


Desafios no ensino da Eletrodinâmica no Ensino Médio <https://doi.org/10.47236/2594-7036.2025.v9.1747>Kleber Saldanha de Siqueira¹




Data de submissão: 30/5/2025. Data de aprovação: 11/7/2025. Data de publicação: 15/7/2025.

Resumo – A tecnologia e suas diferentes possibilidades tem na eletricidade importante meio de efetivação e manutenção de processos, desde o acionamento de máquinas industriais convencionais e sistemas computadorizados de automação e controle, até o fornecimento de energia elétrica para nossas casas e aparelhos domésticos. Tão grande a importância e espectro utilitário da eletricidade no mundo contemporâneo, o ensino de sua fenomenologia se torna cada vez mais importante e significativo diante da modernização tecnológica atual, representando importante problema no ensino da educação científica. Sendo assim, este artigo, configurado em um estudo bibliográfico de natureza qualitativa-narrativa, tem por objetivo discutir, de forma crítico-reflexiva, os atuais desafios enfrentados pelo professor de Física no ensino da Eletrodinâmica no Ensino Médio, com vistas à formação do sujeito cientificamente capaz de explicar seus conceitos, ao mesmo tempo intervir de forma ativa em situações práticas do cotidiano. Para isso, foram pesquisados e reunidos trabalhos presentes no portal Periódicos CAPES, publicados entre 2019 e 2024, por meio de descritores de busca, critérios de inclusão e categorias de análise. A partir da base bibliográfica reunida e das informações analisadas, foi possível identificar aspectos determinantes da prática pedagógica do professor de Física capazes de efetivar o aprendizado dos conceitos e princípios da Eletrodinâmica, como também elementos que dificultam esse processo, sendo necessário ao professor delimitar de forma precisa sua abordagem, valorizando a discussão de problemas tecnológicos, a abstração conceitual e o uso de metodologias potencialmente ativas como a gamificação.

Palavras-chave: Tecnologia. Ensino de Física. Eletricidade. Educação científica.

Challenges in Electrodynamics in Medium Teaching

Abstract – Technology and its different possibilities are important in electricity for the effectiveness and maintenance of processes, from the operation of conventional industrial machines and computerized automation and control systems to the provision of electrical energy for our houses and domestic appliances. The importance of the utility spectrum of electricity in the contemporary world, or rather its phenomenology, becomes increasingly important and significant in the face of current technological modernization, representing an important problem not in scientific education. Thus, this article, configured in a bibliographic study of a qualitative-narrative nature, aims to discuss, in a critical-reflexive manner, the current challenges faced by a professor of Physics not teaching Electrodynamics in the Middle School, with a view to the formation of subjects scientifically capable of explaining their concepts, at the same time actively intervening in them. practical everyday situations. For this purpose, searched and collected works are carried out on the CAPES Newspapers portal, published between 2019 and 2024, by means of search descriptors, inclusion criteria and analysis categories. From the bibliographic base gathered and the information analyzed, it was possible to identify determining aspects of the pedagogical practice of the Physics professor capable of carrying out or learning two concepts and principles of Electrodynamics, as well as elements that make this process difficult, making it necessary for the professor to precisely delimit his

¹ Doutorando em Ensino pela Universidade Federal de Alagoas. Professor da Secretaria de Estado da Educação de Alagoas e da Universidade Estadual de Alagoas. Arapiraca, Alagoas, Brasil.  kleber.siqueira@cedu.ufal.br  <https://orcid.org/0000-0003-2067-243X>  <http://lattes.cnpq.br/4455398031195456>.

approach, valuing the discussion of problems technological, conceptual abstraction and use of potentially active methodologies such as gamification.

Keywords: Technology. Physics teacher. Electricity. Scientific education.

Desafios no ensino da Eletrodinâmica no Ensino Médio

Resumen – La tecnología y sus diferentes posibilidades tem na eletricidade importante meio de efetivação e manutenção de processos, desde o acionamento de máquinas industriais convencionais e sistemas computadorizados de automatización y controle, hasta o fornecimento de energía eléctrica para nuestras casas y aparatos domésticos. Tamanho a importância e espectro utilitário da eletricidade no mundo contemporâneo, o ensino de su fenomenologia se torna cada vez mais importante e significativa diante da modernização tecnológica actual, representando um importante problema no esteio da educação científica. Sendo assim, este artículo, configurado en un estudio bibliográfico de naturaleza cualitativa-narrativa, tem por objetivo discutir, de forma crítico-reflexiva, los atuais desafios enfrentados por el profesor de Física no ensino da Eletrodinâmica no Ensino Médio, con vistas à formação do sujeito científicamente capaz de explicar sus conceptos, ao mesmo intervir de forma activa em situações prácticas del cotidiano. Para esto, foros pesquisados y reunidos trabajos presentes en el portal Periódicos CAPES, publicados entre 2019 y 2024, por meio de descriptors de búsqueda, criterios de inclusión y categorías de análisis. A partir de la base bibliográfica reunida y las informaciones analizadas, es posible identificar aspectos determinantes de la práctica pedagógica del profesor de Física capaces de efetivar o aprendiz de los conceptos y principios de la Eletrodinamica, como también elementos que dificultan este proceso, siendo necesario que el profesor delimite de forma precisa su abordaje, valorizando la discusión de problemas tecnológicos, a la abstracción. conceptual y el uso de metodologías potencialmente activas como la gamificación.

Palabras clave: Tecnología. Ensino de Física. Electricidad. Educación científica.

Introdução

O currículo escolar prioriza conteúdos relacionados ao conhecimento teórico e aplicado, ao mesmo tempo valorizando o trajeto cultural do estudante e seus conhecimentos prévios na construção do conhecimento. Essa preocupação na organização e prioridades do conteúdo escolar reflete a busca pela formação adequada do estudante, em sintonia com o mundo e seu desenvolvimento, em convergência com a dinamicidade cultural. Seguindo esse trajeto, compreender os fenômenos elétricos e suas aplicações no campo tecnológico constitui importante parte do currículo escolar, sendo possível para o professor explorar temas diversos relacionados à historicidade e ao desenvolvimento da eletricidade, à fenomenologia, às aplicações tecnológicas e aos impactos atuais. Centrado no ensino da Eletrodinâmica, ramo da Física destinado ao estudo do movimento das cargas elétricas e suas implicações, o professor assume alguns desafios, dentre estes, o de estabelecer relações concretas entre teoria e prática, revelando para o estudante as aplicações inerentes ao estudo dos fenômenos elétricos.

A discussão do ensino da Eletrodinâmica apresentada neste artigo visa trazer à tona as principais singularidades para sua efetivação, representando importante tema de reflexão na prática do professor de Física. Não obstante, são debatidas possibilidades concretas para o desenvolvimento dos conteúdos de forma efetiva, possibilitando ao estudante se apropriar dos conceitos, compreendendo o alcance e a relevância da eletricidade na sociedade contemporânea. Essa discussão encontra fundamentação em várias pesquisas realizadas na última década (Silva Júnior, Miranda, 2020; Ellwanger *et al.* 2014; Gomes Júnior, Ferreira,

Gomes, 2022; Almeida, Xavier, Marinho, 2012) voltadas para o ensino da Eletrodinâmica, muitas destas aperfeiçoando seus conteúdos e práticas.

Diante disso, oportunizar estratégias de ensino capazes de aproximar o estudante dos conceitos, princípio e leis da eletricidade perpassa um cenário em que as principais dificuldades inerentes ao ensino da Eletrodinâmica devem ser conhecidas pelo professor, sendo este capaz de contornar os problemas de aprendizado desse conteúdo de maneira efetiva. A partir da interseção entre os objetivos de ensino previamente delimitados e essas dificuldades, o professor tem a chance de implementar atividades práticas, discussões teóricas e desenvolver métodos avaliativos que favoreçam a aprendizagem. Sendo assim, este artigo, organizado em um estudo bibliográfico de cunho narrativo-qualitativo, tem por objetivo discutir, de forma reflexiva, os principais desafios no ensino da Eletrodinâmica no Ensino Médio, considerando as normativas educacionais para o ensino das ciências na atualidade. Para isso, foi realizada uma busca sistêmica de trabalhos publicados entre 2019 e 2024 no portal Periódicos CAPES, a partir de descritores de busca e critérios de inclusão e análise.

Este artigo está dividido em sete seções, iniciando com as motivações e objetivos nesta introdução, seguida do esteio metodológico, na seção dois, em que são apresentados os fundamentos da pesquisa bibliográfica e os mecanismos de busca, seleção e análise dos artigos fundantes desta pesquisa. Na seção três, são discutidos os principais pontos que indicam a importância do estudo da Eletrodinâmica no Ensino Médio e suas implicações na formação do estudante, considerando as atuais normativas educacionais para a educação científica. As principais dificuldades atinentes à compreensão dos fenômenos elétricos são apresentadas na seção quatro, com ênfase na prática docente e seus mecanismos didáticos, demonstrando como estes podem ajudar ou não o estudante na compreensão dos conteúdos. Ao mesmo tempo, na seção cinco, discute-se como aproximar os conteúdos do estudante por meio da resolução de problemas práticos, com ênfase no domínio conceitual e técnico para a solução de problemas tecnológicos reais. Na seção seis, apresentamos a gamificação como metodologia potencialmente ativa de ensino e aprendizagem, em que os problemas desenvolvidos no ambiente gamificado e suas significações reforçam os conteúdos, levando o estudante a identificar a teoria no exercício da prática. Na seção sete, são apresentadas as principais conclusões e futuros desdobramentos da temática de pesquisa abordada ao longo da pesquisa.

