



UFRPE



Especialização em
ensino de **CIÊNCIAS**
E **MATEMÁTICA**

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA E TECNOLOGIA
ESPECIALIZAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

JOSÉ VALDEVINO DE ANDRADE NETO

**EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ABORDAGENS
PEDAGÓGICAS PARA MELHORIA DA APRENDIZAGEM EM ESCOLAS
PÚBLICAS.**

Recife

2025

JOSÉ VALDEVINO DE ANDRADE NETO

**EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ABORDAGENS
PEDAGÓGICAS PARA MELHORIA DA APRENDIZAGEM EM ESCOLAS
PÚBLICAS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Especialização em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como requisito final para obtenção do título de Especialista em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Me. Lindemberg de Andrade Gomes.

Recife

2025

**EXPERIMENTOS DE BAIXO CUSTO NO ENSINO DE CIÊNCIAS: ABORDAGENS
PEDAGÓGICAS PARA MELHORIA DA APRENDIZAGEM EM ESCOLAS
PÚBLICAS.**

**LOW-COST EXPERIMENTS IN SCIENCE EDUCATION: PEDAGOGICAL
APPROACHES TO IMPROVE LEARNING IN PUBLIC SCHOOLS**

José Valdevino de Andrade Neto
Autor do Trabalho de Conclusão de Curso
Especialização em Ensino de Ciências e Matemática/UAEADTEc
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE
valdevinoneto2015@gmail.com

Lindemberg de Andrade Gomes
Orientador do Trabalho de Conclusão de Curso
Especialização em Ensino de Ciências e Matemática/UAEADTEc
Universidade Federal Rural de Pernambuco/UFRPE
lindemberg.ead@gmail.com

RESUMO

O propósito deste estudo foi analisar o efeito da incorporação de experimentos de baixo custo, simuladores digitais e atividades práticas no ensino de Física em instituições públicas de educação básica, tendo como parâmetro o conteúdo de eletrodinâmica. A pesquisa se propõe como um estudo de caso, de caráter qualitativa e aplicada, com performance experimental e intervenção pedagógica planejada por etapas. Como metodologias utilizadas, foram ofertadas aulas que seguem etapas, iniciando com teóricas para contextualização do tema, seguindo da aplicação de experimentação virtual e prática de baixo custo, e como avaliação a produção de relatórios para analisar o rendimento escolar, o envolvimento dos estudantes, a percepção deles próprios sobre o aprendizado e a capacidade de construir conhecimentos após a aplicação dessas metodologias. Os achados evidenciaram um progresso notável nas avaliações teóricas e práticas, com ênfase no crescimento do envolvimento nas atividades experimentais. A assimilação de informações foi elevada, particularmente nos princípios de corrente elétrica e conexão de resistores. A utilização de simuladores virtuais, como o PhET, auxiliou na visualização de conceitos abstratos, contudo, os experimentos presenciais se mostraram mais eficientes para

solidificar o aprendizado. O estudo conclui que a união de teoria, prática e tecnologia é extremamente eficiente para fomentar uma educação científica mais envolvente e acessível, além de intensificar o entendimento e o interesse dos estudantes pela Física.

Palavras-chave: Ensino de Ciências; Experimentação; Contextualização.

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze the effect of incorporating low-cost experiments, digital simulators, and practical activities in the teaching of Physics at public basic education institutions, focusing on the topic of electrodynamics. The research is proposed as a case study, qualitative and applied in nature, with an experimental performance and pedagogical intervention planned in stages. The methodologies used involved offering classes that follow stages, beginning with theoretical lessons to contextualize the topic, followed by the application of virtual and low-cost practical experimentation, and using the production of reports as an assessment tool to analyze academic performance, student engagement, their own perception of learning, and their ability to build knowledge after applying these methodologies. The findings showed notable progress in theoretical and practical evaluations, with an emphasis on increased involvement in experimental activities. Information assimilation was high, particularly in the principles of electric current and resistor connections. The use of virtual simulators, such as PhET, helped in visualizing abstract concepts; however, hands-on experiments proved more effective in solidifying learning. The study concludes that the combination of theory, practice, and technology is extremely effective in fostering a more engaging and accessible scientific education, as well as enhancing students' understanding and interest in Physics.

Keywords: Science Teaching; Experimentation; Contextualization.

Datas de submissão e aprovação do artigo: 16 de maio de 2025.

1. INTRODUÇÃO

Nas escolas públicas do Brasil, o ensino de Física se depara com várias barreiras: escassez de recursos apropriados, laboratórios de ciências inapropriados, e a dificuldade de muitos estudantes em entender conceitos abstratos. Esses obstáculos contribuem para a desmotivação dos estudantes e afetam de forma negativa o seu rendimento. O aprendizado de Ciências, particularmente da Física, necessita da adoção, por parte dos professores, de metodologias que facilitem a assimilação dos conceitos através de práticas pedagógicas que conectem o conteúdo à realidade diária dos estudantes (Santos, 2015).

Como professor da rede pública de ensino do estado de Pernambuco, tenho presenciado cotidianamente as adversidades que o ensino da disciplina de física enfrenta, principalmente em instituições de ensino com limitação de recursos e locais com estruturas precárias. Esse contexto incentiva a procura de soluções que reúnam os conceitos científicos com o dia a dia dos estudantes, proporcionando um aprendizado mais acessível e significativo. Diante dessa experiência prática, noto que a utilização combinada de experimentos de baixo custo e tecnologias digitais é capaz de transpor restrições estruturais, fomentando a ampliação do engajamento, compreensão e interesse dos estudantes. Assim, este trabalho surge da demanda concreta de criar uma renovação no ensino da Física, fazendo-o ser mais inclusivo e associado à realidade dos jovens, colaborando para seu desenvolvimento crítico e científico.

No contexto do ensino de Ciências, a teoria da aprendizagem significativa evidencia sua relevância ao expor que “o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe.” Averigue isso e ensine-o de acordo” (Ausubel et al., 1980, p. 4). Essa abordagem fortalece a necessidade de relacionar os conteúdos científicos à realidade dos estudantes, o que estimula tanto a compreensão quanto a fixação dos conceitos. Ao empregar recursos simples e presentes no cotidiano dos estudantes, os docentes são capazes de facilitar a assimilação de novos saberes, deixando o aprendizado mais significativo e duradouro.

Em particular, a utilização de experimentos virtuais constitui uma tática inovadora para ultrapassar as restrições de infraestrutura das instituições de ensino públicas. A utilização de plataformas de simulação que não dependem de conexão à internet, como o PhET ou o Labster, oferece aos estudantes uma experiência

interativa e enriquecedora, permitindo a visualização e manipulação de fenômenos científicos em um ambiente virtual controlado. Esses softwares educacionais simulam fenômenos físicos, químicos e biológicos, possibilitando a visualização do fenômeno, que proporciona uma aprendizagem baseada na experimentação virtual.

Além disso, essas estratégias podem ser aplicadas para introduzir conceitos, reforçar conteúdos e permitir que os estudantes explorem situações que seriam difíceis, perigosas ou dispendiosas de reproduzir presencialmente. Entre suas potencialidades, destacam-se a capacidade de repetição ilimitada das simulações e o estímulo ao raciocínio crítico. Assim, tais plataformas complementam os experimentos práticos realizados em sala de aula, tornando o processo de aprendizagem mais dinâmico e acessível, especialmente em contextos nos quais os recursos materiais são limitados (Araújo, 2015).

A partir disso, o emprego de experimentos de baixo custo tem se tornado cada vez mais comum no ambiente educacional, especialmente em escolas públicas, onde as condições estruturais e materiais são frequentemente precárias. Tal estratégia busca trocar equipamentos caros e sofisticados por materiais simples e acessíveis, de fácil acesso aos estudantes, tais como garrafas PET, vinagre, bicarbonato de sódio, entre outros. O uso de tais experimentos em sala de aula pode fazer com que os conceitos científicos se tornem mais palpáveis, possibilitando que os discentes participem ativamente da aprendizagem (Laburú, 2005).

Com isso, a vinculação dos temas científicos trabalhados em sala de aula com situações cotidianas dos estudantes pode potencializar o interesse e a motivação, uma vez que eles conseguem enxergar a utilização prática dos conhecimentos obtidos em suas próprias circunstâncias.

Posto isto, o estudo procurou explorar como o uso de experimentos de baixo custo, aliado à inclusão de tecnologias, potencializa no estudante o engajamento e a construção do aprendizado, ultrapassando limitações físicas e fomentando uma educação mais inclusiva. Com o foco de verificar essa combinação — que relaciona a contextualização dos temas e uma pedagogia focada no aprendizado ativo —, o estudo busca demonstrar como essa abordagem pode renovar o ensino de Física nas escolas públicas, em especial no âmbito da eletrodinâmica. E, como consequência, o estudo de caso, tem pretensão de observar a influência no rendimento escolar e o aumento do interesse dos estudantes pela disciplina.

