÁ.

RESUMO

O presente ensaio analisa criticamente o modelo de Ensino Médio integral com jornada de 9 horas diárias, sustentando que essa configuração, na forma como vem sendo implementada nas redes públicas brasileiras, pode comprometer dimensões fundamentais da formação humana em vez de ampliá-las. Parte-se do paradoxo de que a ampliação quantitativa do tempo escolar não garante, necessariamente, maior qualidade educativa e pode, em determinadas condições, produzir efeitos contrários aos objetivos de emancipação, autonomia e desenvolvimento integral anunciados pelo próprio modelo. A análise estrutura-se em dois eixos complementares. O primeiro, de natureza epistemológica e cognitiva, discute os impactos da jornada ampliada sobre a aprendizagem, a autonomia intelectual, o estudo independente e a construção do pensamento crítico. O segundo, de caráter social, identitário e pedagógico, examina os efeitos do tempo integral sobre a formação juvenil, as desigualdades sociais, as experiências de pertencimento e as condições concretas do trabalho docente. Metodologicamente, trata-se de um ensaio teórico de natureza analítico-interpretativa, fundamentado em revisão bibliográfica e no diálogo crítico com referenciais da sociologia da educação, da filosofia da educação, da psicologia da aprendizagem e dos estudos sobre formação humana, em interlocução com autores como Paulo Freire, Miguel Arroyo, Bernard Charlot, Pierre Bourdieu, Jean-Claude Passeron, Braga e Severino (2014) e Braga et al. (2024). Argumenta-se, ao final, que uma jornada de 7 horas, articulada a melhores condições pedagógicas, humanas e estruturais, tende a favorecer experiências formativas mais equilibradas, críticas e socialmente mais justas.

Palavras-chave: Ensino Médio Integral. Jornada Escolar. Formação Humana. Educação Pública Brasileira. Tempo Escolar.

ABSTRACT

This essay critically examines the full-time secondary education model with a nine-hour daily schedule, arguing that this configuration, as it has been implemented in Brazilian public-school systems, may compromise fundamental dimensions of human formation rather than expand them. The essay departs from the paradox that the quantitative extension of school hours does not necessarily guarantee higher educational quality and may, under certain conditions, produce effects contrary to the goals of emancipation, autonomy, and integral development announced by the model itself. The analysis is organized around two complementary axes. The first, epistemological and cognitive in nature, discusses the impact of extended school hours on learning, intellectual autonomy, independent study, and the development of critical thinking. The second, social, identity-related, and pedagogical in character, examines the effects of full-time schooling on youth formation, social inequalities, experiences of belonging, and the concrete conditions of teaching work. Methodologically, this is a theoretical essay of an analytical-interpretive nature, grounded in bibliographic review and in critical dialogue with frameworks from the sociology of education, philosophy of education, learning psychology, and human formation studies, drawing on authors such as Paulo Freire, Miguel Arroyo, Bernard Charlot, Pierre Bourdieu, Jean-Claude Passeron, Braga and Severino (2014), and Braga et al. (2024). The essay ultimately argues that a seven-hour school day, combined with improved pedagogical, human, and structural conditions, tends to foster more balanced, critical, and socially equitable formative experiences.

Keywords: Full-Time Secondary Education. School Schedule. Human Formation. Brazilian Public Education. School Time.

INTRODUÇÃO

Há um paradoxo no centro do Ensino Médio integral brasileiro que raramente é formulado com a clareza necessária: a escola que promete formar mais, ao estender sua jornada para 9 horas diárias, frequentemente pode acabar formando menos. Não porque o tempo seja adversário da aprendizagem, já que constitui um de seus recursos fundamentais, mas porque sua ampliação, quando dissociada das condições concretas dos estudantes e das próprias escolas, tende a produzir fadiga cognitiva, esvaziamento da autonomia e formas sutis de exclusão. Aquilo que deveria ampliar a formação pode, assim, restringi-la.