Percurso metodológico

A pesquisa bibliográfica constitui importante meio de consolidação do conhecimento, representando a primeira etapa a ser seguida pelo pesquisador dentro do processo científico. Reunindo os resultados de pesquisas consolidadas, o método bibliográfico de cunho qualitativo-narrativo permite ao pesquisador investigar determinado fenômeno a partir dos resultados analisados, economizando tempo, dispensando incursões em ambientes ou cenários de pesquisa, bem como a aplicação de instrumentos e ferramentas de coleta de dados. No entanto, este método requer sistematização mínima, sendo necessário delimitar os mecanismos de busca, coleta e análise das pesquisas reunidas. Sendo assim, para a constituição do esteio bibliográfico desta pesquisa, foram selecionados trabalhos em língua portuguesa presentes no portal Periódicos CAPES, publicados entre 2019 e 2024, sendo aplicados os descritores de busca: a) Eletrodinâmica e ensino; b) eletricidade e ensino; c) eletrodinâmica; d) ensino de física e eletricidade; e) eletricidade; f) gamificação e ensino; g) física e metodologias e ativas; h) ensino e circuitos elétricos.

Quadro 1 - Quantitativo de trabalhos inicialmente encontrados no portal CAPES.

Descrito de busca	Número de trabalhos encontrados
Eletrodinâmica e ensino	40

Eletricidade e ensino	97
Eletrodinâmica	47
Ensino de Física e eletricidade	40
Eletricidade	452
Gamificação e ensino	560
Física e metodologias e ativas	127
Ensino e circuitos elétricos	73
Total	1436

Fonte: Dados da Pesquisa (2024).

A partir do quantitativo inicial reunido, foram estabelecidos os seguintes critérios de inclusão para o refinamento e escolha das pesquisas: a) trabalhos fortemente relacionados com os descritores de busca utilizados (entende-se aqui trabalhos cujos títulos e dados subsequentes apontam para a temática centralizada pelo descritor de busca); b) trabalhos com pelo menos 50% do referencial bibliográfico composto por artigo; c) trabalhos fortemente relacionados à educação e/ou ensino; d) trabalhos configurados como artigos científicos; e) trabalhos com forte viés teórico; f) trabalhos com dados empíricos; g) trabalhos abordando práticas de ensino. Após a aplicação dos critérios de inclusão, foram reunidos 267 trabalhos. Diante desse quantitativo, foi realizada a leitura dos títulos e resumos para refinamento e escolha final do corpo bibliográfico desta pesquisa, sendo selecionados 26 artigos, sendo incluídos, paralelamente a este processo, 3 livros, 3 trabalhos publicados em evento e 1 texto normativo (BNCC), sendo reunidos 33 trabalhos de forma conclusiva. Completando esse processo, foram estabelecidas as seguintes categorias de análise para os trabalhos selecionados: a) dificuldades na abstração dos conceitos na Eletrodinâmica; b) fatores que podem facilitar a aprendizagem da Eletrodinâmica; c) quais abordagens didáticas podem facilitar o aprendizado da Eletrodinâmica?; d) qual o papel da gamificação no processo de ensino e aprendizagem da Eletrodinâmica?; e) qual o papel do professor no ensino da Eletrodinâmica?; f) como a construção de circuitos facilita o aprendizado da Eletrodinâmica?; g) quais as relações entre problemas práticos e construção de circuitos?; h) como estimular/engajar o estudante para o aprendizado da Eletrodinâmica?; i) quais as relações entre as tecnologias digitais emergentes e a Eletrodinâmica?; j) relações entre eletricidade e vida coletiva.

Por que aprender Eletrodinâmica?

O estudo da eletricidade vem aguçando a curiosidade humana desde o século VI *a. C.* na Grécia, com as primeiras observações e questionamentos à luz do conhecimento humano desenvolvido até então. Desde fenômenos simples relacionados à atração e à repulsão de certos materiais, atritados e postos a interagir com outras substâncias, até as primeiras evidências sobre a natureza corpuscular da matéria e suas relações com a eletricidade, seus fenômenos sempre foram motivo de atenção para os cientistas no decurso da história humana. Nesse trajeto, a busca pela compreensão de tais fenômenos caminhava paralelamente ao desenvolvimento tecnocientífico experimentado pela Europa pós-Revolução Industrial, principalmente pela possibilidade de construção de sistemas, máquinas e dispositivos capazes de substituir as famigeradas máquinas a vapor. Esse cenário impulsionou grandes descobertas científicas, beneficiando tanto a ciência pura quanto seus desdobramentos aplicados no setor tecnológico.

Nesse sentido, o estudo da eletricidade, segundo Gibert (1982), ganhou importância científica e técnica em meados do século XVIII, sendo necessário sistematizar seu conhecimento no campo do ensino e formação. No entanto, estando a eletricidade diretamente relacionada à estrutura atômica, apenas no início do século XX conseguiu-se estabelecer os elementos fenomenológicos da eletricidade, devido principalmente aos resultados da Mecânica Quântica e à realização de experimentos que definiram as propriedades elétricas das partículas que compõem o átomo. Com o avanço na compreensão desses fenômenos e o aprimoramento tecnológico dos componentes eletrônicos, principalmente com o advento dos dispositivos semicondutores, a tecnologia de forma geral sofreu grandes avanços, introduzindo a sociedade num patamar de desenvolvimento disruptivo semelhante àquele observado durante a Revolução Industrial, na segunda metade do século XVIII.

Além de ressignificar o modo de vida da sociedade, esse avanço trouxe novos paradigmas para o ensino das ciências, principalmente na Física, em que os conceitos basilares da eletricidade precisam acompanhar o avanço de novos campos do conhecimento, como a microeletrônica. Essa conjuntura vem subsidiando debates acerca da formação do estudante diante dos contínuos avanços da Eletrodinâmica e suas aplicações nos últimos 70 anos. Compreender os aspectos fenomenológicos e as aplicações práticas da eletricidade tem se tornado um desafio, principalmente diante dos conceitos abstratos e avanços no setor tecnológico, imprimindo novos conhecimentos e abordagens centradas na análise e resolução de circuitos cada vez mais sofisticados. No Ensino Médio, do ponto de vista curricular, a Eletrodinâmica aborda conteúdos clássicos, baseados nas leis de Ohm, análise de circuitos resistivos, leis de Kirchhoff e teoremas de redes.

Seguindo esse quadro, o Ensino da Física, de forma generalista, busca a formação de sujeitos capazes de observar e analisar, através de princípios baseados em leis consolidadas e resultados científicos, os diversos fenômenos naturais que compõem o mundo e sua vizinhança, permitindo que este seja um agente consciente na interpretação do universo intervencionista humano e tecnológico em transformação (Pereira, *et al.* 2017). Considerando a atividade docente e suas nuances na formação do estudante, a Física desempenha papel preponderante, juntamente com outras disciplinas afins, na formação de pesquisadores e profissionais do setor tecnológico, capazes de reter e aplicar, de forma substantiva, o conhecimento estruturado nos currículos dos diversos cursos de formação básica escolar e profissional, distribuídos nas grandes áreas de Ciências Exatas e da Natureza e Tecnologia (Rihs; Dickman; Leite, 2022).

A formação do sujeito no campo da Eletrodinâmica perpassa o desenvolvimento de habilidades e competências fundamentais para o exercício técnico, caracterizada pela solução de constantes desafios científicos e tecnológicos (Battisti; Nehring, 2019). Assim, o aprendizado e o ferramental teórico apresentado devem permitir uma sólida apropriação por parte do estudante quanto à compreensão conceitual, paralelamente ao domínio algébrico, fundamental para a consolidação dos resultados (Rodrigues, 2018). Dentro dessa perspectiva, o ensino da Eletrodinâmica, marcado pelo estudo dos fenômenos relacionados ao deslocamento de cargas elétricas, encontra importante aplicação na teoria de circuitos, constituindo relevante base para estudos posteriores na formação geral do sujeito, como também de cientistas e engenheiros, estes últimos fortemente dependentes da tecnologia eletrônica, dado o extenso espectro de aplicabilidade desta área na teoria de controle moderno.

Neste cenário, faz-se necessário estabelecer estratégias didáticas para a consolidação da aprendizagem, baseada na autorreflexão do estudante, que deve ser capaz de analisar os conceitos basilares e as leis que regem os fenômenos elétricos, identificando como estes se apresentam no dia a dia e no desenvolvimento tecnológico. Assim, os diferentes princípios físicos que incorrem na análise funcional de componentes elétricos e circuitos, bastante recorrentes no cotidiano do estudante, como também de engenheiros e técnicos das áreas de eletricidade, representam a base das técnicas de análise e resolução de problemas tecnológicos.

Em geral, o primeiro contato do estudante do ensino básico e dos cursos de tecnologia com o conhecimento na forma instrumentalizada (em que a teorização é materializada por meio de atividades baseadas na construção de circuitos, por exemplo) permite a indiferenciação entre o conhecimento teórico e aquele necessário para o exercício técnico. É importante destacar que a análise de circuitos reúne diversas técnicas e teoremas, específicos para determinados grupos de circuitos elétricos, cada um dos quais caracterizados pelo grau de complexidade, tipos de componentes e funcionalidade. A partir das necessidades formativas no Ensino Médio pontuadas anteriormente, a BNCC (2018, p. 537) normatiza a seguinte competência para o estudante:

Competência (1)

Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e/ou global.