Este estudo, fundamentado nas teorias pedagógicas de Ausubel (1980) e Freire (1996), que advogam pela aprendizagem ativa, colaborativa e crítica, trata da experimentação e a contextualização dos conteúdos como ferramentas eficazes para envolver os estudantes no processo de aprendizagem. Ao incorporar atividades práticas de baixo custo e simulações digitais, é favorecida uma educação científica mais inclusiva e significativa, na perspectiva da compreensão dos conceitos físicos. Dessa maneira, o estudo também colabora para a formação de cidadãos críticos e conscientes, para que sejam capazes de utilizar o conhecimento científico em suas vidas.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 A importância da experimentação de baixo custo e contextualização no ensino de física.

A experimentação é um dos principais recursos pedagógicos no ensino de Ciências, particularmente em Física, pois possibilita a experiência tangível dos fenômenos físicos e a construção do saber de maneira ativa. Contudo, em diversas escolas públicas do Brasil, a falta de locais adequados para o ensino e o déficit de recursos impossibilitam a utilização plena de experimentos. Nesse contexto, o uso de materiais de baixo custo se apresenta como uma opção viável e eficiente. Os autores Araújo e Abib (2006) ressaltam que experiências com recursos acessíveis podem facilitar o entendimento dos princípios físicos, tornando as aulas mais interativas e participativas.

Outro elemento fundamental para o aprendizado de relevância dos estudantes é a contextualização dos conteúdos científicos. Segundo Chassot (2000), é crucial vincular os conteúdos escolares ao dia a dia dos estudantes para estimular o interesse e simplificar a construção do conhecimento. A aprendizagem deixa de ser algo remoto e teórico, tornando-se relevante na realidade dos estudantes. Ao abordar situações concretas e cotidianas, como a operação de equipamentos elétricos, o uso da água ou fenômenos naturais, por exemplo, os discentes conseguem perceber a utilização prática dos conceitos, o que favorece um aprendizado mais duradouro.

Neste cenário, a perspectiva freiriana proporciona contribuições significativas. O autor Paulo Freire (1996) advoga por uma educação dialógica, crítica e contextual, na qual o conhecimento científico deve ser utilizado para entender a realidade e promover

mudanças sociais. Ele acredita que os processos de ensino-aprendizagem devem valorizar o conhecimento prévio dos estudantes e estabelecer um diálogo com suas experiências. Em nosso caso, quando associada a assuntos sociais significativos, como saneamento básico, sustentabilidade e energia, a experimentação de baixo custo se transforma em um eficaz meio de conscientização e emancipação dos estudantes. Como afirma Freire:

Saber que ensinar não é transferir conhecimento, mas criar as possibilidades para a sua própria produção ou a sua construção. Quando entro em uma sala de aula, devo estar sendo um ser aberto a indagações, à curiosidade, às perguntas dos alunos, às suas inibições; um ser crítico e inquiridor, inquieto em face da tarefa que tenho – a de ensinar e não a de transferir conhecimento. (Freire, 1996, p. 25).

Adicionalmente à contextualização sociocultural e à adoção de experimentação de baixo custo, a utilização de tecnologias digitais, como simuladores virtuais, tem se mostrado uma estratégia complementar eficiente para instituições de ensino com restrições estruturais. De acordo com Gama (2010), as simulações por computador permitem aos estudantes observarem os fenômenos físicos de maneira interativa, incentivando o raciocínio científico mesmo fora do ambiente laboratorial convencional. Essas ferramentas digitais expandem o acesso ao saber e possibilitam uma educação mais inclusiva, como também enfatizado por Moreno (2015), que vê as tecnologias como uma alternativa para democratizar a educação em Física.

Outro ponto relevante a levar em conta é a função da experimentação no estímulo ao interesse e ao envolvimento dos estudantes. Krasilchik (2000) ressalta que a implementação de metodologias ativas, tais como experimentos de baixo custo, torna a educação mais cativante, particularmente em situações de vulnerabilidade na educação. Ao se envolverem em atividades práticas, os estudantes aprimoram suas habilidades de investigação, senso crítico e habilidade de solucionar problemas, o que os leva mais perto da metodologia científica e reforça sua independência intelectual.

Finalmente, a combinação de experimentação acessível, contextualização e ferramentas tecnológicas aponta para um método de ensino potencialmente mais eficiente e transformador. Essa estratégia diversificada busca atender às demandas específicas que muitas escolas públicas enfrentam, no ensino de ciências, especialmente em física, diante das restrições estruturais, mas não se restringe a elas, podendo também beneficiar outras redes de ensino. Com base nos trabalhos de Freire (1996), Chassot (2000), Gama (2010), Araújo e Abib (2006), entre outros autores

mencionados, entende-se que o ensino de Física pode ser revigorado por meio de métodos que integrem teoria e prática, incentivando não só a aprendizagem conceitual, mas também a formação de cidadãos críticos e participativos em suas comunidades. Contudo, é fundamental reconhecer que a execução plena dessas estratégias está sujeita a múltiplos fatores contextuais, e a tarefa de difundir uma educação científica inclusiva e igualitária continua em constante evolução.

2.2. Estratégias Pedagógicas e Tecnológicas no Ensino de Ciências: A Integração de Experimentação e Contextualização para o Engajamento Estudantil.

A prática experimental no ensino de Ciências tem se firmado como uma das principais táticas pedagógicas para fomentar o entendimento prático e relevante dos conceitos científicos. Contudo, muitos docentes se deparam com obstáculos relacionados à infraestrutura, particularmente em escolas públicas, onde os recursos para laboratórios, são frequentemente limitados. Araújo e Abib (2006) destacam que o uso de materiais baratos pode tornar possível a execução de experimentos científicos em ambientes com infraestrutura limitada, oferecendo um aprendizado dinâmico e cativante. Tal estratégia não apenas simplifica o entendimento dos conceitos, mas também torna as aulas mais interativas e participativas, despertando o interesse dos estudantes pela disciplina de Física.

A contextualização dos temas no ensino de Ciências é outra tática pedagógica crucial, uma vez que conecta o saber científico à realidade experimentada pelos estudantes. Chassot (2000) sustenta que a contextualização possibilita que os alunos identifiquem a aplicação prática dos conceitos discutidos em sala de aula, contribuindo para a fixação do conhecimento e estimulando o interesse pela matéria. Quando os discentes percebem a conexão dos conceitos científicos com o seu dia a dia, por exemplo, através de fenômenos naturais ou tecnológicos, eles se sentem mais estimulados a aprender e a explorar, o que favorece um ensino mais relevante.

No contexto pedagógico, a teoria de Paulo Freire (1996) proporciona uma sólida base para a incorporação de contextualização e experimentação no processo de ensino. Freire (1996) argumenta que a educação deve ser um processo de diálogo e problematização, no qual o saber é construído em colaboração entre docentes e discentes. O emprego de experimentos de custo reduzido, inseridos em contextos de questões sociais e ambientais, se transforma em um potente instrumento de mudança

na educação, possibilitando que os estudantes se tornem participantes ativos no processo de aprendizado e se envolvam com temas relevantes para suas comunidades, tais como sustentabilidade e qualidade de vida.

A tecnologia desempenha um papel essencial na atualização do ensino de Ciências, especialmente em contextos que buscam superar limitações estruturais. No entanto, é importante reconhecer que a mesma tecnologia pode, em certos casos, representar desafios, principalmente em escolas com infraestrutura mais precária e acesso limitado a equipamentos digitais. Gama (2010) destaca que simulações e laboratórios virtuais são ferramentas valiosas para enriquecer os experimentos convencionais, possibilitando que os estudantes visualizem e manipulem fenômenos físicos de forma interativa. Dessa forma, o uso consciente e adaptado dessas ferramentas, permite o estudo de conceitos que, de outra maneira, seriam complexos de serem abordados por causa da escassez de recursos materiais, expandindo as oportunidades de aprendizado e oferecendo uma experiência mais rica e cativante aos alunos.

Conforme Moreno (2015), a aplicação de tecnologias digitais no ensino de Física simplifica a assimilação de conceitos abstratos, ao mesmo tempo que oferece um ambiente mais acessível e inclusivo para os alunos. Os estudantes podem explorar fenômenos físicos de maneira segura e controlada através de simulações virtuais, como as disponibilizadas por plataformas como o PhET¹ e o TinkerCAD², complementando a teoria com uma perspectiva prática. Isso é particularmente relevante em instituições públicas de ensino, onde a falta de recursos pode representar um empecilho para a execução de experimentos físicos tradicionais. A combinação de experimentação, contexto e tecnologia é uma tática pedagógica eficiente para estimular o envolvimento dos alunos. A união dessas metodologias favorece a aquisição de conhecimento de maneira ativa e relevante, possibilitando que os estudantes se envolvam mais profundamente com o tema e aprimorem suas competências críticas e investigativas.

¹ PhET (Physics Education Technology). Um projeto designado para simular situações que ajudassem na compreensão dos conceitos de ciência e matemática.