Esse paradoxo não se reduz a uma hipótese especulativa. Sustenta-se em um conjunto de evidências oriundas da neurociência, da psicologia do desenvolvimento, da sociologia da educação e da filosofia pedagógica, cujos resultados convergem ao apontar limites objetivos para modelos excessivamente extensivos de jornada escolar. O problema, portanto, não reside na ideia de educação integral, horizonte legítimo e historicamente relevante na tradição pedagógica brasileira desde Anísio Teixeira (2007). A questão emerge quando esse horizonte passa a ser reduzido a uma operação predominantemente administrativa de ampliação do tempo escolar, como se a simples permanência prolongada na instituição fosse suficiente para qualificar a formação.

A partir do final dos anos 2000, especialmente com a criação do Programa Mais Educação (2007), a educação integral em tempo integral consolidou-se como diretriz estruturante das políticas educacionais brasileiras. O referido programa, conforme consta em sua legislação instituidora, “visa à formação em tempo integral de alunos da rede pública de ensino básico, através de um conjunto de ações educativas, do fortalecimento da formação cultural de crianças e jovens e da aproximação das escolas com as famílias e as comunidades” (Cavaliere, 2009, p. 55). Ao longo da década seguinte, esse movimento foi ampliado e reconfigurado por iniciativas desenvolvidas em diferentes níveis federativos.

Tal processo culminou na implementação do Novo Ensino Médio pela Lei n.º 13.415/2017, reforma que reforçou a centralidade da ampliação da jornada escolar nas políticas públicas educacionais. Braga et al. (2024), observam que o Novo Ensino Médio se insere em um campo de disputas entre racionalidades de orientação tecnicista e perspectivas voltadas à formação humana em sentido amplo, evidenciando que tais reformas não são neutras, mas expressão de projetos educativos em tensão. É nesse terreno de disputas que o paradoxo do tempo se constitui e se intensifica.

Diante desse quadro, o presente ensaio sustenta que a jornada de 7 horas diárias tende a representar um ponto de equilíbrio mais adequado entre presença institucional e liberdade formativa no Ensino Médio público brasileiro. A análise concentra-se na realidade das escolas públicas, contexto em que as tensões aqui examinadas se manifestam com maior intensidade. Metodologicamente, trata-se de um ensaio teórico de natureza analítico-interpretativa, fundamentado em revisão bibliográfica e no confronto crítico entre diretrizes políticas educacionais e referenciais da neurociência, da psicologia da aprendizagem, da sociologia da educação e da filosofia da educação. Ao final, procura-se demonstrar que a qualidade da formação não se mede pela simples extensão do tempo escolar, mas pela densidade humana, cognitiva e social das experiências educativas que nele se realizam.

Cabe registrar, antes de avançar, que existem contextos nos quais a jornada ampliada produziu resultados positivos, especialmente quando acompanhada de infraestrutura adequada, formação docente consistente e participação efetiva das famílias. O argumento desenvolvido neste ensaio não se dirige contra a educação integral como horizonte formativo, mas contra sua universalização acrítica em condições materiais, pedagógicas e humanas que, em grande parte das redes públicas brasileiras, ainda permanecem insuficientes.

O PARADOXO COGNITIVO: MAIS TEMPO, MENOS CONHECIMENTO

O primeiro eixo do paradoxo opera nos planos conceitual, cognitivo, filosófico e da autonomia estudantil. Sua raiz mais profunda é conceitual e diz respeito a uma confusão que a política educacional brasileira tende a reproduzir sistematicamente: a que existe entre educação integral e escola de tempo integral. Essa confusão não é nova. Cavaliere (2009), em estudo publicado na revista *Em Aberto*, já interrogava, há mais de quinze anos, “que tipo de relação institucional de vivências concretas favoreceria a recomposição da escola e suas práticas em função de seus novos integrantes” (Cavaliere, 2009, p. 57).

