


A CULTURA MAKER COMO ESTRATÉGIA DE TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA NO ENSINO DE ELETRICIDADE E MAGNETISMO: UMA REVISÃO TEMÁTICA ESTRUTURADA

THE MAKER CULTURE AS A STRATEGY FOR DIDACTIC TRANSFER IN THE TEACHING OF ELECTRICITY AND MAGNETISM: A STRUCTURED THEMATIC REVIEW

 <https://doi.org/10.63330/armv1n10-012>

Submetido em: 19/12/2025 e Publicado em: 22/12/2025

Kelly Sosa Mareca

Graduação

Instituto Federal de Rondônia – IFRO

E-mail: kellysosamareca@gmail.com

Leonardo Aguiar do Amaral

Doutor

Instituto Federal de Rondônia – IFRO

E-mail: leonardo.amaral@ifro.edu.br

Higor dos Santos Santana

Mestre

Instituto Federal de Rondônia – IFRO

E-mail: higor.santana@ifro.edu.br

RESUMO

O ensino de Eletricidade e Magnetismo (E&M) no Ensino Médio é marcado pela alta abstração conceitual, o que gera dificuldades persistentes na transposição do conhecimento teórico para a aplicação prática. Esta Revisão Temática Estruturada objetivou analisar como a adoção da Cultura Maker e metodologias ativas pode influenciar a formação de habilidades práticas e conceituais em E&M. A metodologia envolveu uma busca rigorosa em bases de dados científicas (como Portal de Periódicos da CAPES, Scopus, Web of Science, IEEE Xplore e Google Acadêmico), resultando na análise e síntese de um *corpus* de 23 artigos. Os achados indicam que a premissa central do estudo é validada: intervenções ativas (incluindo *Peer Instruction*, CBL, simulações interativas e Realidade Aumentada) demonstram melhoria na aquisição conceitual e no desenvolvimento do pensamento sistêmico e da competência para o "trabalho do conhecimento". A Cultura Maker estabelece um elo robusto entre teoria e prática, sendo uma estratégia eficaz para superar a abstração inerente ao tema. Contudo, a plena implementação dessa abordagem depende de investimentos na capacitação docente, que ainda demonstra insegurança no domínio conceitual de E&M. Sugere-se que pesquisas futuras explorem a eficácia dessas metodologias em contextos curriculares específicos.

Palavras-chave: Cultura Maker; STEM; Eletricidade e Magnetismo; Transposição Didática; Revisão Temática.

ABSTRACT

The teaching of Electricity and Magnetism (E&M) in secondary education is characterized by high conceptual abstraction, which leads to persistent difficulties in transposing theoretical knowledge into practical application. This Structured Thematic Review aimed to analyze how the adoption of Maker Culture and active methodologies can influence the formation of practical and conceptual skills in E&M.



The methodology involved a rigorous search in scientific databases (such as CAPES Journals Portal, Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, and Google Scholar), resulting in the analysis and synthesis of a corpus of 23 articles. The findings indicate that the central premise of the study is validated: active interventions (including Peer Instruction, CBL, interactive simulations, and Augmented Reality) demonstrate improvement in conceptual acquisition and the development of systemic thinking and "knowledge work" competence. Maker Culture establishes a robust link between theory and practice, proving to be an effective strategy for overcoming the inherent abstraction of the subject. However, the full implementation of this approach depends on investments in teacher training, as didactic insecurity regarding E&M conceptual mastery persists. Future research is suggested to explore the efficacy of these methodologies in specific curricular contexts.

Keywords: Maker Culture; STEM; Electricity and Magnetism; Didactic Transposition; Thematic Review.



1 INTRODUÇÃO

O domínio de Eletricidade e Magnetismo (E&M) no currículo de Física é amplamente reconhecido pela sua natureza intrinsecamente abstrata, o que se traduz em barreiras pedagógicas substanciais e dificuldades recorrentes na aquisição de conhecimento pelos estudantes. Essas dificuldades conceituais não apenas limitam a plena compreensão dos fenômenos, mas, de forma mais crítica, restringem a capacidade dos alunos de transferir e aplicar o conhecimento teórico em situações práticas ou contextuais do mundo real. Diante dessa persistente lacuna formativa no ensino de ciências exatas, e em resposta à crescente demanda por profissionais que possuam a capacidade de integrar ciência, tecnologia e engenharia, torna-se urgente e imperativa a adoção de metodologias que rompam com o paradigma passivo e expositivo da educação. Neste cenário, a Cultura Maker e as abordagens STEM (Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática) surgem como uma resposta pedagógica inovadora, capaz de revitalizar o aprendizado e focar na formação das competências essenciais para o século XXI.