² O TinkerCAD é uma ferramenta online e gratuita que permite criar modelos 3D, simular circuitos eletrônicos e programar robótica.

De acordo com Krasilchik (2000), a implementação de métodos ativos, como a experimentação e simulações, torna a educação em Ciências mais cativante e eficiente, particularmente em situações em que os estudantes lidam com obstáculos extras, como a escassez de recursos e a desmotivação. Portanto, a incorporação dessas táticas é crucial para tornar o aprendizado de Ciências uma experiência mais enriquecedora, inclusiva e estimulante para os discentes.

2.3. Uso de Simuladores Virtuais e Complementação da Teoria.

A utilização de simuladores virtuais no ensino de Física proporciona uma metodologia inovadora para enriquecer a teoria e ultrapassar as restrições de infraestrutura nas instituições públicas de ensino. Os simuladores, tais como PhET e TinkerCAD, possibilitam aos estudantes a exploração visual e interativa de fenômenos físicos, oferecendo uma experiência envolvente que auxilia na compreensão dos conceitos. Esta tática se sobressai particularmente em instituições de ensino com recursos escassos, onde a instalação de laboratórios físicos completos seria impraticável (Araújo, 2021).

Ademais, os simuladores oferecem um ambiente regulado onde os discentes podem alterar variáveis e acompanhar os resultados em tempo real, sem as limitações impostas pelo uso de recursos físicos. A utilização desses instrumentos permite um aprendizado mais interativo e acessível, proporcionando uma chance única de investigar cenários que seriam inviáveis com recursos convencionais, expandindo a gama de experiências possíveis no âmbito educacional. Esta ferramenta funciona como um complemento ideal para a teoria, possibilitando aos alunos observarem os conceitos em prática antes de implementá-los em experimentos práticos.

A vivência interativa oferecida pelos simuladores também contribui para ampliar a compreensão dos estudantes sobre os princípios físicos. Embora nas aulas convencionais os alunos frequentemente tenham problemas para entender conceitos abstratos, os simuladores proporcionam uma representação visual desses fenômenos. Por exemplo, numa simulação sobre a lei de Newton, os discentes têm a oportunidade de observar a relação entre força, massa e aceleração, acompanhando o deslocamento de um objeto em tempo real. Isso simplifica a compreensão dos conceitos e oferece uma maneira mais interativa e compreensível de aprender Física.

Além dos pontos pedagógicos positivos, é essencial compreender como acontece o uso dos simuladores pelos alunos. Ao longo das aulas, os professores

inicialmente fazem uma introdução da plataforma, a partir de explicações mediadas e tutoriais que demonstram a utilização do software. Posteriormente, são estimulados a operar diferentes condições nos simuladores, de maneira autônoma, examinando fenômenos físicos como corrente elétrica, força, calor, e sendo orientados por mediações pontuais do educador, no âmbito de esclarecer dúvidas e oferecer novos desafios durante a aula. No entanto, há barreiras que podem ser enfrentadas também, pois por mais que as ferramentas, como o PhET e o TinkerCAD, sendo gratuito, é necessário, em algumas situações, a conexão com internet, o que pode limitar, em alguns aspectos, seu potencial de uso. Para contornar esse problema, o professor pode fazer o download com antecedência e armazenar em um pen-drive ou recorrer a horários em que a conectividade estiver garantida, além de conduzir sessões preliminares de capacitação com os alunos, o que assegura uma operação mais produtiva e sólida do equipamento pelo estudante. Essa preparação se torna essencial para maximizar o aproveitamento pedagógico das ferramentas virtuais disponíveis para o ensino, em especial, de física.

Outrossim, os simuladores possibilitam que os estudantes repliquem experimentos, modificando as variáveis e analisando os resultados. Esta repetição é crucial para consolidar o aprendizado, pois oferece aos alunos a oportunidade de experimentar variados cenários e confirmar suas suposições, sem restrições de tempo ou recursos. A capacidade de executar experimentos repetidos sem a necessidade de recursos físicos motiva os discentes a investigar e compreender os conceitos de forma mais aprofundada. Isso também possibilita que os docentes modifiquem as estratégias de ensino de acordo com as demandas dos educandos, proporcionando uma experiência de aprendizado personalizada.

Os simuladores virtuais são igualmente eficazes para explorar conceitos complexos que não podem ser executados no laboratório, devido a restrições de espaço ou recursos. Fenômenos como a interação de ondas luminosas, a movimentação de partículas num fluido ou a propagação de correntes elétricas podem ser intrincados demais para serem compreendidos apenas através de aulas expositivas e difíceis de serem experimentados em atividade prática. A simulação desses fenômenos possibilita aos alunos observarem esses processos de forma dinâmica e minuciosa, facilitando sua compreensão (Bastos, 2020).

Para os docentes, os simuladores constituem um recurso eficaz para a diferenciação pedagógica, possibilitando a adaptação do ensino às demandas de diversos estudantes. O emprego de ferramentas tecnológicas como o PhET ou o TinkerCAD não apenas auxilia na ilustração de conceitos de maneira clara, mas também proporciona feedback instantâneo, crucial para adequar o ensino em tempo real. Isso favorece um aprendizado mais eficaz e possibilita ao docente identificar áreas onde os discentes possam necessitar de mais suporte. Como atividades integradas que podem ser efetuadas ao longo do processo, é possível citar explorações guiadas das simulações, produção de relatórios e construção dos fenômenos virtuais, atrelados a debates em grupo, na busca de reflexões críticas e possíveis resoluções de problemas ligados aos temas abordados. Essas práticas auxiliam na construção da aprendizagem do aluno, promovendo uma compreensão ativa, o desenvolvimento do pensamento analítico e, principalmente, o uso dos conceitos físicos que muitas vezes são abstratos para os estudantes, dentro de seu cotidiano, fomentando o desenvolvimento do conhecimento. Além disso, é possível combinar simulações com atividades de reflexão crítica, nas quais os estudantes são estimulados a debater os resultados e tirar conclusões fundamentadas em suas observações.

2.4. Metodologias da pesquisa.

A investigação pode ser definida como uma pesquisa aplicada, de caráter qualitativo, direcionada à observação crítica das práticas pedagógicas em aulas de Física da educação básica, procurando alternativas eficazes para solucionar os diferentes desafios encarados pelos docentes. Mesmo que implique em uma intervenção pedagógica, esta acontece internamente, pois o próprio professor-pesquisador conduziu a realização das atividades educativas, estimulando uma reflexão sólida sobre o ensino-aprendizagem no âmbito da contextualização real da sala de aula. De acordo com André (2005), a pesquisa qualitativa em Educação procura entender os sentidos de como os indivíduos designam suas ações dentro do contexto social, enaltecendo o envolvimento e a compreensão dos fenômenos educacionais. Assim, para examinar todo o processo, foi implementado o planejamento seguindo o estudo de caso qualitativo, e ainda segundo a autora, tal ideia fortifica a investigação em sua abrangência e complexidade.

Diante disso, o estudo se baseia em uma estruturação de pesquisa-ação, na perspectiva de abranger ciclos de planejamento, efetivação, monitoramento e reflexão perante atividades teóricas e experimentais aplicadas na disciplina de física. Esse enfoque acompanha a ideia do modelo de Kemmis e McTaggart (2013), em que a pesquisa-ação é percebida de maneira investigação, colaborativa e, principalmente, transformadora, direcionada a modificar de forma consciente a prática educativa. Diante dessa premissa, o emprego experimental permitiu uma consolidação ativa do conhecimento dos alunos, como também um processo de reflexão constante sobre a eficiência da mediação do professor na prática pedagógica. O modelo em espiral (planejar, agir, observar, refletir) garante um melhoramento da prática do professor, conforme retrata os autores.

Nos estudos de Bruner (2009), é ressaltada a abordagem do “currículo em espiral”, que sugere a revisitação dos temas com complexidade crescente, associada à aprendizagem por descoberta. Essa estratégia propõe o estímulo à construção significativa do conhecimento e a articulação entre teoria e prática no ensino de Ciências, de modo especial na disciplina de Física, na qual os fundamentos conceituais são por diversas ocasiões abstratos. Para tal, é crucial que os estudantes tenham um entendimento concreto dos princípios anteriormente à realização dos experimentos práticos, apesar de que a ordem entre fundamentação teórica e prática consiga ser flexível conforme os objetivos da aula.