Desta feita, o estudante deve ser capaz de reconhecer e intervir de forma racional em problemas do cotidiano, realizando inferências acerca do uso da tecnologia na sociedade, principalmente diante de questões energéticas, analisando substantivamente seu uso e geração sustentáveis, incluindo os processos de geração e aproveitamento da energia elétrica, seus sistemas de distribuição básicos e tecnologia atual. Assim, priorizam-se situações em que o estudante projeta soluções sob o prisma tecnológico, aplicando de forma assertiva seus conhecimentos sobre circuitos elétricos de forma criativa e acessível. Isso incorre em práticas de ensino e discussões sobre o papel da tecnologia na construção social, seus valores e implicações para o desenvolvimento humano, reforçando a interdisciplinaridade e a interconexão de conteúdos. A BNCC (2018, p. 541) ainda destaca a seguinte habilidade a ser desenvolvida pelo estudante, que deve ser capaz de:

(EM13CNT106) Avaliar tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais.

Essa habilidade particulariza a importância de o estudante compreender e agir ativamente em contextos em que a eletricidade representa um fator de impacto nas diferentes escalas da sociedade, incluindo o próprio indivíduo, seu círculo social e sua representação no contexto funcional, como elemento participativo na preservação do meio ambiente, reforçando seu papel como sujeito planetário. Concomitantemente, priorizam-se o domínio pleno de questões atuais relativas ao uso da energia elétrica, capacidade de solucionar problemas através de ideias e projetos práticos, com uso de instrumentos típicos da eletroeletrônica, transportando o estudante para a realidade aplicada. Essa perspectiva, além de viabilizar o aprendizado de conteúdos relacionados à eletricidade, reforça e incentiva a formação para o mundo do trabalho, importante no contexto da educação básica atual. Outra competência destacada na BNCC (2018, p. 545) tenciona aproximar, de forma efetiva, o estudante do mundo científico através das diferentes formas de linguagens, com ênfase nas TDIC's para a difusão do conhecimento em seus diferentes formatos. Dessa forma, o texto pontua que o estudante deve ser capaz de:

Competência (2)

Analisar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos

variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

Juntamente com a competência (1), anteriormente mencionada, a habilidade (EM13CNT308) presente na BNCC (2018, p. 545) evoca que o estudante deve compreender e “*analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos, redes de informática e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos*”, permitindo ao estudante explorar o viés tecnocientífico dos conteúdos de eletricidade discutidos no Ensino Médio. Além de dominar os conceitos e leis que governam os fenômenos elétricos, o estudante se torna capaz de compreender o funcionamento dos principais equipamentos elétricos, importantes para o exercício do dia a dia, ao mesmo tempo inter-relacionando os diferentes conceitos que regem seus funcionamentos. Isso inclui o domínio de técnicas matemáticas voltadas para o estudo de gráficos e funções, demonstrando a interdependência entre as grandezas elétricas envolvidas no funcionamento desses equipamentos.

Assim, o estudo da Eletrodinâmica leva o estudante à percepção teórica dos fenômenos elétricos sob o viés prático, reunindo habilidades e competências em sintonia com as atuais tecnologias presentes na sociedade digital, proporcionando a inserção deste no mundo tecnológico. Ao mesmo tempo, questões socioambientais são levantadas, fortalecendo a interdisciplinaridade e a complementaridade dos conteúdos das diferentes disciplinas do Ensino Médio, tornando o estudo da eletricidade tema gerador de propostas e projetos em que o estudante assume postura ativa. Compreender os fenômenos elétricos e seu alcance na vida prática reverbera os princípios da educação científica atual, baseada na aquisição do conhecimento de forma instrumentalizada e reflexiva.

Algumas dificuldades no aprendizado da Eletrodinâmica

O processo de ensino exige do educador determinadas abordagens capazes de focalizar os conteúdos, rompendo os limites da teoria, demonstrando na prática sua materialidade na vida do estudante. Corroborando esse pensamento, Echazarra *et al.* (2016) *apud* Ferreira (2023, p. 4) enfatizam que “*o papel do professor é essencial para o desenvolvimento de práticas de ensino-aprendizagem que permitam ao aluno adquirir conhecimentos e compreendê-los para os aplicar e generalizar a situações do seu dia a dia*”. Considerando a totalidade e as diferentes etapas do processo de ensino, a delimitação didática constitui apenas uma fração desse intrincado processo, sendo necessário que o estudante domine determinado conjunto de conceitos prévios para a consolidação da aprendizagem, constituindo um processo contínuo no qual cada conceito posterior reflete outro anteriormente assimilado. Dessa forma, o estudante deve dominar conhecimentos básicos, os quais serão resgatados e reforçados pelo professor em sua prática didática. Nesse sentido, Gameleira e Bizerra (2019, p. 132) afirmam que:

Identificar os conhecimentos e vivências de mundo dos estudantes, e relacioná-los com os saberes científicos para propiciar uma aprendizagem significativa, é sem dúvida um dos maiores desafios do ensino, e também é um dos meios mais seguros de fazê-lo, pois a partir de suas experiências é que eles poderão fazer uma correlação entre os saberes, incorporando conhecimento científico.

Admitindo que o estudante reconheça seu papel nesse processo, engajando suas ações, cooperando com o professor no trajeto de ensino, é factível que dificuldades de aprendizado surgirão ao longo desse caminho, uma vez que a assimilação de novos conceitos e ideias pelo estudante perpassa um novo arranjo mental, estimulando a neuroplasticidade e seus diferentes estímulos de aprendizado, o que, para Costa (2023, p. 4), revela que “*a aprendizagem é, portanto, de essência dialética: provoca mudanças no cérebro e resulta dessas mudanças*”. Sendo assim, de forma geral, é esperado que o estudante se ponha diante de dificuldades para

o aprendizado, decorrentes do: a) tipo de conteúdo explorado; b) seu nível de dificuldade; c) da abordagem metodológica do professor; d) da falta de conhecimentos prévios; e) do processo avaliativo empregado pelo professor, dentre outros fatores.

Considerando a sala de aula e sua heterogeneidade, em que cada estudante representa um conjunto de saberes e experiências, motivados e interpretando a aprendizagem segundo seu prisma, é possível reconhecer determinadas dificuldades gerais de aprendizagem inerentes aos estudantes, permitindo ao professor intervir de maneira adequada durante a ministração dos conteúdos. Essas dificuldades possuem contornos particulares, dependendo da disciplina e conteúdos desenvolvidos, sendo a capacidade de abstrair conceitos e a operacionalização algébrica as dificuldades recorrentes no ensino da Física. Diante desse cenário, Libâneo (2005, p. 2) destaca o importante papel dos processos educativos para a aprendizagem, pontuando que *“a pedagogia quer compreender como fatores socioculturais e institucionais atuam nos processos de transformação dos sujeitos, mas, também, em que condições esses sujeitos aprendem melhor”*. Já Vygotsky (2005) enfatiza a importância de métodos e abordagens didáticas capazes de valorizar a linguagem e o pensamento na construção de conceitos e representações, constituindo um valioso meio de efetivação da aprendizagem no ensino da Eletrodinâmica.

O estudo da Física, marcado pela observação de fenômenos e teorização de leis e princípios capazes de explicar o comportamento do mundo material, engloba técnicas e abordagens complexas em consonância com ferramentas matemáticas específicas. Na busca pela explicação dos fenômenos físicos presentes no universo, a idealização encontra espaço no trabalho científico, facilitando a modelagem física, mitigando dificuldades matemáticas e a abstração, esta última responsável pelos contornos teóricos do fenômeno ou problema investigado. Por meio da idealização, é possível estabelecer modelos físicos próximos da realidade, capazes de explicar satisfatoriamente eventos com elevado grau de compreensão, permitindo, a posteriori, generalizações capazes de convergir para cenários reais.

Esse processo encontra lugar no ensino da Física, em que os problemas são abordados segundo aproximações da realidade. Essa prática vem sendo replicada em todo o espectro do ensino da Física, constituindo como uma importante forma de apresentação de conceitos e ideias. Para a efetividade dessa estratégia, o professor deve manejar consistentemente os conceitos físicos inerentes ao conteúdo explorado, de maneira que o estudante observe os aspectos idealizados, percebendo claramente a dicotomia entre *ideal* e *real*, localizando as limitações teóricas advindas da idealização. Nesse aspecto, Moreira (2021, p. 2) discute o problema da idealização (ou aplicação de modelos) no ensino, destacando que *“as chamadas ciências exatas, como a Física, não são exatas, são aproximadas, pois dependem de modelos científicos e estes dependem das aproximações feitas, de como são controladas as variáveis”*.

Essa concepção deturpa o aprendizado baseado em idealizações, projetando a Física, seus resultados e modelos científicos como inquestionáveis, restringindo a visão real dos fenômenos, contrariando o pensamento científico, baseado na evolução constante das leis e princípios da Física, incluindo seus métodos e epistemologia. Isso perpassa a prática docente, muitas vezes revestida do determinismo *conceitual-matemático* dos modelos e idealizações didáticas, limitando a percepção do estudante acerca da fenomenologia *real* no universo. Isso tende a fragmentar o aprendizado, dificultando a análise e a resolução de problemas tecnológicos ou do próprio dia a dia do estudante, uma vez que a idealização (quando explorada de forma inadequada) atenua a presença de fatores intervenientes (reais), considera aproximações algébricas e limita-se a conjuntos específicos de situações. Uma decorrência clara desse problema consiste nas analogias e idealizações utilizadas no ensino da Eletrodinâmica, muitas delas baseadas em ideias fenomenológicas diversas, objetivando reduzir a abstração dos eventos e fenômenos elétricos, em geral marcados pela constante inter-relação entre fenômenos de dimensões macro e microscópicas.