A pergunta permanece sem resposta satisfatória, ainda que o Estado brasileiro tenha acumulado, desde então, uma série de iniciativas voltadas à permanência e à ampliação da jornada escolar, do Programa Bolsa Família ao Programa Mais Educação, e, mais recentemente, ao Pé de Meia, instituído em 2024 como incentivo financeiro à frequência de estudantes do Ensino Médio público. O que essas políticas têm em comum é a aposta de que garantir a presença do jovem na escola por mais tempo é, em si, uma forma de qualificar sua formação. É precisamente esse pressuposto que este ensaio questiona.

Cavaliere (2009), estabelece uma distinção que o debate político frequentemente ignora. Educação integral é uma concepção filosófica e pedagógica de formação humana em suas

múltiplas dimensões, abrangendo o intelecto, a afetividade, a ética, a estética, o corpo e a vida social. Escola de tempo integral, por sua vez, é uma forma de organização escolar caracterizada pela ampliação da jornada diária. Ao confundir esses dois planos, toma-se a extensão do relógio como sinônimo de profundidade formativa, quando, na prática, o efeito pode ser o inverso.

Quando Anísio Teixeira (2007) propôs, na primeira metade do século XX, uma escola de dia completo para o Brasil, sua visão ultrapassava a mera extensão do horário escolar. O que Teixeira (2007) imaginava era a construção de um ambiente educativo rico, diversificado, integrado à vida social dos educandos e comprometido com a formação do cidadão democrático em todas as suas dimensões. O tempo integral, nessa concepção original, era um meio de ampliar experiências formativas, e não um fim administrativo a ser cumprido. O que o modelo hegemônico atual tende a fazer é inverter essa lógica: o tempo torna-se o objetivo, e a pedagogia fica em segundo plano. Isso se manifesta de forma especialmente nítida na proliferação de componentes curriculares que caracteriza o Novo Ensino Médio, incluindo Projeto de Vida, Eletivas, Estudo Orientado e Trilhas Formativas. “Nesse contexto, o papel do educador torna-se ainda mais complexo devido às barreiras impostas pelo desenho institucional desse modelo educativo” (Braga *et al.*, 2024, p. 42).

No plano cognitivo, a neurociência contemporânea tem demonstrado que o cérebro humano não processa e armazena novas informações de forma linear e acumulativa. Ele requer alternâncias entre períodos de ativação intensa e momentos de processamento mais silencioso, nos quais o que foi aprendido durante a exposição ativa é reorganizado, integrado e transferido para a memória de longo prazo. Estudos indicam que a atividade cerebral em estado de repouso desempenha papel relevante nesse processo, sendo modulada por experiências recentes de aprendizagem. Nesse sentido, Cai et al. (2009), em pesquisa publicada na revista *Proceedings of the National Academy of Sciences* (v. 106, n. 25), demonstram que os intervalos de descanso entre sessões de aprendizagem são biologicamente essenciais para a consolidação da memória.

O problema se torna ainda mais complexo quando se considera o funcionamento do sistema cognitivo ao longo de períodos prolongados de esforço intelectual. Kahneman (2011), demonstra que o sistema responsável pelo raciocínio analítico, pela tomada de decisão deliberada e pela resolução de problemas complexos opera sob demanda de esforço atencional e controle voluntário, sendo particularmente sensível à sobrecarga. Em contextos de exaustão, há maior tendência de predominância de respostas intuitivas, frequentemente orientadas por heurísticas, como a aversão à perda, na qual “a resposta às perdas é mais forte do que a resposta aos ganhos correspondentes” (Kahneman, 2011, p. 274). Em jornadas extensas, tal esgotamento

não implica apenas cansaço subjetivo, mas uma limitação objetiva das condições cognitivas necessárias à aprendizagem significativa.

No caso da escola pública brasileira, esse esgotamento recai de forma ainda mais severa sobre jovens em situação de vulnerabilidade socioeconômica, contexto que guarda estreita analogia com o que Jensen (2009), identificou em pesquisa realizada no contexto norte-americano. Jovens frequentemente expostos à privação de sono, à alimentação insuficiente e a elevados níveis de estresse crônico tendem a apresentar maior sensibilidade à fadiga cognitiva e comprometimento das funções de memória e atenção. Nesse cenário, a ampliação da jornada escolar tende a produzir impactos desiguais, comprometendo com maior intensidade justamente aqueles que mais dependem da escola como espaço de desenvolvimento.