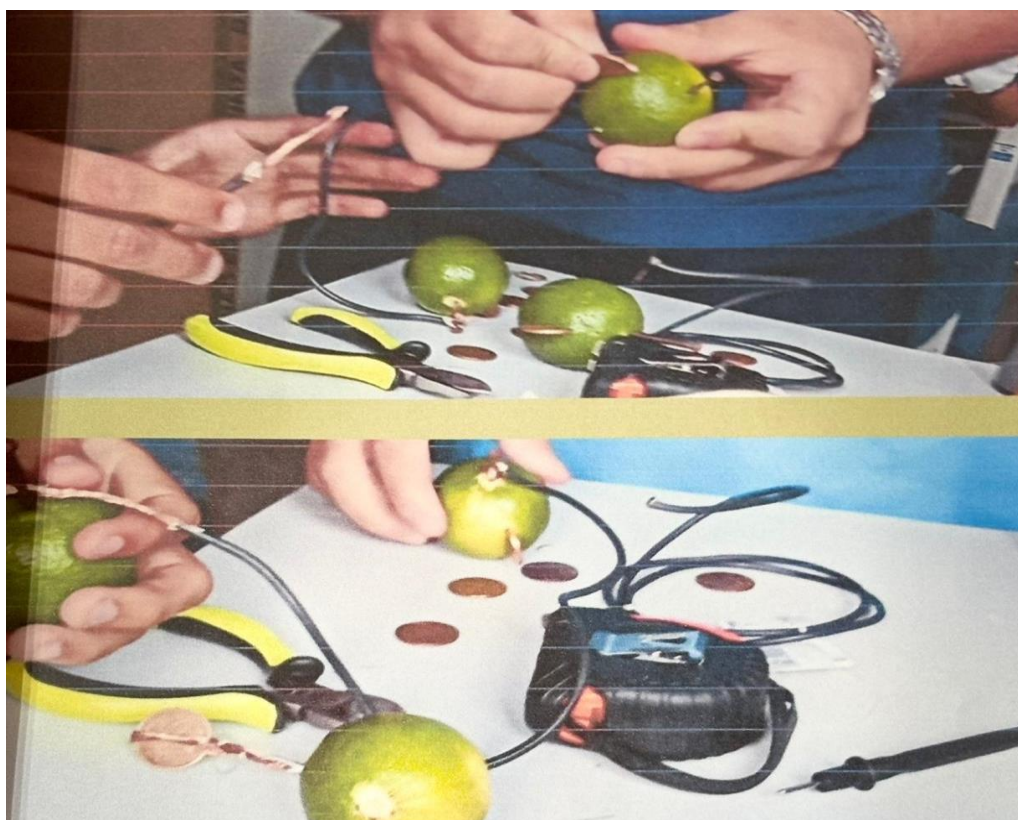
A metodologia utilizada foi por meio de aulas expositivas, complementadas por leituras de materiais previamente elaborados, que demonstram como os conceitos científicos se relacionam com a vida diária dos discentes. Isso tem como objetivo enfatizar a importância dos temas abordados e estabelecer um alicerce robusto para a execução dos experimentos.

A utilização de simuladores virtuais também é uma tática pedagógica utilizada para expandir o entendimento dos princípios da Física (Gama, 2010). Depois da introdução teórica, os estudantes tiveram acesso a plataformas interativas, como o PhET ou o TinkerCAD, que possibilitaram a visualização, manipulação de fenômenos físicos em um cenário controlado e vivência envolvente que enriquece a teoria, permitindo aos discentes investigar o comportamento dos sistemas físicos antes de conduzirem experimentos práticos. Usando essas ferramentas, os alunos puderam

analisar como as variáveis e as circunstâncias influenciaram os resultados, sem as restrições de um laboratório físico convencional.

Depois de utilizar os simuladores, foram conduzidos experimentos de baixo custo no laboratório. Esses experimentos empregaram materiais simples e de fácil acesso, como materiais recicláveis e equipamentos básicos, que são facilmente acessíveis no dia a dia dos estudantes (Figura 1). O objetivo foi demonstrar, de forma tangível, os conceitos teóricos discutidos nas aulas expositivas e fortalecidos nos simuladores online. Ao conduzir experimentos utilizando esses recursos acessíveis, os discentes puderam observar os fenômenos físicos de forma prática, fortalecendo o conhecimento teórico e possibilitando a experimentação dos conceitos. A execução de experimentos com recursos escassos torna a educação mais inclusiva e acessível, possibilitando um melhor entendimento do tema da aula pelos alunos.

Figura 1 – Materiais de baixo custo para a atividade experimental de eletrodinâmica.



Fonte: Autoria própria, 2024.

A elaboração de relatórios foi um componente crucial deste procedimento. Depois de executar os experimentos, os estudantes foram orientados a produzir relatórios minuciosos sobre os processos adotados, as hipóteses levantadas, as observações realizadas e as conclusões alcançadas (Figura 2). Adicionalmente, os

alunos foram convidados a ponderar sobre as possíveis variações nos resultados dos experimentos, considerando a teoria e os simuladores empregados. Esta tarefa visou aprimorar a capacidade dos discentes de documentar e ponderar de forma crítica sobre o que foi feito, fomentando a habilidade de vincular teoria e prática de forma ponderada e embasada. Esta análise crítica também auxiliou na assimilação dos conceitos e no desenvolvimento das competências científicas dos educandos.

Figura 2 – Coleta de dados, criação de hipóteses e interpretação dos dados para produção do relatório.



Fonte: Autoria própria, 2024.

O estudo se deu com a participação de 90 estudantes das três turmas (A, B e C) dos terceiros anos do ensino médio da Escola de Referência em Ensino Médio Maciel Monteiro, localizada no município de Nazaré da Mata, pertencente à rede pública estadual de Pernambuco. A escolha dessas turmas foi estabelecida porque os conceitos de eletrodinâmica fazem parte do currículo escolar do terceiro ano, conforme o Currículo de Pernambuco, e porque essas são turmas que leciono, mantenho uma relação pedagógica contínua e direta, o que facilitou o desenvolvimento da proposta. Essa escolha também está alinhada às diretrizes educacionais vigentes pelo Ministério da Educação (MEC), que enfatizam a importância do ensino de Física contextualizado e significativo para os estudantes do Ensino Médio.

A Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018), em sua proposta para o Ensino Médio, orienta que o ensino de Física deve trazer o aluno a compreender os fenômenos ao seu redor, tendo uma leitura crítica da realidade e fomentando decisões conscientes. Dentro dessa premissa, o Currículo do Estado de Pernambuco reforça a relevância de abordar o tema no terceiro ano do Ensino Médio, uma vez que este eixo temático está no cotidiano dos estudantes. Com isso, a abordagem busca desenvolver competências e habilidades que vão além da memorização, estimulando o pensamento científico e a resolução de problemas na vida prática. Assim, ao articular os princípios da BNCC com as diretrizes locais do Estado de Pernambuco, o ensino da Eletrodinâmica ganha um caráter formativo e conectado à realidade, contribuindo para a construção de uma aprendizagem significativa e em consonância com as demandas sociais e tecnológicas contemporâneas (Mozena, 2016).

A escolha do tema se deu a partir da constatação de que a disciplina de Física, especialmente os conteúdos relacionados à eletrodinâmica, representa um desafio para os alunos, sendo comumente associada a dificuldades de compreensão. No entanto, esses conteúdos estão intimamente ligados a fenômenos do cotidiano, como o uso da energia elétrica, e são recorrentes em avaliações externas, como o Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), a Olimpíada Brasileira de Física das Escolas Públicas (OBFEP) e o Sistema Seriado de Avaliação – SSA da Universidade de Pernambuco. Além disso, como base contextual, foi utilizado o livro didático Física Conceitual do autor Paul G. Hewitt. Diante disso, buscou-se trabalhar de forma a se relacionar com o cotidiano os conceitos da eletrodinâmica, como corrente elétrica, tensão elétrica, resistência elétrica, potência elétrica, leis de Ohm, custo energético e montagem de circuitos elétricos (Yaguti, 2016).

O trabalho foi estruturado em várias etapas. Inicialmente, aplicou-se uma avaliação diagnóstica individual com questões básicas, com o foco de verificar o nível de conhecimento prévio dos alunos. Em seguida, foi iniciada a primeira etapa da estratégia pedagógica construída, que consistiu em uma aula expositiva dialogada, ministrada em sala de aula, com foco nos conceitos fundamentais da eletrodinâmica. Nessa fase, o professor assumiu o papel de mediador, conduzindo o conteúdo e estimulando a participação ativa dos estudantes, isto é, não tratando o aluno como um depósito para conceitos, mas sim como um ser pensante a refletir os conteúdos.

A segunda etapa foi organizada com a formação de grupos de quatro a cinco alunos para a realização de simulações virtuais na plataforma como PhET (a plataforma mais propícia na visão da estratégia construída será essa, mas há possibilidade de usar outros softwares), que oferece a oportunidade da construção e análise de circuitos elétricos. Após essa vivência, é seguido para a terceira etapa, em que os mesmos grupos executaram experimentos práticos utilizando materiais de baixo custo. A finalidade dessa fase foi permitir a aplicação concreta dos conceitos estudados e instigar a aprendizagem significativa por meio da experimentação. Na quarta etapa, os discentes, ainda em grupo, elaboraram relatórios com detalhes de todos os procedimentos realizados, registrando hipóteses, procedimentos, observações e conclusões. Finalmente, após o encerramento das atividades práticas, foi implementada uma atividade avaliativa individual, com questões teóricas e práticas, voltadas à fixação e à verificação da aprendizagem dos conceitos de física do tema escolhido para estudo.