Sendo o estudante do Ensino Médio limitado ao estudo da eletricidade sob o prisma das idealizações e modelos, sua percepção da realidade diante desses fenômenos se torna frágil, refletindo na sua percepção cotidiana, ao mesmo tempo em sua formação acadêmica subsequente. Nesse sentido, Siqueira (2024b, p. 14) argumenta os efeitos da aprendizagem baseada em idealizações desconexas da fenomenologia *real*, pontuando seus impactos na aprendizagem e desempenho dos estudantes no Ensino Superior, muitos destes apresentando inconsistências conceituais, defendendo que:

Muitos estudantes que ingressam no ensino superior, ainda carregam consigo conceitos físicos em desacordo com a fenomenologia, muitos acreditando que a corrente elétrica em um condutor se dá pelo deslocamento de elétrons em alta velocidade, o que fisicamente não ocorre, sendo tal velocidade da ordem de alguns cm/s, ou que corrente elétrica e tensão são medidas do mesmo evento físico, sendo incapazes de relacionar a tríade resistência, corrente e tensão, sendo que a intensidade da corrente é derivada do valor da tensão aplicada e da resistência elétrica do condutor.

Corroborando esse problema, analogias implementadas na prática de ensino da Eletrodinâmica, quando realizadas de forma incipiente pelo professor, geram problemas conceituais, levando à superficialidade do aprendizado, confusão e má interpretação dos fenômenos, dificultando a compreensão e resolução de problemas. Para Carneiro *et al.* (2022) *apud* Siqueira (2024b, p. 14) “*Tais problemas surgem da idealização exacerbada, favorecendo a didática, porém prejudicando o rigor fenomenológico, fundamental para o aprendizado substantivo*”. Assim, quando o professor compara o sistema de abastecimento de água de uma residência, composto por tubos (representando os fios condutores de eletricidade num circuito), válvulas (representando os resistores), pela pressão da água (representada pela tensão elétrica) e fluxo de água percorrendo os tubos (representado pela intensidade da corrente elétrica nos fios condutores), cria-se um cenário no qual a compreensão física das grandezas e elementos funcionais envolvidos na composição e acionamento de um sistema hidráulico (pressão, vazão e válvulas de controle) devem ser previamente compreendidas pelo estudante para a superposição conceitual e entendimento da analogia.

Em um contexto contrário, no qual este desconhece os elementos (o circuito hidráulico e seu funcionamento) propostos pelo professor como ponto de partida para a analogia, o estudante acaba lidando com uma rede complexa de conceitos e ideias sem conexão aparente, dificultando ainda mais a abstração dos conteúdos necessários para o aprendizado. Apesar da didaticidade desse tipo de abordagem, quando propicia a sua execução, abordagens que valorizam o letramento científico são preferíveis, uma vez que, segundo Siqueira (2023b, p. 116) “*refere-se à apropriação consciente dos aspectos, conceitos e princípios das diferentes ciências na interpretação do mundo e seus fenômenos*”. Assim, o ensino da Eletrodinâmica deve prezar pelo rigor fenomenológico, aliado ao uso de abordagens de ensino que facilitem o aprendizado, sem distorções conceituais ou analogias infelizes. Outro ponto a ser destacado diz respeito à teorização dos conteúdos sem clara aplicabilidade no campo tecnológico/prático. Determinadas abordagens de ensino privilegiam os conceitos e operacionalização algébrica dos conteúdos, tornando o estudante capaz de assimilar aspectos teóricos de forma precisa, porém com pouca habilidade na resolução de problemas práticos, caracterizados pelo exercício da criatividade aliada à compreensão conceitual, algebrização e emprego correto de materiais na resolução de certo problema prático.

Isso vai ao encontro das habilidades e competências destacadas na seção anterior, as quais, dentre outros aspectos, priorizam a projeção ativa do estudante na compreensão, intervenção, comunicação e transformação positiva do mundo tecnológico a partir do entendimento dos fenômenos elétricos. De forma específica, o ensino da Eletrodinâmica no Ensino Médio deve priorizar atividades substantivas, uma vez que “*a construção de sensores e circuitos com funcionalidades específicas do nosso dia a dia, são opções importantes,*

considerando os objetivos e o desenvolvimento de habilidades e competências pelos estudantes” (Siqueira, 2023d, p. 1137). Essa estratégia converge e reafirma os princípios da educação científica, voltada para a solução de problemas através da concepção de artefatos tecnológicos. Diante disso, a problematização de situações do cotidiano, além de aproximar o estudante dos conteúdos e da própria prática científica, permite ampliar o processo de ensino, introjetando habilidades e competências secundárias, voltadas, por exemplo, para o uso de instrumentos e ferramentas típicas da eletrônica.

Siqueira (2024b, p. 15) ainda aponta a reconfiguração da prática de ensino, baseada na solução de problemas tecnológicos como fator capaz de impulsionar a práxis docente, permitindo que *“o professor reconstrua conceitos, valorizando a Física em seu contexto real, descrevendo problemas didáticos instigadores baseados em situações tecnológicas práticas, fortalecendo a participação ativa do estudante”*. Ressignificar o ensino da Eletrodinâmica exige novas abordagens de ensino, principalmente baseadas na realidade tecnológica, nas experiências dos estudantes e na possibilidade de dimensionamento e construção de circuitos reais. Esse exercício prático torna possível a materialidade dos conceitos, mitigando a abstração, facilitando a aprendizagem e instigando ambos, professor e estudante. Diante dessa conjuntura, Siqueira (2024b, p. 38) ainda afirma que:

A tecnologia torna-se elemento de interesse do estudante a partir das soluções criadas para resolver problemas típicos ou específicos, estimulando-o ao uso consciente de tais recursos, ao mesmo tempo sendo capaz de identificar os diferentes princípios físicos que governam as várias tecnologias em uso na sociedade.

Além de colaborar para o aprendizado da Eletrodinâmica, a abordagem baseada na resolução prática de problemas estimula a percepção na qual ciência e sociedade mantêm estrita relação com o desenvolvimento dos seus diferentes setores. Levar o estudante a analisar as relações entre tecnologia e sociedade, enfatizando suas demandas para o coletivismo, além de remodelar a compreensão deste acerca da importância do estudo da eletricidade, alcance e aplicabilidade na melhoria dos processos tecnológicos, permite significar a prática científica sob o prisma do movimento humano, seus interesses e necessidades, rompendo com a ideia de ciência neutra, desprovida de viés. Nesse sentido, Schwartz e Batista (2022) apontam que, no instante em que o pesquisador focaliza seu objeto de estudo, delimitando métodos e abordagens para legitimar sua prática, está inevitavelmente seguindo determinado percurso, escolhendo certos métodos e implementando recursos em detrimento de outros.

Essa ideia aproxima a prática de ensino da materialidade científica, ao mesmo tempo consolidando as atividades baseadas na solução de problemas tecnológicos do dia a dia como meios capazes de transpor as dificuldades de aprendizado, observadas quando da ministração dos conteúdos de Eletrodinâmica. Suprimir distorções acerca do papel da ciência na construção do conhecimento é preponderante para a formação de sujeitos capazes de observar e intervir corretamente no mundo material, através do conhecimento científico, em cenários nos quais a tecnologia desempenha forte influência na vida individual e coletiva. Aprofundada essa possibilidade, Santos e Simões (2016, p. 26) pontuam acerca da construção do conhecimento destacando que *“tal qual o conhecimento, seja ele científico ou pedagógico, nossas crenças não são imparciais. São construções sociais e que podem mudar de acordo com o contexto em que estamos inseridos”*. O desenvolvimento tecnológico contempla essa dinâmica, sendo diretamente influenciado pelos fenômenos sociais, incluindo os processos educativos. O Quadro 2 elenca e discute as principais dificuldades na aprendizagem da Eletrodinâmica, a partir dos conteúdos desenvolvidos, apresentando pontos relevantes de intervenção pelo professor.

Quadro 2 – Caracterização das principais dificuldades de aprendizado no ensino da Eletrodinâmica.

Conteúdo/Tema	Descrição/Caracterização
Corrente elétrica	Abstrair o movimento de cargas elétricas (elétrons) no interior de um condutor e suas relações com o campo elétrico gerado no interior do condutor.
Efeito Joule	Dificuldade em compreender por que um resistor aquece (efeito Joule) quando percorrido por corrente elétrica, considerando as propriedades corpusculares da matéria, identificando seus possíveis usos ou problemas em circuitos ou aparelhos elétricos.
Leis de Ohm	Diferenciar os conceitos de corrente elétrica e tensão, discriminando como estes conceitos estão relacionados com o funcionamento de um circuito, destacando suas relações diante de resistores ôhmicos e não-ôhmicos.
Associação de Resistores	Determinar as propriedades elétricas de circuitos resistivos em série e paralelo, reconhecendo a inter-relação entre o valor das correntes geradas nestes circuitos com as diferentes configurações destes circuitos.
Geradores e Receptores	Compreender a geração e distribuição de energia elétrica num circuito, partindo do princípio da conservação de cargas elétricas, considerando as principais diferenças entre elementos fornecedores (geradores) e elementos consumidores (receptores), dissipadores (resistores) e as propriedades físicas destes elementos (resistência interna).
Potência Elétrica	Dificuldade na interpretação de problemas que envolvem o cálculo da potência elétrica a partir de diferentes grandezas elétricas, análise do gráfico de funcionamento de aparelhos e escolha de apropriadas fórmulas e equações para o cálculo da potência.
Leis de Kirchhoff	Reconhecer os princípios de conservação da energia (lei das malhas) e conservação de cargas elétricas (lei dos nós) na resolução de circuitos.
Circuitos com Múltiplas Malhas	Problemas no equacionamento e resolução de sistemas lineares decorrentes das aplicações das leis de Kirchhoff, demonstrando fragilidades conceituais e operacionais-matemáticas.
Aplicações Tecnológicas	Os estudantes reconhecem a importância da eletricidade no contexto tecnológico, mas não percebem de forma imediata as principais aplicações/relações dos conceitos da eletricidade na resolução de problemas do dia a dia.
Eletricidade e Sociedade	Diante de questões <i>histórico-sócio-culturais</i> , os estudantes ainda acreditam numa ciência constituída de resultados e produtos lineares, sem relação com a dinâmica organizacional social, suas demandas culturais, tecnológicas e econômicas.