A motivação desta investigação reside na análise aprofundada da necessidade de transicionar para um modelo de ensino que coloque o estudante no centro do processo, enfatizando a resolução de problemas complexos e o aprendizado prático. O objetivo central deste trabalho é analisar como a aplicação de ferramentas e o pensamento Maker podem influenciar positivamente a formação de habilidades práticas e conceituais em E&M para estudantes do ensino médio. O artigo se estrutura na premissa de que a incorporação dessas metodologias ativas no ensino de física potencializa a capacidade dos estudantes de empregar ativamente os conceitos teóricos, aplicando-os em construções e projetos concretos, o que culmina no reforço e na consolidação do domínio do aprendizado.

1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E CULTURA MAKER NO STEM

Para cumprir esse propósito e estabelecer o referencial teórico, a integração da Cultura Maker no contexto educativo emerge como uma metodologia fundamental que facilita a migração do aprendizado passivo para uma experiência mais ativa e construtiva (1). O movimento, antes restrito a espaços informais, agora é incorporado ao ensino, criando ambientes focados em projetos de engenharia, experimentação e aplicação concreta de princípios científicos (2). No domínio STEM, a filosofia Maker é vista como um veículo promissor para engajar os alunos ativamente na construção de protótipos e na solução de problemas, indo além da simples retenção de informações para promover uma vivência prática do conteúdo (2,3). A expansão dessa abordagem é crucial na formação de competências alinhadas às exigências do mercado de trabalho contemporâneo (1).

O rigor da pesquisa em ciências exatas impõe que, mesmo em campos altamente especializados como a física estatística e a teoria de redes, o foco seja a otimização de metodologias, como a redução da complexidade algorítmica para modelar sistemas complexos (4). Essa busca pela eficiência na compreensão



e modelagem de topologias avançadas, como as redes fractais, é um reflexo do rigor científico que a educação STEM deve incutir, transferindo a necessidade de precisão e a visão sistêmica para o aprendizado prático.

A essência da abordagem Maker concentra-se no desenvolvimento de um leque abrangente de competências que complementam e transcendem o domínio técnico. A experiência prática fomenta habilidades cruciais para o século XXI, como a capacidade de inovar, a resiliência no enfrentamento de falhas e o trabalho colaborativo eficiente entre os pares (5). Estudos bibliométricos confirmam a emergência e a formalização do tema, mapeando as tendências e o interesse crescente na avaliação de competências específicas do movimento, como a "Maker Competency Instrument" (MCI) (6). Adicionalmente, o uso de Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL), frequentemente estruturado sob o Processo de Design em Engenharia (PDE) na Cultura Maker, tem a capacidade comprovada de desenvolver o pensamento sistêmico e a aplicação construtiva do conhecimento (7,8). Essa dinâmica é crucial para a formação da competência de "trabalho do conhecimento", na qual o estudante é capaz de manipular e transformar conceitos teóricos em resultados e soluções tangíveis (8).

Em uma perspectiva de ecossistema, a implementação da Cultura Maker enfrenta o desafio da integração entre o aprendizado formal e informal, uma tensão que exige que o Makerspace seja mais do que um laboratório, mas um ambiente que equilibre as demandas curriculares com a exploração livre (9). A dificuldade em consolidar as abordagens STEM reside, em parte, na complexidade de integrar de forma eficaz o componente de Engenharia, o que é um foco de estudo em revisões bibliométricas sobre a área (10). A relevância dessa metodologia torna-se notória em currículos com dificuldades em conceitos abstratos. A urgência de integrar ferramentas que incentivem o aprendizado prático de conceitos complexos, como a eletricidade e o magnetismo, é corroborada por lacunas formativas em áreas tecnológicas e práticas. Por meio do processo de "fazer" (making), o estudante é posicionado para aplicar diretamente princípios teóricos em situações concretas, o que reforça a compreensão de conceitos que, em um modelo tradicional, tendem a permanecer puramente abstratos e desvinculados da realidade prática (3).