O tempo de aplicação das estratégias pedagógicas permeou-se ao longo de seis meses. Ainda, após três meses do término das atividades descritas, foi considerada pertinente uma nova avaliação individual, para de fato, analisar como foi a construção dos conhecimentos dos estudantes, na busca pela solidez da aprendizagem dos conceitos. Essa avaliação também permitiu observar a consolidação do conhecimento e a eficácia das metodologias utilizadas.

A análise da motivação e do envolvimento dos estudantes foi outro aspecto adotado na pesquisa. Com esse propósito, foram realizados questionários antes e após a execução dos experimentos, visando avaliar a motivação, o interesse e a visão dos discentes acerca das atividades executadas. As questões se concentraram em elementos como a pertinência da teoria exposta, a eficiência do simulador para a assimilação dos conceitos e a utilidade dos experimentos práticos. Ao examinar as respostas dos alunos, foi possível determinar o efeito das metodologias implementadas, além de possibilitar a adaptação das estratégias de ensino de acordo com as necessidades e expectativas deles.

A coleta de dados por meio da observação direta também foi crucial para compreender o processo de aprendizado. Foram realizadas observações sistemáticas durante as atividades em sala de aula e nos experimentos práticos, registrando o comportamento dos estudantes, sua participação nas atividades experimentais, as

dúvidas mais comuns e os métodos que eles empregam para solucionar problemas durante os experimentos. Esta análise qualitativa possibilitou a identificação de padrões de envolvimento e as táticas que os discentes empregam para abordar os conceitos físicos apresentados. Assim, conseguimos entender de maneira mais aprofundada a interação dos alunos com os conteúdos e a forma como eles aplicam o conhecimento de forma prática.

O diagnóstico do rendimento escolar foi feito por meio de exames e tarefas práticas, tanto antes quanto depois da aplicação das metodologias experimentais. A avaliação englobou tanto perguntas teóricas quanto práticas, focando na implementação dos conceitos adquiridos e na solução de problemas físicos ligados ao tema abordado. A finalidade desta avaliação foi avaliar o progresso dos estudantes na compreensão teórica e na aplicação prática dos princípios físicos, notando melhorias após a execução dos experimentos e a utilização dos simuladores digitais. Esta avaliação atuou como um sinal da efetividade das estratégias pedagógicas implementadas.

A exploração crítica dos resultados consistiu em avaliar as diferenças notadas entre as expectativas iniciais e os desfechos dos experimentos. Adicionalmente, pediu-se aos estudantes que debatessem como fatores ambientais, como a temperatura ou o material empregado, poderiam ter impactado os resultados alcançados. Os debates abordaram a relevância dessas variáveis no controle experimental, um elemento crucial na metodologia científica. Dessa forma, conseguimos melhorar a habilidade dos alunos em analisar e interpretar os dados experimentais, incentivando o aprimoramento de competências de pesquisa e pesquisa científica.

A verificação quantitativa e qualitativa dos dados foi fundamental para avaliar o efeito das metodologias implementadas no rendimento dos estudantes. A avaliação quantitativa se fundamentou nos dados obtidos por meio de questionários e avaliações de desempenho, visando detectar alterações relevantes no interesse, motivação e entendimento dos discentes. Por outro lado, a avaliação qualitativa se deu por meio das observações em sala de aula, das reflexões nos relatórios dos alunos e das respostas abertas dos questionários. Esta avaliação qualitativa possibilitou compreender a visão dos educandos acerca da união entre teoria e prática e o impacto dessa interação no processo de aprendizagem.

As avaliações foram comparadas para confirmar se os estudantes obtiveram avanços significativos no aprendizado após a aplicação das metodologias. A análise dos dados obtidos por meio de questionários, avaliações e observações auxiliou na identificação do efeito das atividades práticas e simulações no rendimento escolar e no envolvimento dos discentes. Esta comparação possibilitou avaliar a efetividade da mescla de ensino teórico, simulação e prática para fomentar um entendimento mais aprofundado e duradouro dos princípios físicos estudados. A avaliação dos resultados pode contribuir para ajustar e melhorar as estratégias de ensino, de modo a satisfazer de forma mais eficiente as necessidades dos alunos.

2.5. Resultados e Discussões

A principal meta dentro da aplicação das estratégias foi demonstrar de maneira tangível os conceitos teóricos discutidos nas aulas expositivas e aprofundados nos simuladores, possibilitando que os alunos vivenciassem diretamente os fenômenos físicos da eletrodinâmica, com foco no movimento das cargas elétricas (corrente elétrica), nos circuitos elétricos e nas transformações de energia, que repercutem em especial na eletricidade, que é tão fundamental no século 21. A execução desses experimentos teve como objetivo solidificar o saber teórico de forma prática, incentivando uma compreensão mais aprofundada e duradoura dos temas abordados.

A proposta do trabalho procura relacionar a teoria e a prática dos conteúdos de física, baseando-se nos pressupostos da aprendizagem significativa desenvolvida por David Ausubel (2003). Conforme o autor, a aprendizagem apenas acontece de maneira eficiente quando o novo tema se liga a conceitos que foram dominados pelo indivíduo, construindo conexões lógicas e estruturadas em sua mente. Ao apresentar tarefas experimentais e simulações virtuais, os estudantes tiveram a possibilidade de articular seus conhecimentos prévios e reorganizá-lo à luz das novas experiências vividas. Esses procedimentos propiciaram construções ativas do saber, deixando os conteúdos de eletrodinâmica mais compreensíveis, duradouros e acessíveis, visto que foram internalizados com significado.

Depois de executar os experimentos, os estudantes foram estimulados a produzir relatórios minuciosos, onde documentaram os processos adotados, as hipóteses formuladas, as observações realizadas e as conclusões alcançadas. O objetivo desta atividade foi aprimorar a capacidade de reflexão crítica, possibilitando

que os discentes ligassem teoria e prática de maneira consistente. Adicionalmente, foi solicitado aos alunos que ponderassem sobre as possíveis variações nos resultados dos experimentos, considerando as variáveis abordadas na teoria e nos simuladores digitais. No fim, todos os relatórios dos educandos foram reunidos e incorporados a este estudo, oferecendo uma perspectiva completa da interação deles com os conceitos estudados, ou seja:

Para facilitar a compreensão dos resultados obtidos, a análise deste estudo foi organizada em diferentes etapas, permitindo uma visão detalhada do processo de aprendizagem dos estudantes. Essa estruturação segue a fundamentação avaliativa diagnóstica, formativa e somativa, a qual propõem autores como Luckesi (2005), que destacam a relevância de observar a trajetória do estudante ao longo de sua aprendizagem, não somente o desempenho final.

1. Pré-teste: Avaliação inicial para identificar o conhecimento prévio dos alunos sobre os conceitos de eletrodinâmica, o que forneceu uma comparação com os dados futuros.

2. Simulações virtuais: ao utilizar o PHET, foram coletados dados para análise, destacando a interação dos estudantes com os conceitos teóricos e sua capacidade de aplicar esses conceitos em ambientes virtuais, isto é, trazendo uma maneira simples de aplicar e visualizar os conceitos mais abstratos do tema, por exemplo, a ideia de corrente elétrica, como um fluxo ordenado de elétrons.

3. Experimentação prática: A etapa de experimentos realizados com materiais acessíveis para fomentar no aluno uma visão mais tangível do tema, no qual foi possível observar a capacidade de relacionar a prática à teoria, bem como as dificuldades e acertos registrados durante as atividades.

4. Pós-teste: Se deu como uma fase de comparação do desempenho dos estudantes após a realização das atividades teóricas e práticas, permitindo avaliar a evolução do conhecimento e a efetividade das metodologias aplicadas. Isso foi aplicado após a realização da atividade e após três meses da aplicação do estudo, no intuito de compreender a fixação dos conteúdos.

Essa organização possibilita uma análise mais completa e aprofundada dos múltiplos elementos envolvidos no processo de ensino-aprendizagem, evidenciando tanto os avanços quantitativos quanto qualitativos dos estudantes.

Este trabalho contém tabelas com os resultados produzidos dentro das estratégias aplicadas durante os experimentos e as observações realizadas pelos estudantes. Além disso, esta seção também dedica atenção à análise qualitativa das observações feitas pelos alunos, o que permite compreender aspectos subjetivos, comportamentais e contextuais que complementam os dados numéricos. Com essas informações quantitativas e qualitativas, poderemos entender de maneira mais precisa as aplicações práticas dos conceitos físicos estudados e detectar possíveis variações nos resultados.

Estas tabelas apresentam de maneira organizada os dados produzidos durante as experiências, possibilitando uma avaliação minuciosa do efeito das metodologias empregadas. As tabelas que serão expostas adiante contêm medições, cálculos e diagramas utilizados para verificar a exatidão dos experimentos e a consistência dos resultados, confrontando-os com as previsões feitas no início do estudo. Com essas informações, poderemos compreender as aplicações práticas dos conceitos estudados e detectar possíveis variações nos resultados, dependendo das condições experimentais ajustadas pelos discentes.