Fonte: Siqueira (2024b).

Análise de problemas tecnológicos cotidianos como estratégia de ensino.

Como apresentado na seção anterior, a materialização dos conceitos físicos representa condição preponderante para a significação do processo de ensino e aprendizado da Física. Estabelecer relações entre a teoria explorada nos conteúdos e sua representação no mundo real estimula e valoriza o pensamento científico, muitas vezes revestido de formalidades, aspectos intangíveis e métodos fora do contexto usual, constituindo, segundo Hastenreiter *et al.* (2017), elemento importante para o estudante aprender através da experiência direta. Assim, envolver o estudante em ações didáticas capazes de aproximar os conceitos da vida cotidiana constitui importante fator diferencial na aprendizagem, permitindo a este observar e inter-relacionar o aprendizado teórico com os vários elementos que formam sua realidade material, o que, para Gil (2009) *apud* Santos, Silva e Silva (2023, p. 3-4), reforça a ideia de que tais ações devem ser *“capazes de motivar alunos a (re)significar seu conhecimento inicial, a partir de investigações e problematizações na direção da realidade do aluno”*.

Seguindo essa perspectiva, a solução de problemas práticos do dia a dia, através do emprego direto de conceitos e princípios físicos, constitui eficiente meio de transposição didática capaz de aproximar o estudante do processo de ensino e aprendizagem, sendo possível discussões e atividades práticas para além da teorização, corroborando a visão de Clement, Terrazzan e Nascimento (2003, p. 13) acerca da atual realidade do Ensino das Ciências:

Aparentemente, na maioria das vezes, os alunos não aprendem como resolver problemas; meramente memorizam soluções para situações que são apresentadas pelos professores como simples exercícios de aplicação. Isto é consequência do tipo de Ensino de Ciências ainda predominante em nossas escolas, qual seja, um ensino fundado na crença de que o conhecimento pode ser ‘transmitido verbalmente’ e assim ser ‘assimilado’ pelos alunos. Durante a prática tradicional de Resolução de Problemas esta situação fica bem evidenciada, pois, é comum os alunos conseguirem resolver problemas similares aos anteriores, mas fracassarem ou desistirem frente a novas situações.

A resolução de problemas teóricos representa a primeira intervenção didática do professor, na qual conceitos, fórmulas e leis são reunidas para a interpretação e resolução algébrica de problemas clássicos ou diversos, demandando o exercício de habilidades e competências para os conteúdos em desenvolvimento. Essa prática tem se mostrado frequente no ensino da Física, sendo complementada pelo uso de tecnologias digitais (simuladores, *softwares*, aplicativos etc.) capazes de dirimir a abstração conceitual e fenomenológica dos problemas, facilitando a operacionalização algébrica e a solução pelo estudante. Quando comparada à resolução de problemas práticos, esta última se mostra revestida de significação e contexto, uma vez que o estudante rompe os limites da resolução teórica de problemas, passando a enxergar de forma tangível suas ações, fundamentadas em seus pensamentos e resgate dos conteúdos.

A resolução de problemas práticos como estratégia de ensino corrobora as diversas teorias da aprendizagem, métodos ativos e tecnologias digitais usadas no ensino da Física. Assim, o professor pode implementar diferentes atividades baseadas em problemas práticos como forma de significação dos conteúdos e demonstrar na prática a validade do conhecimento físico na interpretação e solução de problemas materiais, assumindo papel de facilitador do processo de aprendizagem. Nesse sentido, Oliveira (2010) *apud* Nascimento e Uibson (2021, p. 9) delimita a intervenção docente como:

[...] o papel do professor nas atividades investigativas é auxiliar os alunos, levantar situações problemas levando os mesmos a irem em busca de respostas para os problemas propostos, estimulando a participação ativa dos estudantes em todos os trajetos do experimento, interferindo somente nos momentos de dúvidas falta de consenso e clareza nas respostas.

Outrossim, contextualizar problemas e atividades investigativas de matriz tecnológica estimula o fazer científico, além de resgatar questões relacionadas à inovação, novas formas e abordagens tecnológicas na sociedade contemporânea. Essa possibilidade está em sintonia com os atuais princípios da educação científica, pautados na apropriação consciente do conhecimento científico pelo sujeito, para a interpretação da realidade e intervenção deste na promoção do desenvolvimento individual e coletivo. Ao mesmo tempo, tal abordagem se mostra importante para a formação técnica dos estudantes diante da modernidade das tecnologias digitais, os quais optam pela formação profissional na área de eletricidade. Pontes e Victor (2022, p. 1) afirmam que *“é necessário repensar novas formas de estratégias de ensino, fazer a contextualização dos conteúdos ensinados em sala de aula e buscar metodologias que desenvolvam competências e habilidades para o século XXI”*. Dessa forma, resgatar situações do universo tecnológico reverbera principalmente o emprego sistemático de princípios físicos, matemáticos e químicos, eventualmente, considerando o tipo de problema em tela, sua complexidade teórica e prática/material.

Especialmente no estudo da Eletrodinâmica, a montagem de circuitos práticos capazes de solucionar problemas específicos do cotidiano resgata e estimula o fazer tecnocientífico na sala de aula, inserindo o estudante em contextos científico e profissional, uma vez que as habilidades e competências desenvolvidas nessa área do conhecimento possuem forte relação com o exercício técnico, favorecendo para o estudante a chance de formação especializada. Tal conjuntura leva Rodrigues-Moura (2023, p. 2) a refletir sobre a disciplina de Física e suas potencialidades para a formação profissional do estudante, destacando a Educação Profissional como elo de consolidação do aprendizado, afirmando que: *“destaco a Educação Profissional como um espaço privilegiado para que o ensino de Física seja concretizado em uma construção onde os alunos sejam alfabetizados cientificamente”*. Sendo assim, concordamos que a prática de ensino voltada para a construção de circuitos não só consolida a aprendizagem sob a perspectiva científica e material, como também resgata os fundamentos pedagógicos da Educação Profissional, na qual o conhecimento ganha obrigatoriamente viés aplicado. Não obstante, as atuais questões energéticas e de preservação ambiental reforçam a demanda por profissionais do setor elétrico capazes de oferecer soluções para o consumo sustentável da eletricidade, o que requer adequada formação em ciências. Bittencourt *et al.* (2017) afirmam que *“a cultura brasileira já não é mais aquela de outrora em que o consumo excessivo de energia não era visto como um problema”*.

Diante dessas possibilidades, estratégias de ensino voltadas para a solução de problemas tecnológicos, exigindo o dimensionamento e uso de instrumentos e ferramentas apropriadas, torna possível não só o aprendizado substantivo dos conceitos da Eletrodinâmica, como também o desenvolvimento de habilidades voltadas para o uso do ferramental necessário para a construção e teste de circuitos eletrônicos. Acompanhando esse cenário de ensino, a delimitação e análise dos problemas a serem investigados permite ao professor guiar sua prática de ensino de forma particular, valorizando diferentes aspectos do conteúdo a partir das nuances do problema e possibilidades materiais.

A fácil disponibilidade de componentes eletrônicos e seus baixos custos facilita ainda mais a implementação de práticas de ensino direcionadas para a construção de circuitos. Além disso, dependendo da formulação pedagógica, objetivos de ensino e alcance didático, essa prática pode ser utilizada para o adensamento e ampliação dos conteúdos da Eletrodinâmica, principalmente no tocante ao estudo da Física dos materiais semicondutores e suas implicações tecnológicas, constituindo tema atual no debate voltado para a modernização curricular da Física no Ensino Médio (Siqueira, 2024b). Sendo a tecnologia produto direto da atividade científica, estimular o estudante a solucionar problemas tecnológicos, além de ratificar a interdependência entre ciência e tecnologia, torna evidente para o estudante a necessidade de

compreender os diferentes conceitos das várias disciplinas do corpo das Ciências da Natureza não apenas sob o prisma “informativo”, mas de maneira consciente, sendo o estudante capaz de utilizar tais conceitos para conhecimento e usufruto.

Refletindo sobre essa prática em conexão com os problemas e demandas cotidianas do estudante, a construção de sensores, detectores e indicadores, capazes de mensurar e monitorar determinadas grandezas físicas, diante de situações e problemas tecnológicos, valoriza a intencionalidade didática pautada no dimensionamento e construção de circuitos eletrônicos. Cada problema prático discutido em sala de aula pode abarcar determinada situação em que uma grandeza física pode ser determinada, monitorada ou interpretada. Esse viés enriquece a prática do professor de Física, estimulando discussões para além da análise linear de problemas, rompendo com o cenário no qual, segundo Born, Ferreira e Silva Filho (2019, p. 46), *“os alunos são submetidos a diversas informações com pouca criticidade e sem que se estabeleça, de maneira adequada, a interação entre o indivíduo, a nova informação e a sociedade”*.

Paralelamente, à atividade de dimensionamento e montagem de circuitos, o professor pode introduzir questões interdisciplinares norteadoras do problema em estudo, fomentando reflexões de cunho histórico, sociológico e econômico, resgatando as diferentes dimensões em que a tecnologia eletrônica impacta a sociedade e seu modo de vida, uma vez que, segundo Rodrigues, Oliveira e Guerra (2024, p. 2), *“a sociedade é demarcada, em grande parte, pela forma como a ciência e tecnologia se desenvolvem”*. Sendo assim, é factível que a análise e a solução de problemas tecnológicos no ensino da Eletrodinâmica possuem extensão multidimensional na prática docente, permitido ao professor explorar vários eixos temáticos, conteúdos e questões centrais, demonstrando para o estudante a importância do estudo da eletricidade na constituição social e tecnológica. Nesse contexto, como elemento instigador da prática de ensino, o professor pode estabelecer um tema gerador central, por meio do qual um problema tecnológico específico pode ser delimitado e resolvido pelos estudantes, facilitando a abordagem prática, ao mesmo tempo mitigando o estigma numérico/fenomenológico associado à disciplina de Física, estando seu cerne também relacionado à dinâmica social, política e econômica.