O quadro se torna paradoxal quando se examina a dimensão da autonomia estudantil. Estudantes que regulam a própria aprendizagem tendem a desenvolver habilidades que a instrução direta não consegue substituir, como a capacidade de identificar lacunas no próprio conhecimento, selecionar estratégias adequadas para cada tipo de tarefa e monitorar o próprio progresso ao longo do tempo. A jornada de 9 horas, ao ocupar grande parte do tempo disponível do jovem, acaba por restringir precisamente as condições necessárias ao exercício dessa autonomia intelectual.

Quando a autonomia intelectual é sistematicamente cerceada, e o estudante é reduzido à mera exposição prolongada a conteúdos e instruções, compromete-se a construção de uma aprendizagem verdadeiramente ativa e significativa. Nessas condições, coloca-se em dúvida a própria existência da aprendizagem, pois um educando incapaz de ressignificar conhecimentos, estabelecer analogias e mobilizar saberes para além dos limites organizados pela escola dificilmente demonstra ter aprendido de fato. Desse modo, até mesmo a ideia de protagonismo estudantil torna-se questionável, uma vez que a excessiva dependência da mediação institucional pode produzir sujeitos restritos ao que a escola prescreve, com dificuldades para exercer autonomia intelectual fora dela. Braga *et al.* (2019, p. 3), reforçam essa perspectiva ao destacar que a carga cognitiva generativa é aquela cujo “exercício mental torna-se produtivo devido à aquisição de informações relevantes, que oferecem a possibilidade de construção de esquemas mentais mais complexos”, condição que depende de um aprendiz ativo.

No plano filosófico, o paradoxo atinge uma dimensão especialmente grave. Braga (2017) demonstrou, em tese de doutorado pela Universidade Nove de Julho, que a experiência com a filosofia no Ensino Médio exerce impactos significativos sobre a formação crítica dos jovens, desenvolvendo capacidades de reflexão ética e problematização da realidade. Conforme destaca o autor, “a Filosofia com os seus elementos formativos pode inserir os educandos

criticamente na sociedade e orientá-los para um melhor exercício da cidadania” (Braga, 2017, p. 119). O modelo de tempo integral, na forma como tem sido implementado, ao fragmentar e marginalizar disciplinas de cunho humanístico em favor de componentes técnicos e instrumentais, tende a comprometer precisamente essa dimensão formativa que Braga (2017) identifica como estruturante da identidade do sujeito crítico.

Braga e Severino (2014), em artigo publicado na revista *Estação Científica*, são precisos ao identificar o que está em jogo nessa dimensão filosófica:

O fazer educativo pode contribuir como um significativo aporte à formação do sujeito transformador de sua realidade, ao chegar à plena consciência de sua existência, ou da consciência de sua ignorância, frente à percepção do que falta ser conhecido (Braga & Severino, 2014, p. 69).

A formação do sujeito transformador não se realiza pela simples acumulação passiva de horas dentro de uma instituição. Requer que o jovem disponha de tempo e condições para confrontar as experiências escolares com as experiências de vida fora da escola, desenvolvendo progressivamente uma perspectiva crítica acerca da realidade em que está inserido. Uma escola que se propõe a formar para a consciência crítica, mas não questiona as contradições do próprio modelo que adota, incorre em uma inconsistência que ultrapassa o campo pedagógico, justamente por não sustentar, em sua própria prática, uma dimensão ética coerente com o discurso que defende.

A inconsistência torna-se ainda mais evidente quando se considera o que Pierre Bourdieu e Jean-Claude Passeron demonstraram em *A Reprodução* ao desenvolverem o conceito de violência simbólica. Há, para os autores, uma “homologia entre o monopólio escolar da violência simbólica legítima e o monopólio estatal do exercício legítimo da violência física” (Bourdieu & Passeron, 1982, p. 13), perspectiva que evidencia como a escola pode reproduzir e ampliar desigualdades sociais sob o manto da neutralidade pedagógica.