As tabelas incluídas também funcionam como um instrumento para comparar os resultados teóricos e práticos. Através dessas comparações, os estudantes puderam examinar a aplicação prática da teoria e identificar potenciais fontes de erro ou desvio nos resultados. A análise comparativa dos dados foi crucial para que os alunos desenvolvessem a habilidade de refletir criticamente sobre os experimentos e melhorassem sua compreensão dos conceitos físicos abordados. Ademais, essas avaliações que partem da produção de relatórios, realização de testes antes e após a aplicação das estratégias e a observação do engajamento contribuem para a detecção de padrões ou tendências, que podem ser explorados em experimentos futuros.

No término dos experimentos, notou-se que a execução prática com recursos simples e de fácil acesso teve um efeito notável no envolvimento dos estudantes, sendo comprovado pelos dados gerados, que mostraram maior interesse e disposição para aprender. A abordagem ativa, que incluiu tanto a experimentação, quanto a reflexão crítica, favoreceu um aprendizado mais relevante, uma vez que os alunos tiveram a oportunidade de experimentar os conceitos na prática e observar sua aplicação no mundo real. Isso demonstra a efetividade da combinação entre teoria e

prática, possibilitando que os discentes obtenham um entendimento mais aprofundado dos tópicos discutidos.

Os questionários e a observação direta durante os experimentos também contribuíram para a coleta de informações acerca do grau de envolvimento e da visão dos estudantes acerca do processo de aprendizagem. Por meio desses instrumentos, constatou-se que o envolvimento ativo nas atividades experimentais foi fundamental para a motivação dos discentes, levando a um crescimento no interesse pela Física e ao aprimoramento de competências críticas e analíticas. O retorno obtido por meio desses métodos possibilitou um entendimento mais aprofundado de como as metodologias implementadas influenciaram o rendimento escolar e a visão dos alunos acerca dos conceitos científicos.

Ao analisar as tabelas de resultados, os relatórios dos estudantes e a análise qualitativa das informações, pode-se concluir que a experimentação de baixo custo foi uma tática eficiente para fomentar o entendimento dos princípios físicos em instituições de ensino com recursos escassos. A união de atividades práticas, reflexão crítica e análise de dados possibilitou que os discentes solidificassem os conhecimentos teóricos obtidos de forma mais tangível e aplicável, aprimorando competências que ultrapassam o mero entendimento dos conceitos.

A Tabela 1 mostra a progressão do rendimento dos estudantes nas avaliações teóricas, de fevereiro a agosto de 2024, em três classes (A, B e C).

Tabela 1 – Evolução do desempenho dos alunos nas avaliações teóricas

	Turma A	Turma B	Turma C
	(%)	(%)	(%)
Fevereiro	40	35	30
Março	50	45	40
Abril	55	50	45
Maiο	65	60	55
Junho	70	65	60
Julho	80	75	70
Agosto	85	80	75
Evolução	+45	+45	+45

Fonte: Autoria própria, 2024.

A tabela apresenta a média percentual das notas obtidas pelos discentes em cada mês, evidenciando a melhoria no rendimento de todos os grupos durante o período. A avaliação sugere que, após a realização de experimentos e atividades práticas, os alunos apresentaram um avanço considerável na compreensão dos

conceitos teóricos. Por exemplo, a turma A iniciou com 40% em fevereiro e atingiu 85% em agosto, demonstrando um progresso de +45%. Igualmente, a turma B iniciou com 35% e alcançou 80%, enquanto a turma C, que começou com 30%, teve um crescimento significativo, alcançando 75%.

Antes de apresentar os dados, é importante trazer a ideia sobre o que entendemos por “rendimento prático” e como ele foi medido. O rendimento prático, no trabalho, refere-se ao desempenho dos estudantes nas atividades experimentais desenvolvidas ao longo do período, observando e avaliando sua capacidade de aplicar os conceitos teóricos por meio de experimentos, resolução de problemas práticos e participação ativa nas atividades propostas. Essa avaliação foi realizada por meio de observações sistemáticas e registros de sucesso na execução das tarefas práticas, além da construção de relatórios ao longo da aplicação das estratégias pedagógicas, o que permite mensurar o engajamento e o aprendizado efetivo nas situações de experimentação. A Tabela 2 apresenta a progressão do rendimento prático dos estudantes nas atividades experimentais durante os meses de fevereiro a agosto.

Tabela 2 – Evolução do desempenho prático dos alunos

	Turma A (%)	Turma B (%)	Turma C (%)
Fevereiro	30	28	25
Março	45	40	38
Abril	55	50	48
Maiο	65	60	58
Junho	75	70	68
Julho	85	82	80
Agosto	92	90	80
Evolução	+62	+62	+63

Fonte: Autoria própria, 2024.

A tabela mostra a taxa média de êxito nas atividades experimentais para cada classe, com ênfase no desempenho ascendente de todas (A, B, C). O crescimento mais evidente foi notado nas turmas que iniciaram com percentuais mais baixos, mas alcançaram um progresso considerável ao longo do período. A classe A, que começou com uma participação de 30% em fevereiro, atingiu 85% em agosto, representando um crescimento de +62%. A turma B apresentou um rendimento parecido, iniciando com 28% e alcançando 90% em agosto, registrando um crescimento de +62%. Por outro lado, a turma C, que começou com 25% em fevereiro, atingiu 88% em agosto, demonstrando um aumento de +63%.

A Tabela 3 demonstra o efeito da contextualização no entendimento inicial dos princípios físicos, exibindo a proporção de estudantes que declararam compreender os conceitos antes e após a implementação da contextualização.

Tabela 3 – Impacto da contextualização na compreensão inicial

Conceito	Antes da contextualização (%)	Depois da contextualização (%)	Diferença (%)
Corrente elétrica no dia a dia	35	82	+47
Uso de baterias e pilhas	40	85	+45
Relação entre tensão elétrica e corrente elétrica	28	75	+47
Aplicação prática dos resistores	30	78	+48
Circuitos elétricos em eletrodomésticos	38	80	+42

Fonte: Autoria própria, 2024.

A tabela indica que a contextualização exerceu um impacto positivo considerável na compreensão dos discentes, apresentando avanços significativos em todos os conceitos discutidos. No entendimento dos estudantes acerca do conceito de corrente elétrica, a partir de situações do cotidiano, o percentual de alunos que compreendeu o conceito aumentou de 35% para 82%, o que corresponde a um crescimento de +47%. Da mesma forma, o entendimento sobre a utilização de baterias e pilhas cresceu em +45%, passando de 40% para 85%. O conceito de utilização prática dos resistores apresentou a maior alteração, com a compreensão dos educandos crescendo em +48%, passando de 30% para 78%. A Tabela 4 mostra os principais desafios que os estudantes enfrentaram no começo da aplicação das estratégias de ensino, antes da realização das experiências, com base na porcentagem de discentes que expressaram dificuldades em diversos conceitos de Física.

Tabela 4 – Principais dificuldades dos alunos no início do projeto

Conceito	Turma A (%)	Turma B (%)	Turma C (%)	Média (%)
Diferença entre tensão elétrica e corrente elétrica	80	75	85	80
Associação de resistores	85	80	90	85
Leitura de circuitos elétricos	78	72	82	77
Uso de multímetros	90	85	88	87

Fonte: Autoria própria, 2024.

Os conceitos mais complexos para os alunos envolviam a associação de resistores e a utilização do multímetro, apresentando os índices mais elevados de dificuldades. Os integrantes da turma A, 80% da turma B e 90% da turma C mencionaram a associação de resistores, resultando numa média geral de 85%. Por outro lado, a interpretação de circuitos elétricos e a distinção entre tensão e corrente apresentaram níveis de dificuldade mais baixos, com médias de 77% e 80%. A utilização do multímetro também apresentou um grande desafio, com uma média de 87%, particularmente nas turmas A e B.

A Tabela 5 ilustra o envolvimento e a participação dos estudantes nas atividades práticas realizadas ao longo do projeto, com base no número de discentes que se envolveram ativamente em cada experimento.

Tabela 5 – Participação e engajamento nos experimentos

Experimento	Turma A (%)	Turma B (%)	Turma C (%)	Média (%)
Bateria de limão	95	90	92	92
Bateria de batata	90	88	85	87
Descascamento de fios	85	80	83	83
Simulador PhET	92	88	90	90
Ligação de resistores	88	85	87	87
Construção de circuitos elétricos	90	87	89	89

Fonte: Autoria própria, 2024.