Gamificação como meio de transposição didática no ensino da Eletrodinâmica.

Na atualidade, as metodologias ativas vêm se consolidando como opção capaz de mitigar o problema do aprendizado, constituindo importante meio de consolidação da prática docente. Sendo a gamificação um método potencialmente ativo, em que são utilizadas concepções e mecanismos típicos dos *games* para o ensino de certo conteúdo, as atividades gamificadas voltadas para o ensino da Eletrodinâmica devem, preferencialmente, valorizar narrativas que apontem aplicações da eletricidade no cotidiano, fazendo o estudante reconhecer e aplicar seus princípios de forma objetiva durante a atividade, o que, para Silva, Sales e Castro (2019, p. 4), permite localizar o estudante *“naquilo que está fazendo, estimulando-o a ouvir, ver, perguntar, discutir, fazer e ensinar”*. Mesmo num contexto ficcional, marca característica do universo dos *games*, faz-se necessário preservar alguns aspectos da realidade, mantendo a consistência conceitual do conteúdo explorado e o senso material. Os fenômenos elétricos, conceitos, leis e princípios podem articular-se no cerne de uma narrativa capaz de envolver o estudante na solução de problemas, desafios e missões nas quais cada resposta correta, desafio transposto e aplicação assertiva dos conteúdos mantêm relação com algum problema tecnológico reconhecido pelo estudante. Palomino, Nacke e Isotani (2023, p. 28) enfatizam a importância da narrativa afirmando que *“uma narrativa bem estruturada e interativa tem o potencial de melhorar significativamente a experiência de aprendizado na gamificação educacional”*.

Assim, a narrativa ficcional estimula e auxilia o estudante a reconhecer situações-problema passíveis de análise e solução em ambos: universo *gamer* e exercício do dia a dia.

Nesse contexto, a mecânica dos *games* estimula o pensamento baseado na resolução de problemas tecnológicos, favorecendo estratégias em que o estudante, de forma consistente, possa explorar a funcionalidade de circuitos, focalizando suas aplicações práticas. Sendo assim, o ensino gamificado da Eletrodinâmica, além de substancializar a realidade prática dos conteúdos, constitui uma forma alternativa para a apresentação, resolução de problemas e interpretação de resultados, a partir de regras e percursos lógicos em convergência com a narrativa introduzida, aliado aos conhecimentos prévios dos estudantes. Esse pensamento é reforçado por Mendes (2023, p. 3), considerando duas abordagens semelhantes, segundo o qual:

O ensinar para a resolução de problemas, em que importam as habilidades dos alunos de resolver problemas e aplicar no cotidiano, e o ensinar via resolução de problemas, defendido por Proença (2018) como a abordagem mais relevante, visto que se trabalha com o problema como ponto de partida, buscando assim envolver os conhecimentos prévios dos discentes.

Paralelamente a esse cenário, o aprendizado se torna concreto, permitindo ao estudante emergir da atividade gamificada dominando os conceitos, o instrumental matemático, as habilidades e as competências necessárias para interpretar corretamente os fenômenos elétricos do seu dia a dia. No entanto, vale destacar que tal possibilidade se mostra efetiva apenas quando o estudante participa de forma ativa do processo de ensino gamificado, percorrendo suas diferentes etapas e intencionalidades, motivado a aprender de forma colaborativa, o que, para Sent *et al.* (2023, p. 82), representa importante conjuntura, uma vez que *“cabe ao aluno a construção do próprio conhecimento; desta forma, o aluno também se torna ser ativo por seu conhecimento, e o ensino não fica restrito apenas ao professor”*. De forma geral, a Eletrodinâmica desenvolve conceitos abstratos relacionados ao deslocamento de cargas elétricas, as circunstâncias em que esse fenômeno ocorre, suas relações com a estrutura corpuscular da matéria e seus efeitos prático/tecnológicos.

Sendo as principais grandezas elétricas associadas ao deslocamento de cargas num condutor (tensão, campo elétrico e resistência elétrica) intangíveis, de difícil compreensão para a maioria dos estudantes, dado seu caráter fenomenológico, a gamificação é capaz de atenuar a complexidade conceitual dos fenômenos, trazendo maior significação por meio da apresentação de problemas contextualizados na narrativa *gamer*. Para Alonso e Finn (1992), o conceito de corrente elétrica é definido como o fluxo de partículas elétricas ou íons — em aceleradores, para as partículas; e, em soluções eletrolíticas, gases e plasma ionizado, para os íons — bem como o deslocamento de elétrons livres no interior de materiais condutores. Os autores concluem sua explicação mencionando que, para todos os casos, a presença de um campo elétrico é necessária para o deslocamento de partículas elétricas ou íons, constituindo um fator determinante.

Diante do conceito de corrente elétrica trazido pelos autores anteriormente citados, percebe-se a dimensão e complexidade fenomenológica desse evento físico, constituindo importante problema didático para o professor de Física. Definir a grandeza corrente elétrica de maneira formal e desconectada de meios de ensino capazes de significar materialmente seus aspectos, reduz a percepção do fenômeno, levando a posteriores incoerências na compreensão e uso das leis de Ohm, fundamentais na análise de circuitos resistivos. Assim, a abordagem gamificada é capaz de reunir todos os aspectos teóricos presentes na definição de corrente elétrica, sem prejuízo da fenomenologia, significando sua ocorrência de maneira acessível através da narrativa utilizada pelo *game*. Essa possibilidade também se alinha aos problemas e desafios propositivos de cada fase do *game*, fixando conceitos e definições outrora de difícil compreensão e aplicação pelo estudante.

No tocante à análise de circuitos, reúnem-se todos os conceitos e princípios da Eletrodinâmica para a compreensão funcional de redes elétricas, objetivando mapear suas

propriedades. Irwin (2004) define circuito elétrico (ou rede elétrica) como sendo o resultado da interconexão de dois ou mais componentes elétricos. O mesmo autor enfatiza a importância de o estudante dominar as leis de Kirchhoff para a análise e solução de problemas voltados para circuitos complexos, em geral formados por múltiplas malhas (caminhos fechados através dos quais a corrente elétrica pode fluir). Para o professor de Física, o desenvolvimento dessas leis constitui importante momento para reafirmar os princípios da conservação das cargas elétricas (lei dos nós) e energia (lei das malhas). A lei dos nós estabelece que, para todo ponto formado pelo encontro de diferentes percursos num circuito elétrico, a soma das intensidades das correntes que entram nesse ponto é equivalente à soma das intensidades daquelas que saem desse mesmo ponto, de modo que há conservação na quantidade das cargas elétricas entrando e saindo.

Semelhantemente, a lei das malhas estabelece que, para qualquer percurso fechado de um circuito elétrico, as somas das tensões fornecidas pelos geradores com as tensões consumida pelos componentes receptores equivale a zero, equalizando e conservando a energia envolvida no funcionamento de cada malha do circuito. Compreender e aplicar essas leis, além de exigir forte percepção acerca dos princípios de conservação envolvidos, requer domínio algébrico para a solução e interpretação de sistemas lineares, consequentemente formados a partir da aplicação correta das leis de Kirchhoff, o que, a depender da extensão do circuito analisado, pode levar a sistemas lineares do tipo ($m > 2 \times n > 2$), em que m denota o número de equações do sistema e n seu número de incógnitas (n , em geral, relacionado aos valores das correntes elétricas do circuito), exigindo maior sofisticação algébrica.

A problematização didática decorrente da análise de circuitos com múltiplas malhas alinha-se à perspectiva gamificada, uma vez que a aplicação das leis de Kirchhoff assume um percurso em que a solução de problemas e desafios no cenário *gamer*, focalizados no funcionamento desses circuitos, requer manejo conceitual, algebrismo e apropriação assertiva da mecânica para o êxito e aprendizado do conteúdo. Diante disso, Silva e Costa (2023, p. 5) defendem que “a gamificação visa promover a aprendizagem significativa, na qual os estudantes não apenas memorizam informações, mas também constroem um entendimento profundo dos conceitos científicos”. Dessa forma, podem ser criados problemas gamificados nos quais as leis de Kirchhoff e sua extensão conservativa sirvam de esteio para o progresso do jogador nas atividades.

A resolução de problemas baseados na determinação das correntes e/ou tensões presentes num circuito resistivo também reforça a mecânica e a narrativa *gamer*, esta última impulsionando o jogador a resgatar os conceitos e ferramentas matemáticas necessárias para estabelecer seu pensamento e estratégia, “contribuindo para a experiência de aprendizagem criativa e divertida”, como firmam Mill, Ribeiro e Veloso (2023, p. 254). Ademais, dada a importância desse conteúdo na integralização do estudo da Eletrodinâmica, sua compreensão deve ser consistente, quando do estudo de problemas tecnológicos, estes de substantiva importância, pois trabalhos e atividades experimentais ligados ao fazer tecnológico podem ajudar a explorar conceitos físicos, aumentando o alcance formativo voltado para a apropriação da linguagem científica (Carneiro, *et al.* 2022).