1.2 DESAFIOS E BARREIRAS NO ENSINO DE ELETRICIDADE E MAGNETISMO

Para que a intervenção Maker seja devidamente contextualizada, é imprescindível um diagnóstico do cenário de dificuldades que o referencial teórico se propõe a mitigar. A Eletricidade e o Magnetismo (E&M) representam, no currículo de Física, um conjunto de conteúdos que impõe desafios persistentes e bem documentados, afetando tanto o desempenho dos alunos quanto a prática pedagógica (11,12). A natureza imaterial dos fenômenos eletromagnéticos, que exige que o estudante construa mentalmente e manipule grandezas não observáveis diretamente, estabelece uma dificuldade inicial robusta na aquisição do entendimento conceitual (13). Esta barreira é ampliada pela necessidade de proficiência matemática. A



difficuldade de estudantes do ensino médio em transpor corretamente conceitos algébricos para modelar e solucionar problemas de Física é um fator que complica a aplicação efetiva das teorias de E&M (12).

A prevalência de abordagens que se limitam à mera transmissão ou à repetição de exercícios pré-definidos falham em estabelecer uma conexão entre os princípios teóricos e as suas aplicações tangíveis, mantendo os conceitos em um nível de abstração excessiva. Uma alternativa para mitigar essa desconexão é a integração da História da Ciência, que permite aos alunos replicar experimentos fundamentais do desenvolvimento de E&M, conferindo maior concretude ao aprendizado (14). Em paralelo, o foco deve se ampliar para o desenvolvimento de uma competência científica que encoraje o aluno a avaliar o conhecimento de forma crítica e não apenas passiva (15).

As dificuldades de implementação de inovações pedagógicas, como a Cultura Maker, confrontam desafios significativos no corpo docente. Evidências mostram que os professores enfrentam dificuldades em sua própria formação e demonstram apreensão em relação ao ensino de E&M. Há relatos que indicam a insegurança dos docentes em dominar conceitos de Eletricidade de Corrente Contínua (CC), combinada com a percepção de carência de tempo e recursos materiais para incorporar novas ferramentas pedagógicas e adaptar o planejamento curricular (11). Essa situação crítica evidencia a urgência de programas de capacitação que reforcem a segurança conceitual dos professores para a adoção eficaz das metodologias ativas.

2 METODOLOGIA

O presente estudo está estruturado no formato de uma Revisão Temática Estruturada, com o intuito de sintetizar a literatura sobre a influência da Cultura Maker no ensino de Eletricidade e Magnetismo. A clareza na construção da questão de pesquisa, seguindo a estrutura PICO (População, Intervenção, Comparação, Resultado), foi fundamental para a delimitação do escopo bibliográfico (16).

2.1 NATUREZA E TIPO DO ESTUDO

Este trabalho consiste em uma Revisão Temática Estruturada, caracterizada por uma busca organizada e uma síntese qualitativa da literatura que visa responder a uma questão de pesquisa bem definida. Para garantir a máxima transparência e a rastreabilidade do corpus analisado, foram adaptados os princípios de estruturação de protocolos de revisão, oferecendo um rigor metodológico intermediário entre uma revisão narrativa e uma sistemática (17).

2.2 ESTRATÉGIA DE BUSCA E FONTES DE DADOS

A estratégia de busca foi meticulosamente planejada para assegurar a representatividade do corpus e foi baseada nos termos descritores em Português e Inglês, incluindo "Ferramentas maker" OR "ensino de



eletricidade e magnetismo" e "Maker tools" OR "teaching electricity and magnetism", respectivamente. A pesquisa foi conduzida mediante o acesso a múltiplas bases de dados e repositórios de literatura científica, nomeadamente: Portal de Periódicos da CAPES, Google Acadêmico, Scopus, Web of Science e IEEE Xplore. As strings de pesquisa foram aplicadas de forma combinada nesses portais, utilizando operadores booleanos (AND, OR) para identificar e recuperar artigos empíricos e ensaios teóricos relacionados ao tema (17,18,16).

2.3 PROCESSAMENTO E ANÁLISE DO *CORPUS*

Os critérios de inclusão pré-estabelecidos exigiram que os artigos estivessem disponíveis em sua versão completa, fossem publicações científicas revisadas por pares e possuísem relação direta com a aplicação de metodologias ativas ou ferramentas maker no ensino de física ou STEM. Foram excluídos documentos incompletos, relatórios técnicos sem revisão ou duplicatas identificadas. O processo de seleção seguiu uma triagem inicial por títulos e resumos, culminando na leitura integral e na análise de 23 artigos que compuseram o corpus final da revisão.