O expressivo grau de engajamento visualizado nos experimentos em laboratório também se faz possível de compreensão à luz da pedagogia crítica de Paulo Freire. Para Freire (1996), a aprendizagem é um processo dialógico no qual o educando não é um simples receptor de informações, mas sim um agente de construções do seu próprio conhecimento. Ao participar com empenho desse processo de aprendizagem, em um espaço que aprecia a experimentação (virtual ou prática) e a escuta, os estudantes praticaram sua curiosidade epistemológica e começaram a entender os fenômenos científicos de maneira crítica e contextualizada. A apreciação da trajetória, da curiosidade e da autonomia dos alunos são componentes essenciais na superação de uma educação bancária e foram mobilizados com êxito neste trabalho.

Experimentos mais interativos, como a bateria de limão e o simulador PhET, mostraram um alto grau de envolvimento, com altos índices de participação. A bateria de limão atingiu uma média de 92%, com a participação ativa de 95% da turma A, 90% da turma B e 92% a turma C. O simulador PhET registrou uma participação média

de 90% (92% na turma A, 88% na turma B e 90% na turma C). Em contrapartida, experimentos como o desencapamento de fios e a conexão de resistores apresentaram um envolvimento um pouco menor, mas ainda assim positivo, com uma média geral de 83% e 87%. A elaboração de circuitos elétricos registrou uma taxa média de 89%, demonstrando um alto grau de engajamento dos alunos em tarefas práticas.

A Tabela 6 demonstra os efeitos do emprego do simulador PhET no entendimento de alguns princípios básicos da eletrodinâmica, ao comparar os percentuais de estudantes que declararam compreender os tópicos antes e após a simulação virtual.

Tabela 6 – Impacto do uso do simulador PhET

Conceito	Antes (%)	Depois (%)	Evolução (%)
Diferença entre tensão elétrica e corrente elétrica	20	40	+20
Associação de resistores	15	38	+23
Identificação de elementos dos circuitos elétricos	25	45	+20
Uso do multímetro	10	30	+20

Fonte: Autoria própria, 2024.

As informações apontam para uma progressão moderada, apresentando avanços entre +20% e +23% em todos os conceitos examinados. Por exemplo, o entendimento sobre a conexão de resistores evoluiu de 15% para 38%, com um crescimento de +23%, ao passo que a discrepância entre tensão e corrente aumentou de 20% para 40%. Contudo, esses progressos foram inferiores em relação aos resultados alcançados após as experiências presenciais com materiais de baixo custo. A avaliação destaca que, apesar do PhET ter auxiliado a aprimorar o entendimento dos discentes não foi o bastante para assegurar uma compreensão robusta.

Para melhor compreender os impactos das estratégias usadas, foi realizada uma análise comparativa entre o desempenho teórico — relacionado à compreensão dos conteúdos discutidos em sala — e o desempenho prático — vinculado à capacidade dos estudantes de aplicar esses conhecimentos em atividades experimentais, investigações e resolução de problemas contextualizados. Essa

diferenciação demonstra não apenas a assimilação conceitual, mas também como os discentes passaram a interagir com os saberes de forma mais significativa e dialógica. A Tabela 7 mostra uma comparação entre o progresso teórico e prático dos estudantes nas classes A, B e C, enfatizando o rendimento inicial e final de cada grupo.

Tabela 7 – Comparação da evolução teórica e prática

Turmas	Desempenho inicial (%)	Desempenho final (%)	Evolução teórica (%)	Evolução prática (%)
TURMA A	40	85	+45	+52
TURMA B	35	80	+45	+50
TURMA C	30	75	+45	+48

Fonte: Autoria própria, 2024.

A melhora notável no desempenho prático dos alunos em comparação com o desempenho teórico tem possibilidade de explicação com base nos fundamentos da teoria histórico-cultural de Lev Vygotsky. De acordo com Vygotsky (2001), o desenvolvimento cognitivo acontece mediante as interações sociais e através da mediação de conhecimentos, sendo a Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) o local no qual os alunos poderão ampliar seus conhecimentos e criar conexões, com auxílio dos colegas e do professor mediador. Ao longo das experimentações, os estudantes realizaram atividades em colaboração, compartilhando conhecimentos, construindo hipóteses e superando adversidades em equipe, o que beneficiou o surgimento de avanços significativos na aprendizagem. A mediação pedagógica, portanto, foi importante para reformular o conhecimento potencial em conhecimento real.

Todos os discentes apresentaram um crescimento de 45% na performance teórica, indicando um aprimoramento constante na compreensão dos conceitos após a implementação das estratégias variadas de ensino. Contudo, a progressão nas atividades práticas foi mais notável, com as turmas A e B registrando um crescimento de +52%, e a turma C de +48%. Estes achados sugerem que, embora a progressão nas aulas teóricas seja notável, o aprendizado por meio de atividades práticas, como as experimentais, teve um efeito ainda mais profundo, consolidando a compreensão teórica dos alunos.

A Tabela 8 ilustra a capacidade dos estudantes de assimilar o conteúdo três meses após a finalização do projeto, baseada na porcentagem de discentes que

recordaram corretamente os conceitos discutidos. Essa análise foi realizada com o propósito de avaliar a durabilidade da aprendizagem desenvolvida ao longo das atividades, verificando se o conteúdo de eletrodinâmica, junto aos seus subtemas, foi de fato transformado em conhecimentos significativos e mantido ao longo do tempo. Dessa forma, buscou-se compreender não apenas o impacto imediato das ações pedagógicas, mas também sua validade a médio prazo no fortalecimento do aprendizado.

Tabela 8 – Persistência dos conhecimentos construídos três meses após a experiência educativa

Turmas	Turma A (%)	Turma B (%)	Turma C (%)	Média (%)
Conceito de corrente elétrica	85	80	78	81
Diferença entre tensão elétrica e corrente elétrica	80	78	75	78
Associação de resistores	75	70	68	71
Leitura de circuitos elétricos	78	72	70	73
Uso de multímetros	72	68	65	68

Fonte: Autoria própria, 2024.

A tabela indica que a construção do conhecimento foi elevada em geral, destacando-se os conceitos de corrente elétrica, diferença entre tensão e corrente, e a conexão de resistores. O conceito de corrente elétrica foi o mais fixado, com uma taxa média de 81%, que variou de 78% a 85% entre as turmas. A diferença média entre tensão e corrente foi de 78%, enquanto a combinação de resistores obteve uma apropriação do conhecimento média de 71%. Em contrapartida, a utilização do multímetro apresentou a taxa de consolidação do tema mais baixa, com uma média de 68%. As turmas A e B tiveram um desempenho superior em relação à turma C.

A Tabela 9 reflete a visão dos estudantes acerca das estratégias aplicadas, baseada na proporção de estudantes que concordaram com cada declaração.

Tabela 9 – Opinião dos alunos sobre o projeto

Turmas	Turma A (%)	Turma B (%)	Turma C (%)	Média (%)
As atividades práticas ajudaram a entender melhor os conceitos?	95	92	90	90
O simulador PhET foi útil para visualizar conceitos abstratos?	90	85	87	87
O projeto aumentou meu interesse pela física?	85	80	78	81

Fonte: Autoria própria, 2024.

As respostas sugerem que a vivência foi altamente proveitosa para eles, particularmente no que diz respeito às atividades práticas. A grande parte dos discentes das três classes concordou que as atividades práticas contribuíram para uma compreensão mais aprofundada dos conceitos, com uma média de 92%. O uso do simulador PhET também recebeu uma avaliação favorável, com 87% dos alunos considerando que foi benéfico para visualizar conceitos abstratos. Ademais, o estudo exerceu uma influência notável no interesse pela Física, com 81% dos educandos declarando que ele intensificou seu interesse pelo assunto.

A Tabela 10 apresenta a percepção dos estudantes sobre seu próprio aprendizado antes e após as atividades, considerando os níveis de confiança no conteúdo.

Tabela 10 – Autopercepção dos alunos sobre o próprio aprendizado

Nível de segurança do conteúdo	Antes (%)	Depois (%)	Evolução (%)
Muito seguro	5	40	+35
Seguro	10	35	+25
Neutro	25	15	-10
Inseguro	35	8	-27
Muito inseguro	25	2	-23

Fonte: Autoria própria, 2024.

Antes das tarefas, a maior parte dos discentes estava insegura ou extremamente insegura sobre o assunto, com 35% dos alunos classificados como "Inseguros" e 25% como "Muito inseguros". Contudo, após a execução das experiências, a segurança no conteúdo cresceu consideravelmente, com 75% dos educandos agora se percebendo seguros ou extremamente seguros. A categoria "Muito segura" registrou um crescimento de +35%, de 5% para 40%, enquanto a categoria "Seguro" registrou um acréscimo de +25%, de 10% para 35%. Embora esses avanços demonstrem um progresso na autopercepção de segurança entre os estudantes, ainda indicam percentuais tímidos quando considerados em relação ao total: menos da metade dos alunos declara sentir-se segura. Esse dado produzido reforça a importância da implementação de ações contínuas para estabilizar o ambiente escolar como um espaço mais acolhedor, de confiança e pertencimento para todos.