O modelo de tempo integral, quando implementado sem atenção às condições concretas das famílias e dos territórios, corre o risco de reproduzir esse mecanismo em escala ampliada: apresenta-se como neutro e benéfico para todos, enquanto, na prática, tende a favorecer aqueles que possuem condições de usufruir de uma escola de 9 horas e a prejudicar, nos planos cognitivo, afetivo e social, aqueles que não possuem as mesmas condições. Em sua dimensão mais profunda, o paradoxo epistemológico e cognitivo suscita uma questão raramente enfrentada pelo discurso oficial: a quem a escola de 9 horas, na forma como vem sendo ofertada, efetivamente atende?

O PARADOXO SOCIAL: EXCLUSÃO E DESUMANIZAÇÃO

O segundo eixo do paradoxo articula três dimensões de lógica contraditória semelhante. A escola de 9 horas apresenta-se como inclusiva, mas tende a excluir os mais vulneráveis. Propõe-se humanizadora, mas frequentemente desumaniza o trabalho docente. Afirma-se formadora de identidades, mas ocupa exatamente o tempo e o espaço em que as identidades se constroem de forma mais viva. A escola que se propõe humanizadora, mas organiza seu tempo de modo a suprimir as condições necessárias ao desenvolvimento pleno do jovem, incorre numa contradição que Freire já havia nomeado com precisão: a desumanização “não se verifica apenas nos que têm sua humanidade roubada, mas também, ainda que de forma diferente, nos que a roubam” (Freire, 2013, p. 30).

Um modelo que desumaniza ao pretender humanizar não é apenas ineficaz: é eticamente contraditório. Tal advertência aplica-se com precisão a modelos escolares que, ao monopolizarem o tempo do jovem, comprometem sua capacidade de desenvolver autonomia, construir pertencimento e reconhecer-se como sujeito. Compreender esse paradoxo exige alcançar a vida concreta daqueles que habitam as escolas públicas brasileiras, especialmente no que diz respeito aos processos de formação identitária vividos durante a adolescência.

Nessa perspectiva, a dimensão identitária do paradoxo encontra respaldo nas reflexões de Miguel Arroyo e Bernard Charlot acerca da formação humana e da construção da identidade juvenil. Arroyo (2012), argumenta que os educandos chegam às escolas carregando vivências, valores, culturas e identidades que os currículos padronizados frequentemente ignoram. Charlot (2000), por sua vez, compreende a educação como um processo de produção de si mesmo que só se realiza pela mediação do outro, o que implica reconhecer que a formação do sujeito não se esgota no espaço institucional.

A construção identitária na adolescência exige experiências que ultrapassem os limites da escola, envolvendo interações variadas, convivência com diferentes grupos sociais e vivências concretas de autonomia. Quando a escola ocupa 9 horas diárias da existência do adolescente, a vida juvenil tende a ficar reduzida ao espaço escolar, com as relações sociais limitadas aos colegas de turma e os modelos de referência concentrados na própria instituição. Ao monopolizar esse tempo, a escola pode produzir uma forma silenciosa de desumanização, enfraquecendo a transmissão dos saberes familiares, das culturas locais e das experiências comunitárias em favor de um currículo frequentemente padronizado e distante das realidades vividas.

A dimensão social do paradoxo é igualmente contundente. Segundo a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua de 2022 (IBGE, 2023), mais da metade das crianças e

adolescentes de 5 a 17 anos realizavam afazeres domésticos ou atividades de cuidado de pessoas, dado que evidencia como parcela expressiva dos jovens que frequentam escolas públicas acumula responsabilidades domésticas e familiares. Para esse perfil, uma jornada de 9 horas não configura necessariamente uma oportunidade formativa: pode configurar um ultimato.