O processamento do corpus de referências baseou-se na extração de dados e na categorização implícita dos documentos em eixos temáticos pré-definidos para guiar a síntese e a discussão. A caracterização do corpus, demonstrando o perfil metodológico das fontes analisadas, está detalhada na Tabela 1, enquanto a distribuição dos achados por foco temático é apresentada na Tabela 2.

Tabela 01: Caracterização do Corpus de Referências Analisado (N=23)

Categoria	Subcategoria	Número de Artigos (Frequência)	Referências
Tipo de Estudo	Empírico	19	(3,9,7,13,12,19,20,11,21,22,15,5,23,24,25,26,27,14)
	Teórico/Ensaio	5	(2,6,10,8,1)
Nível de Ensino	Médio	12	(9,13,12,19,20,11,15,5,24,25,27,14)
	Superior	11	(3,2,6,10,7,8,1,21,22,23,26)

Fonte da tabela: Elaboração Própria



Tabela 02: Caracterização do Corpus de Referências Analisado (N=23)

Eixo Temático	Frequência Absoluta	Frequência Relativa (%)	Referências
Fundamentação Maker-STEM	9	39,1	(2,9,6,10,8,1,15,5,14)
Impacto de Intervenções Ativas em E&M	8	34,8%	(3,19,20,21,22,23,24,26)
Desafios e Avaliação em E&M	6	26,1%	(13,12,11,25,27,6)

Fonte da tabela: Elaboração Própria

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 SÍNTESE E CONSOLIDAÇÃO DOS ACHADOS DA REVISÃO

Esta subseção é dedicada à apresentação objetiva dos achados da revisão, fornecendo o panorama empírico das intervenções ativas em Eletricidade e Magnetismo (E&M). A Tabela 2 (disposta no Capítulo 2) ilustra que os estudos sobre o impacto de tais intervenções representam 34,8% do corpus total de referências, indicando o foco da literatura na aplicação prática de metodologias.

A literatura consultada sugere que metodologias ativas e o uso de recursos Maker criam uma ligação robusta entre a teoria da Física e sua manifestação prática, o que consistentemente reforça o processo de aprendizagem em E&M (3). A eficácia dessas abordagens é documentada em diferentes níveis de ensino e por meio de diversas ferramentas. Em particular, a utilização de simulações interativas demonstrou ser um instrumento eficaz na indução da mudança conceitual em E&M, sendo a estratégia que envolve a "perturbação cognitiva" mais bem-sucedida na alteração de concepções prévias dos alunos (21). Similarmente, a incorporação da Realidade Aumentada (AR) no ensino de magnetismo foi associada a um aumento tangível na conquista acadêmica, paralelamente à elevação dos níveis de autoconfiança dos estudantes na matéria (19).

A inclusão de modelos de ensino como a sala de aula invertida (Flipped Classroom) também é verificada, com resultados que apontam para os benefícios do modelo em cursos introdutórios de Física, fomentando o engajamento e o aprendizado ativo (20).

Os resultados validam metodologias que priorizam a interação e a estruturação da resolução de problemas. A técnica de Peer Instruction (Instrução por Pares), quando aplicada ao ensino de E&M, demonstrou gerar um ganho mensurável tanto na aprendizagem conceitual quanto na capacidade de solucionar problemas (26). A pesquisa sobre o aprendizado conceitual em Física aponta para a importância da mudança de concepções e para a necessidade de estratégias de ensino que ataquem as ideias intuitivas prévias dos estudantes (27). Além disso, a Aprendizagem Baseada em Desafios (Challenge-Based Learning - CBL) apresentou resultados de desempenho superiores aos da Aprendizagem Baseada em Problemas



(PBL) tradicional em relatórios de desafio de cursos de Eletricidade e Magnetismo (22), com estudos de Design-Based Research confirmando a adequação de modelos CBL tecnologicamente ricos para E&M (25).