O estudo gamificado da Eletrodinâmica ilustra e reforça o potencial dessa alternativa didática, demonstrando como os conteúdos podem ser trabalhados sob o prisma participativo pelo estudante, sendo estimulado a inter-relacionar conceitos, relativamente complexos, na solução de problemas e desafios cujo significado prático e teórico sedimentam conhecimentos prévios, posteriores, experiências e experiências no processo de ensino e aprendizagem. Outrossim, as considerações pedagógicas descritas anteriormente mostram o alcance da gamificação como estratégia de transposição didática no estudo da Eletrodinâmica, conteúdo cuja compreensão requer do professor considerável manejo pedagógico, ao mesmo tempo

disposição por parte do estudante, que deve dominar ideias, conceitos e técnicas matemáticas consistentes para seu aprendizado e exercício das habilidades e competências esperadas.

Considerações finais

A partir das reflexões apresentadas, conclui-se que o ensino da Eletrodinâmica converge para o atual cenário tecnológico experienciado pela sociedade, reforçando a necessidade de práticas de ensino capazes de aproximar o estudante do fazer científico e seus paradigmas. Outrossim, considerando os fenômenos elétricos e os conceitos físicos a estes agregados, o professor de Física tem à disposição diferentes concepções e estratégias para o seu ensino, incluindo a problematização de situações do dia a dia em que a tecnologia se mostra como solução adequada. Nesse contexto, a concepção e o dimensionamento de circuitos elétricos práticos têm se mostrado grandes aliados no ensino desse tema, fortalecendo o desenvolvimento de habilidades e competências típicas do exercício técnico da eletrônica, bem como estimulando a formação profissional subsequente do estudante por meio do conhecimento e uso de ferramentas manuais e instrumentos de medição empregados durante as aulas.

Dessa forma, a experiência dos estudantes durante o estudo da Eletrodinâmica, paralelamente à construção de circuitos, permite maior compreensão prática, dispensando o uso de analogias para a discussão dos conceitos de resistência, corrente e tensão, tornando a aprendizagem material e significativa. Ao mesmo tempo, as diferentes metodologias ativas passíveis de utilização no ensino da Física constituem importante meio de transposição didática capaz de mitigar as principais dificuldades de ensino e aprendizagem da Eletrodinâmica, com destaque para o ensino gamificado, marcado pelo uso de tecnologias digitais bem conhecidas e utilizadas pelos estudantes. Assim, diante da popularização dos *games* e sua capacidade de atrair e engajar os estudantes em situações inovadoras de aprendizado, consideramos preponderante para o professor de Física dominar esse recurso potencialmente ativo de forma que os conceitos e problematizações da Eletrodinâmica sejam mais bem explorados e inter-relacionados no mundo virtual.

Destarte, considerando as atuais tecnologias digitais de comunicação e informação amplamente difundidas na sociedade, o estudo da eletricidade ganha profusão, servindo de esteio para discussões históricas, sociológicas e filosóficas, servindo também de tema norteador para os estudos mais complexos no próprio campo da Física, como o estudo dos materiais semicondutores e suas possibilidades tecnológicas. Assim, o estudo da Eletrodinâmica fortalece a transversalidade, possibilitando congregação de diferentes áreas do conhecimento na discussão de fatos e resultados que impactam a vida coletiva. Considerando o atual currículo do Ensino Médio Integral, o professor de Física tem a chance de elaborar diferentes estratégias de ensino, considerando a disciplina de Física ou as disciplinas diversificadas, estabelecendo diferentes abordagens de ensino a partir da carga horária e concepção pedagógica desses componentes.

Diante do variado leque de disciplinas incorporadas ao Ensino Médio Integral e suas especificidades de aprendizado, o professor pode centralizar sua prática em diferentes contextos, abordando o conteúdo de Eletrodinâmica sob o prisma que julgar mais adequado, destacando o trabalho de figuras históricas, seus dilemas e descobertas tecnológicas, paralelamente à discussão dos conceitos físicos, ou analisar o trajeto de grandes empresas e conglomerados tecnológicos e suas pesquisas ao longo das décadas, revelando suas motivações e avanços tecnológicos que mudaram nossas vidas, com ênfase no aperfeiçoamento de componentes e produtos que revolucionaram a sociedade. De modo geral, as dificuldades no ensino da Eletrodinâmica podem ser transpostas de forma adequada quando o professor é capaz de detectar as principais falhas ou lacunas conceituais importantes para descrever o comportamento funcional de circuitos elétricos. Sendo essas dificuldades sanadas de forma concreta, o estudante é capaz de compreender as várias relações entre as variáveis elétricas de um circuito, além de aplicar assertivamente as leis de Kirchhoff para circuitos de múltiplas

malhas, constituindo o ápice na aprendizagem do conteúdo. Diante disso, o aprendizado da Eletrodinâmica, além de localizar o estudante no contexto tecnológico moderno, estimula a educação científica voltada para a formação prática/teórica dos fenômenos elétricos, como também para a compreensão reflexiva do seu uso.

Referências

ALONSO, Marcelo; FINN, Edward J. **Physics**. International Edition: Addison Wesley, 1992.

ALMEIDA, Lucia da Cruz de; XAVIER, Carolina Tereza de Araújo; MARINHO, Karla Silene de Araújo. Ensino de Física e Educação inclusiva: exemplo de uma sequência didática para a abordagem de conceitos da Eletrodinâmica. **Ensino, Saúde e Ambiente**, v. 05, n. 02, p. 102-113, 2012. Disponível em: <https://periodicos.uff.br/ensinosaudeambiente/article/view/21058>. Acesso em: 27 out. 2024.

BATTISTI, Isabel Koltermann; NEHRING, Cátia Maria. A formação acadêmica do engenheiro: produto de uma atividade coletiva, **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, Araraquara, v. 14, n. 2, p. 543-558, 2019. Disponível em: <https://periodicos.fclar.unesp.br/iberoamericana/article/download/11434/8038/35690>. Acesso em: 14 nov. 2024.

BITTENCOURT, Felipe Tozzi; COSTA, Maxwell Moura; SOUZA FILHO, João Coelho de. Construção de um protótipo de rastreador solar para aplicação em sistemas fotovoltaicos conectados à rede. **Revista Sítio Novo**, Palmas, v. 1, p. 147-157, 2017. Disponível em: <https://sitionovo.ifto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/52>. Acesso em: 1 jul. 2025.

BORN, Larissa dos Santos; FERREIRA, Marcello; SILVA FILHO, Olavo L. A aplicação de conceitos físicos para alunos do último ano de um curso técnico em edificações, **Revista Physicae Organum**, Brasília, v. 05, n. 01, p. 45-58, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/physicae/article/download/23076/21240>. Acesso em: 26 dez. 2024.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/docman/abril-2018-pdf/85121-bncc-ensino-medio/file>. Acesso em: 03 nov. 2024.

CARNEIRO, Michele Maria Paulino; CAVALCANTE, Artur Araújo; SILVA, Fábio Martins; GUERRA, Marcelo Henrique Freitas Saraiva; SILVA, Brenno Ramy Teodósio da; ROMEU, Mairton Cavalcante; SALES, Gilvandenys Leite. Uma revisão sistemática sobre o ensino de eletrodinâmica, **Revista Research Society and Development**, São Paulo, v. 11, n. 10, p. 1-18, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/download/32622/27723/367812>. Acesso em: 30 dez. 2024.

CLEMENT, Luiz; TERRAZZAN, Eduardo Adolfo, NASCIMENTO, Tiago Belmonte. **Resolução de problemas no ensino de física baseado numa abordagem investigativa. In:** Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, IV, 2003, São Paulo. Disponível em: <https://fep.if.usp.br/~profis%20/arquivo/encontros/enpec/ivenpec/Arquivos/Orais/ORAL159.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2024.

COSTA, Raquel Lima Silva. Neurociência e aprendizagem, **Revista Brasileira de Educação**, São Paulo, v. 28, n. 08, p. 1-22, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/ZPmWbM6n7JN5vbfj8hfbyfK/>. Acesso em: 23 nov. 2024.

ELLWANGER, Anderson Luis; ROSSATO, Jussane; BORTOLUZZI, Valeria Iensen; FAGAN, Solange Binotto. Objetos de aprendizagem no ensino de tópicos de Eletrodinâmica, **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 12, n. 01, p. 1-8, 2014. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/49831/31690>. Acesso em: 27 out. 2024.

FERREIRA, Marco Paulo Maia. Conceções e práticas de ensino-aprendizagem: desenvolvimento de quatro dimensões com relevância teórica e empírica, **Revista Brasileira de Educação**, São Paulo, v. 28, n. 06, p. 1-22, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbedu/a/GtWkNRSTwXqdRNR7xtcPSqw/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 23 nov. 2023.

GAMELEIRA, Susie Taís; BIZERRA, Ayla Márcia Cordeiro. Identificação de conhecimentos prévios através de situações problemas, **Revista Educação Cultura e Sociedade**, Cuiabá, v. 09, n. 02, p. 130-147, 2019. Disponível em: <https://periodicos.unemat.br/index.php/recs/article/download/8490/6776/33156>. Acesso em: 23 nov. 2024.

GIBERT, Armando. **Origens Históricas da Física Moderna**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1982.

GOMES JR., Luiz Moreira; LIMA FERREIRA, Fernanda Carla; GOMES, Luiz Moreira. Electrodynamics: Um aplicativo em linguagem Visual Basic for Applications voltado para o ensino de Eletrodinâmica no ensino médio. **Revista Scientia Plena**, v. 18, n. 8, p. 1-17, 2022. Disponível em: <https://www.scientiaplenu.org.br/sp/article/view/6493>. Acesso em: 27 out. 2024.