O jovem que precisa buscar o irmão mais novo, preparar o almoço da família ou contribuir economicamente é colocado diante de uma escolha concreta e muitas vezes cruel: cumprir suas responsabilidades familiares ou permanecer na escola. O Censo Escolar de 2022 (INEP, 2023), reforça esse diagnóstico ao revelar que apenas 32% das escolas públicas brasileiras dispunham de quadra esportiva coberta, e um percentual ainda menor contava com laboratórios de ciências, espaços de arte e cultura e bibliotecas adequadamente equipadas. Nesse contexto, o que se pratica em muitas instituições tende a ser um tempo integral apenas no nome: os estudantes permanecem mais horas na escola, mas em condições materiais que não permitem a diversificação das experiências de aprendizagem que o modelo promete.

O paradoxo pedagógico completo e articula os anteriores, pois incide sobre os professores, sujeitos sem os quais nenhuma proposta educacional pode se realizar. No contexto do Ensino Médio integral de 9 horas, as reformas educacionais ampliam sistematicamente as tarefas e responsabilidades dos professores sem oferecer correspondente ampliação de recursos, tempo de planejamento, formação continuada ou remuneração. Além de suas funções nas disciplinas de referência, o professor frequentemente acumula atividades de tutoria, mentoria, orientação de projetos de vida e acompanhamento socioemocional, sem formação específica para essas atribuições e sem tempo de planejamento proporcional ao que se lhe exige.

Como observam Miguel Arroyo e os autores discutidos por Braga et al. (2024), os vínculos entre educação e desumanização têm sido historicamente negligenciados por modelos pedagógicos orientados por lógicas mercadológicas. Nesse sentido:

Quais são as possibilidades de humanização dos tempos, dos espaços, das normas, dos rituais, das relações sociais [...]? Todo esse cotidiano quebra identidades, quebra processos de aprender a ser gente, desconfigura auto-imagens...? [...] grandes questões de nosso ofício. De nossa humana docência (Arroyo, 2008, p. 59).

Braga et al. (2024), em artigo publicado na *Revista Diálogos Acadêmicos* (v. 13, n. 2), apontam que o Novo Ensino Médio exige do educador um perfil humanizador, capaz de mediar aprendizagens de forma crítica e dialógica e de resistir às lógicas hegemônicas que reduzem a docência a uma função meramente técnica e gerencial. Tal perfil, entretanto, pressupõe condições materiais, pedagógicas e humanas que o modelo atual frequentemente não oferece.

Um sistema que se propõe a humanizar a educação, mas desumaniza o trabalho daqueles que a realizam, incorre em uma contradição estrutural que o discurso oficial raramente reconhece.

A ampliação da permanência do estudante na escola não garante, por si só, uma formação mais humana, crítica ou significativa. Em muitos casos, a redução da pressão sobre o sistema educacional pode criar condições mais favoráveis para que o tempo escolar seja vivido com maior qualidade pedagógica, menor esgotamento e relações formativas mais consistentes. Professores com melhores condições de planejamento, estudantes menos submetidos à saturação cotidiana e instituições capazes de organizar o trabalho educativo de forma mais equilibrada tendem a produzir experiências de aprendizagem mais efetivas do que a simples ampliação quantitativa da jornada.

A questão central, portanto, não reside na quantidade de horas que o estudante permanece na escola, mas na natureza das experiências que ali vivencia e nas condições concretas em que elas se realizam. O paradoxo social, identitário e pedagógico evidencia que o modelo de 9 horas, tal como vem sendo implementado em grande parte das redes públicas, corre o risco de aprofundar desigualdades, fragilizar vínculos humanos e comprometer processos fundamentais de autonomia e formação crítica. A promessa de inclusão e desenvolvimento integral torna-se contraditória quando aqueles que mais necessitam da escola passam a experimentar, justamente nela, novas formas de desgaste, silenciamento e exclusão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O debate acerca da jornada escolar no Ensino Médio não pode ser reduzido à simples ampliação quantitativa do tempo de permanência do estudante na escola. Os paradoxos analisados ao longo deste ensaio evidenciam que uma formação verdadeiramente integral depende menos da retenção prolongada do jovem no espaço escolar e mais da qualidade das experiências humanas, cognitivas e sociais que lhe são proporcionadas. Quando implementada sem condições materiais, pedagógicas e humanas adequadas, a escola de 9 horas corre o risco de comprometer justamente aquilo que afirma promover: autonomia, emancipação, criticidade e desenvolvimento integral.