A Tabela 11 analisa o efeito de diversos experimentos no aprendizado dos estudantes, levando em conta três fatores: clareza no aprendizado, envolvimento e utilidade prática.

Tabela 11 – Impacto dos diferentes experimentos

Experimento	Clareza no aprendizado (%)	Envolvimento (%)	Aplicabilidade (%)
Muito seguro	90%	95%	80%
Seguro	85%	90%	75%
Neutro	82%	88%	72%
Inseguro	76%	77%	70%
Muito inseguro	79%	78%	68%

Fonte: Autoria própria, 2024.

O experimento de circuitos elétricos de pequeno porte causou o maior impacto, apresentando 90% de clareza no aprendizado, 95% de envolvimento e 80% de utilidade prática, demonstrando um excelente desempenho em todas as áreas. Posteriormente, a bateria de limão demonstrou 85% de clareza no aprendizado, 90% de envolvimento e 75% de aplicabilidade, evidenciando boa efetividade, principalmente no que diz respeito ao envolvimento dos discentes. A avaliação do experimento com bateria de batata também foi positiva, apresentando 82% de clareza, 88% de envolvimento e 72% de aplicabilidade. Experimentos como o desencapamento de fios e a conexão de resistores receberam avaliações mais modestas, mas ainda assim mostraram um impacto positivo no aprendizado, com nitidez e envolvimento superiores a 75%. Estes achados indicam que, dentre os experimentos conduzidos, os circuitos elétricos de pequeno porte foram os mais eficientes em fomentar clareza e envolvimento, além de oferecerem utilizações práticas diretamente ligadas à rotina diária dos educandos.

As tabelas expostas acima demonstram que o estudo aplicado foi eficiente, visto que auxiliou no aprendizado dos estudantes, além de ter viabilizado a aplicação prática dos conceitos teóricos estudados. Os estudantes puderam perceber efetivamente a aplicabilidade das teorias propagadas pelo professor.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados alcançados sugerem que a abordagem utilizada, que combinou experimentos de baixo custo, simuladores digitais e atividades práticas, foi eficiente para aprimorar o rendimento e a compreensão dos estudantes. As informações coletadas nas tabelas indicam que a mescla de teoria e prática não apenas

potencializou o rendimento teórico e prático, mas também exerceu um impacto considerável na ampliação de conteúdo e na percepção dos discentes sobre seu próprio aprendizado. A maior progressão foi percebida nas tarefas práticas, com ênfase nos pequenos circuitos elétricos, que proporcionaram grande envolvimento e clareza no processo de aprendizagem.

No que diz respeito ao rendimento escolar, os estudantes apresentaram um progresso constante em todas as classes, com um crescimento notável nas avaliações teóricas e práticas, evidenciando a efetividade do método de ensino empregado. A avaliação do rendimento nas atividades práticas foi um dos aspectos positivos, pois as classes vivenciaram um aprendizado prático mais intenso, resultando em um maior entendimento dos conceitos.

A contextualização dos conceitos também exerceu uma influência significativa no aprendizado dos estudantes, conforme demonstrado pela comparação do grau de confiança no conteúdo antes e após as atividades. Isso evidencia a efetividade das metodologias interativas, que auxiliaram os educandos a ganharem mais confiança e entendimento dos princípios físicos.

Os achados também indicaram que a utilização de simuladores virtuais, como o PhET, auxiliou na visualização de fenômenos e no entendimento de conceitos abstratos, mesmo que o efeito não tenha sido tão marcante quanto o das atividades práticas. A avaliação dos resultados sugere que os simuladores virtuais são recursos valiosos, porém devem ser associados a atividades práticas para causar um efeito mais significativo no aprendizado dos estudantes. A análise entre a teoria e a prática revelou que os discentes progrediram mais rapidamente nas tarefas práticas, indicando que a experimentação direta é fundamental para reforçar o aprendizado teórico.

A discussão dos resultados também ressalta a relevância das atividades experimentais como meio de estimular o interesse pela Física. Conforme as opiniões dos estudantes, o projeto intensificou consideravelmente o interesse pela matéria. As atividades práticas e a utilização de simuladores online parecem ter atraído a atenção dos discentes, tornando a Física mais compreensível e prazerosa. A motivação proporcionada pelas atividades práticas foi um dos fatores essenciais para a transformação da postura dos estudantes em relação ao conteúdo.

Ademais, a análise do aprendizado três meses após o projeto revelou que a estratégia pedagógica foi eficaz em consolidar o aprendizado. Apesar de os estudantes terem retido menos o conceito de utilização do multímetro, outros conceitos, como corrente elétrica e associação de resistores, foram bem memorizados, enfatizando a efetividade das atividades práticas na oferta de um aprendizado mais duradouro e relevante, evidenciando que a prática e a experimentação desempenham um papel fundamental no ensino de Física, particularmente em cenários com recursos escassos.

Por fim, diante das conclusões alcançadas, é factível afirmar que o docente exerce um papel imprescindível na ressignificação do processo de ensino e aprendizagem do estudante como sujeito ativo na estruturação e ampliação do conhecimento. Ao estimular a investigação e encorajar metodologias inovadoras, o educador desperta a curiosidade, a autonomia e o protagonismo juvenil. A experiência expôs que é viável transformar o ambiente da escola em um lugar fértil para a pesquisa e para o desenvolvimento científico.

Dessa forma, este trabalho não finaliza aqui: ele abre caminhos para novos estudos, aprimoramentos e crescimento das propostas pedagógicas que enalteçam a ciência e a realidade do estudante, por exemplo, através da inserção de projetos que usem recursos locais e experimentos de baixo custo pode fortalecer o vínculo dos estudantes com seu entorno, promovendo um aprendizado mais significativo e contextualizado.

REFERÊNCIAS

André, M. E. D. A. **Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional**. Brasília: Liber Livros, 2025. Acesso em: 20 jun. 2025.

Araújo, E. S. *et al.* O uso de simuladores virtuais educacionais e as possibilidades do PhET para a aprendizagem de Física no Ensino Fundamental. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 12, n. 3, p. 1-25, 2021.

Araújo, F. V. *et al.* Uma aplicação do software educacional PhET como ferramenta didática no ensino da eletricidade. **Informática na educação: teoria & prática**, v. 18, n. 2, 2015.

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**, vol.25, no.2, junho, 2003.

Ausubel, D. P.; Novak J. D.; Hanesian H. **Psicologia educacional**. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

Ausubel, D. **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. Lisboa: Plátano, 2003.

Bastos, A. M. Tecnologias digitais: uso do Physics Education Technology Project (PhET) no ensino de eletrodinâmica. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, p. e205996846-e205996846, 2020.

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

Bruner, J. S. The process of education. **Harvard university press**, 2009.

CHASSOT, A. I. *Alfabetização científica: questões e desafios para a educação*. Ijuí: **Unijuí**, 2000.

Freire, P. Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa. **Editora Paz e terra**, 1996.

GAMA, K. A. Laboratórios virtuais e simulações no ensino de Ciências: uma proposta para o ensino de Física. **São Paulo: Cortez**, 2010.

HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.

Krasilchik, M. Reformas e realidade: o caso do ensino das ciências. **São Paulo em perspectiva**, v. 14, p. 85-93, 2000.

Kemmis, S.; McTaggart, R.; Nixon, R. O planejador de pesquisa-ação: realizando pesquisa-ação participativa crítica. **Springer Science & Business Media**, 2013.

Laburú, C. E. Seleção de experimentos de física no ensino médio: uma investigação a partir da fala de professores. **Investigações em Ensino de ciências**, v. 10, n. 2, p. 161-178, 2005.

Luckesi, C. C. Avaliação da aprendizagem: visão geral. Entrevista concedida a Paulo Camargo. In: **Caderno do Colégio Uirapuru**, Sorocaba, SP, 2005. p. 31.

Massoni, N. T.; Ramires M. M. Contextualização e Interdisciplinaridade no Ensino de Ciências: Estratégias para o Engajamento Estudantil. **Ensino em Re-Vista**, 25(3), 487-504. 2018.

Mozena, E. R.; Ostermann, F. Sobre a base nacional comum curricular (BNCC) e o Ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 33, n. 2, p. 327-332, 2016.

Moreno, L. F. Ensino de Física com Tecnologias Digitais: Uma Abordagem Contextualizada. **Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, 9(1), 45-58. 2015.

PERNAMBUCO. Secretaria de Educação e Esportes. Currículo de Pernambuco: ensino médio. **Recife: Secretaria de Educação e Esportes do Estado de Pernambuco**, 2020.

Santos, A. F. Formação de professores e o não uso do laboratório de física: um estudo de caso. Monografia (Licenciatura em Física) - **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano**, Campus Salgueiro, Salgueiro - PE, 38F., 2015.

VYGOTSKY, L. S. et al. **A formação social da mente**. v. 3. São Paulo, 1984.

YAGUTI, R. A contextualização nos itens de física do ENEM: possibilidades e limites. 2016. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) — **Universidade Estadual de Campinas**, Campinas, 2016.