HASTENREITER, Roberto Soares da Cruz; CAVALCANTI, Kaíza Martins; OLIVEIRA, José Sampaio; ALVES, Patrícia Santos; SILVEIRA, Raimundo Nonato. **Discussão a respeito da natureza da ciência em atividades experimentais: a materialidade das linhas de campo elétrico e das superfícies equipotenciais**. *In*: Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, X, Sevilla. Disponível em: <https://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/download/335897/426693>. Acesso em: 26 dez. 2024.

IRWIN, J. David. **Análise de Circuitos em Engenharia**. 4a Ed. São Paulo: PEARSON Makron Books, 2004.

LIBÂNEO, J. C. As teorias pedagógicas modernas revisitadas pelo debate contemporâneo na educação. *In*: LIBÂNEO, J. C.; SANTOS, A. (org). Educação na era do conhecimento em rede e transdisciplinaridade. Campinas: Alínea, 2005. p. 15-58. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/bitstream/123456789/52338/2/libaneo-teoriaspedagogicas-revisitadas.pdf>. Acesso em: 01 jul. 2025.

MENDES, Luis Otávio Rodrigues. O desenvolvimento da resolução de problemas tendo um game como ponto de partida para o ensino de matemática, **Revista ACTIO**, Curitiba, v. 08, n.

03, p. 1-18, 2023. Disponível em:

<https://periodicos.utfpr.edu.br/actio/article/viewFile/17590/9934>. Acesso em: 29 dez. 2024.

MILL, Daniel; RIBEIRO, Priscila Andreoni; VELOSO, Braian. Escrevendo jogos educacionais: uma revisão bibliográfica com abordagem instrucional alternativa, **Revista Conhecimento e Diversidade**, Niterói, v. 15, n. 36, p. 244-270, 2023. Disponível em: https://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/conhecimento_diversidade/article/view/9753/pdf. Acesso em: 30 dez. 2024.

MOREIRA, Marcos Antônio. Desafios no ensino da física, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 43, suppl. 1, p. 1-8, 2021. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/xpwKp5WfMJsfCRNFCxFhqLy/>. Acesso em: 25 nov. 2024.

NASCIMENTO, Camila Souza; UIBSON, José. **Uso de experimentos no ensino de Física: uma revisão sistemática da literatura**. In: Colóquio Internacional Educação e Contemporaneidade, I, 2021, Sergipe. Disponível em: <https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/16377/2/UseExperimentosEnsinoFisica.pdf>. Acesso em: 26 dez. 2024.

PALOMINO, Paula T.; NACKE, Lennart; ISOTANI, Seiji. Gamificação Narrativa para Engajamento e Personalização: Redefinindo a Experiência do Aprendizado Digital. In: Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web, I, 2023, São Paulo. Disponível em: https://sol.sbc.org.br/index.php/webmedia_estendido/article/view/25660. Acesso em: 29 dez. 2024.

PEREIRA, Nádia Vieira; OLIVEIRA, Tânia Inácio de; BOGHI, Cláudio; SCHIMIGUEL, Juliano; SHITSUKA, Dorlivete Moreira. História da física: uma proposta de ensino a partir da evolução de suas ideias, **Revista Research, Society and Development**, Itajubá, v. 4, n. 4, p. 251-269, 2017. Disponível em: <https://www.redalyc.org/journal/5606/560658998003/html/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

PONTES, Paulo Ricardo da Silva; VICTOR, Valcí Ferreira. Robótica educacional: uma abordagem prática no ensino de lógica de programação. **Revista Sítio Novo**, Palmas, v. 6, n. 1, p. 57-71, 2022. Disponível em: <https://sitionovo.iftto.edu.br/index.php/sitionovo/article/view/1074>. Acesso em: 1 jul. 2025.

RIHS, Arnon Roberto; DICKMAN, Adriana Gomes; LEITE, Cristina. Uma abordagem contextualizada da física no curso de engenharia ambiental e sanitária, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 44, n. 26, p. 1-10, 2022. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/74CPFZnpCHXJmFkSQhntdHt/>. Acesso em: 14 nov. 2024.

RODRIGUES, Rogério. A educação em ciências: o caso da formação escolar em engenharia, **Revista Ciências Humanas**, Taubaté, v. 11, n. 2, p. 121-136, 2018. Disponível em: <https://www.rchunitau.com.br/index.php/rch/article/view/444/0>. Acesso em: 14 nov. 2024.

RODRIGUES-MOURA, Sebastião. A constituição do ensino de Física como campo científico na e para a Educação Profissional: debates e inter-relações, **Revista Brasileira de Educação Profissional e Tecnológica**, Natal, v. 02, n. 23, p. 1-19, 2023. Disponível em: <https://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/RBEPT/article/view/16023>. Acesso em: 26 dez. 2024.

SANTOS, Edvania Augusto dos; SILVA, Sumária Souza; SILVA, Fernando Selleri. Atividades experimentais como estratégia didática para o ensino de pressão atmosférica e termodinâmica, **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, Vitória, v. 12, n. 01, p. 74-85, 2023. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/saladeaula/article/view/1870>. Acesso em : 26 dez. 2024.

SANTOS, João Alfaya; SIMÕES, Bruno dos Santos. Crenças sobre conceito de verdade: algumas contribuições para o aprendizado em ciências, **Revista Labore Ensino de Ciências**, Campo Grande, v. 01, n. 02, p. 16-33, 2016. Disponível em: https://periodicos.ufms.br/index.php/labore/article/view/3862/pdf_25. Acesso em: 29 nov. 2024.

SCHWARTZ, Cleonara Maria; BATISTA, Patrícia Veronesi. O fazer científico frente à perspectiva da não neutralidade, **Revista Teias**, São Paulo, v. 23, n. 68, p. 265-272, 2022. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/revistateias/article/download/56011/41474/231402>. Acesso em: 29 nov. 2024.

SENT, Edgar Luiz Del; VIEIRA, Nelinho de Jesus; VILLAR, Eduardo Guedes; WALTER, Silvana Anita; SILVA, Sidnei Celerino da. O reflexo da gamificação no engajamento de alunos de cursos de ciências contábeis, **Revista Contabilidade Vista & Revista**, Belo Horizonte, v. 34, n. 02, p. 77-100, 2023. Disponível em: <https://revistas.face.ufmg.br/index.php/contabilidadevistaerevista/article/view/7505/4052>. Acesso em: 29 dez. 2024.

SILVA, João Batista da; SALES, Gilvandenys Leite; CASTRO, Jucileide Braga de. Gamificação como estratégia de aprendizagem ativa no ensino de Física, **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 41, n. 04, p. 1-9, 2019. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/Tx3KQcf5G9PvcgQB4vswPbq/>. Acesso em: 29 dez. 2024.

SILVA, Sávio Oliveira da; COSTA, Heron Salazar. Gamificação no ensino de ciências: desafios, estratégias e experiências, **Revista Ciência em Tela**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 05, p. 1-13, 2023. Disponível em: <http://www.cienciaemtela.nutes.ufrrj.br/artigos/16pe2.pdf>. Acesso em: 30 dez. 2024.

SILVA JÚNIOR, Carlos Alberto Brito da; MIRANDA, Igor Ramon Sinimbú. Uma proposta de ensino de eletrodinâmica com o método peer instruction . **Revista do Professor de Física**, Brasília, v. 4, n. 2, p. 130–144, 2020. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/rpf/article/view/28230>. Acesso em: 27 out. 2024.

SIQUEIRA, Kleber Saldanha de. Física dos materiais semicondutores no ensino médio: possibilidades e desafios. **Revista Diversitas Journal**, Santana do Ipanema, v. 08, n. 02, p. 1125–1142, 2023d. Disponível em: https://diversitasjournal.com.br/diversitas_journal/article/view/2529. Acesso em: 27 out. 2024.

SIQUEIRA, Kleber Saldanha; Letramento científico e literacia no ensino da física para a inclusão tecnológica. **Revista Processando o Saber**, Praia Grande, v. 15, n. 01, p. 113-128, 2023b. Disponível em: <https://www.fatecpg.edu.br/revista/index.php/ps/article/view/299>. Acesso em: 26 nov. 2024.

SIQUEIRA, Kleber Saldanha de. Construção de um circuito de medição transistorizado para o ensino da física dos semicondutores no ensino médio. **Revista Eletrônica Debates em Educação Científica e Tecnológica**, Espírito Santo, v. 14, n. 01, p. 1-33, 2024b. Disponível em: <https://ojs.ifes.edu.br/index.php/dect/article/view/2656>. Acesso em: 20 out. 2024.

VYGOTSKI, Lev Semionovitch. **Pensamento e linguagem**. São Paulo: Editora Martins Fontes: 2005.

Agradecimentos

Expresso profundo agradecimento à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pelo apoio e incentivo financeiro sem os quais esta pesquisa não seria possível.

Informações complementares

Descrição		Declaração
Financiamento		Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL)
Aprovação ética		Não se aplica.
Conflito de interesses		Não há.
Disponibilidade dos dados de pesquisa subjacentes		O manuscrito não é um <i>preprint</i> , os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos neste artigo e já estão disponíveis.
CrediT	Kleber Saldanha de Siqueira	Funções: curadoria de dados, análise formal, aquisição de financiamento, investigação, metodologia, administração do projeto, programas, recursos, supervisão, validação, visualização, escrita – rascunho original, escrita revisão e edição.

Avaliadores: Dr. Erick Santana dos Santos (professor do Instituto Federal da Bahia). Os avaliadores “A” e “C” optaram pelo anonimato.*

*Revisora do texto em português: Alice Silveira da Silva**.*

*Revisora do texto em inglês: Alice Silveira da Silva**.*

*Revisora do texto em espanhol: Alice Silveira da Silva**.*

* Optou pela avaliação fechada e autorizou somente a divulgação da identidade como avaliador no trabalho publicado.

** Informado pelo autor com documento probatório anexado ao sistema.