Defender uma jornada de 7 horas, nesse contexto, não significa negar a importância da educação integral, mas reconhecer que a formação humana ultrapassa os limites institucionais da escola. Família, comunidade, cultura, convivência social, descanso, tempo livre e experiências de autonomia também educam. Uma escola que compreende seus próprios limites tende a contribuir mais para a formação do sujeito do que aquela que busca monopolizar integralmente seu tempo. Educar não consiste em ocupar continuamente a vida do estudante,

mas em criar condições para que ele aprenda a compreender o mundo, a si mesmo e aos outros de maneira crítica e humana.

O tempo fora da escola não é ausência de formação; muitas vezes, é o espaço em que a formação se transforma efetivamente em vida, pois é nele que o estudante pode ressignificar os conhecimentos construídos em sala de aula, relacionando-os às experiências cotidianas, aos vínculos familiares, às práticas culturais e aos desafios concretos da realidade em que vive. Quando há tempo para reflexão, convivência e experimentação, o conhecimento deixa de ser mera informação escolarizada e passa a constituir compreensão crítica do mundo e de si mesmo. Devolver ao jovem uma parte significativa de seu tempo não representa abrir mão da formação, mas reconhecer que a formação humana nunca coube inteiramente dentro dos muros da escola.

REFERÊNCIAS

ARROYO, Miguel Gonzáles. **Ofício de Mestre: imagens e autoimagens**. 10. ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

ARROYO, Miguel G. **Outros Sujeitos, Outras Pedagogias**. Petrópolis: Vozes, 2012.

BOURDIEU, Pierre; PASSERON, Jean-Claude. **A Reprodução: elementos para uma teoria do sistema de ensino**. 2. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1982.

BRASIL. Lei n.º 9.394, de 20 de dezembro de 1996. **Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Brasília: Presidência da República, 1996.

BRASIL. Lei n.º 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. **Institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral**. Brasília: Presidência da República, 2017.

BRAGA, A. N., SILVA JR, C. A. B., BRAGA, A. N., ALVES, M. G. S., ALEIXO, V. F. P., & BRAGA, L. F. (2024). **Educador Humanizador no Novo Ensino Médio: entre hegemonia e resistência**. *Revista Diálogos Acadêmicos*, 13(2). <https://revista.unifametro.edu.br/index.php/RDA/article/view/271/327>.

BRAGA, A. N., ALVES, D. T., PEREIRA FILHO, S. C. F., & DE SOUZA, N. P. C. (2019). **A Teoria Cognitiva da Aprendizagem Multimídia no Desenvolvimento de Atividades de Alfabetização Matemática**. *Scientia Plena*, 15(7). <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.074803>.

BRAGA, Lelio Favacho. **Impactos da Aprendizagem da Filosofia no Ensino Médio sobre a Formação Filosófica do Pedagogo: um estudo de caso na UFPA**. 2017. 153 f. Tese (Programa de Pós-Graduação em Educação) — Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://catalogodeteses.capes.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2026.

BRAGA, L. F.; SEVERINO, A. J. **Filosofia, Educação e Formação Humana: a busca dos sentidos do fazer educativo**. *Estação Científica*, Macapá, v. 4, n. 2, p. 65-73, 2014. Disponível em: <https://periodicos.unifap.br>. Acesso em: 10 jan. 2026.

CAI, D. J. et al. ***REM Sleep Selectively Prunes and Maintains New Synapses in Development and Learning***. *PNAS — Proceedings of the National Academy of Sciences*. v. 106, n. 25, p. 10.130-10.135, 2009. Disponível em: <https://www.pnas.org>. Acesso em: 5 fev. 2026.

CAVALIERE, Ana Maria Villela. **Escola de Tempo Integral versus Aluno em Tempo Integral**. *Em Aberto*, Brasília, v. 22, n. 80, p. 51-63, abr. 2009. Disponível em: <https://portal.inep.gov.br>. Acesso em: 12 jan. 2026.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 54. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.

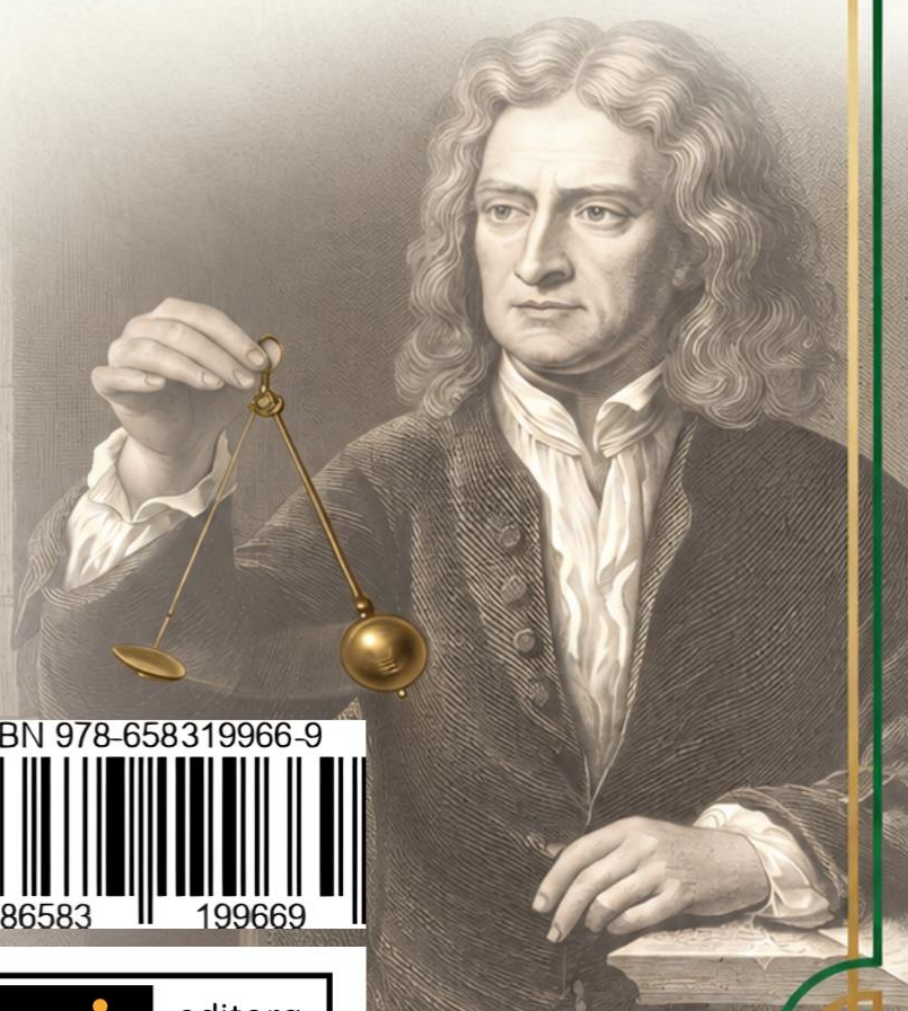
IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua: trabalho de crianças e adolescentes de 5 a 17 anos de idade — 2022**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: ibge.gov.br.

INEP. **Censo Escolar da Educação Básica 2022: resumo técnico**. Brasília: INEP, 2023. Disponível em: inep.gov.br.

JENSEN, Eric. ***Teaching with Poverty in Mind: What Being Poor Does to Kids' Brains and What Schools Can Do About It***. Alexandria: ASCD, 2009.

KAHNEMAN, Daniel. *Thinking, Fast and Slow*. New York: Farrar, Straus and Giroux, 2011.

TEIXEIRA, A. S. **Educação Não é Privilégio**. 7. ed. Rio de Janeiro: UFRJ, 2007.



ISBN 978-658319966-9



thesis editora
científica