A performance dessas práticas, entretanto, está condicionada à sua concepção estrutural e nível de orientação. Estudos sobre a Aprendizagem por Inquérito (Inquiry-Based Learning - IBL) indicam que, apesar dos laboratórios virtuais e práticos serem comparavelmente eficazes na transmissão do conhecimento conceitual, o grau de orientação fornecido ao aluno é um fator crucial para o sucesso em Eletricidade (23), sendo que a aplicação do IBL demonstra resultados positivos no desenvolvimento da compreensão conceitual em E&M (24).

A inserção da filosofia Maker no currículo STEM, muitas vezes mediada pela Aprendizagem Baseada em Projetos (PBL), contribui para o desenvolvimento de um conjunto amplo de competências cognitivas e socioemocionais. A execução de projetos baseados no Processo de Design em Engenharia (PDE) desenvolve a capacidade de mobilizar o pensamento sistêmico nos estudantes (7). Além disso, as práticas ativas fortalecem a competência para o trabalho do conhecimento, que se evidencia na habilidade de aplicar a teoria em contextos práticos (8). A ênfase na experimentação e no *making* é associada ao desenvolvimento de habilidades de caráter, como a resiliência perante erros e a criatividade no design de soluções, consideradas indispensáveis para profissionais de engenharia no século XXI (5).

3.2 DISCUSSÃO: ANÁLISE E IMPLICAÇÕES

A partir da síntese factual, a análise do conhecimento compilado atesta que a adoção da Cultura Maker e das metodologias ativas no ensino de E&M é uma estratégia viável e robusta para a superação de deficiências formativas. A premissa central sobre a capacidade da prática Maker em consolidar a aplicação de conceitos teóricos está solidamente suportada pelas evidências, que indicam a melhoria na aquisição conceitual e na habilidade de resolver problemas em comparação com modelos passivos (26). O sucesso da abordagem reside na sua capacidade de fomentar um aprendizado engajador e na formação de uma competência científica mais completa (15,3).

Os resultados alcançados carregam implicações diretas para a formação de capital humano qualificado, com potencial de atuação em setores que demandam alta integração tecnológica. Ao cultivar o pensamento sistêmico e a aplicação prática do conhecimento (7,8), a Cultura Maker responde à necessidade premente de formar profissionais capazes de manejar conceitos de Física e Engenharia em sistemas tecnológicos avançados. O desenvolvimento de atributos como resiliência e criatividade, intrínsecos ao processo de design, prepara o estudante de maneira competitiva para os desafios futuros (5). Contudo, a plena efetivação dessa mudança depende criticamente da eliminação das barreiras pedagógicas identificadas no Capítulo 1. Os desafios relatados pelos professores, como a insegurança em seu domínio



conceitual em E&M e a escassez de recursos (11), exigem um investimento significativo em programas de capacitação docente para garantir a implementação das metodologias ativas com segurança e eficácia.

3.3 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

A Conclusão inequívoca desta Revisão Temática é que a aplicação da Cultura Maker demonstra ser um caminho efetivo e empiricamente validado para responder ao desafio de abstração inerente ao ensino de E&M e para desenvolver as competências multidisciplinares exigidas no século XXI. Esta conclusão é robusta, sendo sustentada pela consistência dos achados sobre a eficácia de diversas intervenções (incluindo AR, Simulações, CBL e Peer Instruction) (19,21,22,23).

Em termos de Sugestões para Pesquisas Futuras, o campo de estudo apresenta lacunas que precisam ser ativamente exploradas pela comunidade acadêmica. É fundamental que os próximos trabalhos se dediquem à análise do impacto da Cultura Maker em contextos curriculares específicos, uma vez que a maior parte da produção científica provém de realidades educacionais estrangeiras, o que limita a generalização dos resultados. A investigação sobre o equilíbrio ideal entre laboratórios virtuais e práticos, e o nível adequado de orientação para maximizar a aquisição de conhecimento conceitual, também se mostra necessária (23). Por fim, a persistência da dificuldade na transposição da álgebra para a resolução de problemas de Física em E&M (12) aponta para uma área carente de novas estratégias pedagógicas baseadas em projetos práticos. Este trabalho, ao consolidar o panorama das abordagens bem-sucedidas, oferece um alicerce para que as próximas pesquisas se concentrem na escalabilidade e operacionalização da Cultura Maker no Ensino Médio.



REFERÊNCIAS

- [1] YANG, H. et al. Maker Competency Instrument for Elementary and Secondary School Science. *Journal of Science Education and Technology*, v. 32, n. 4, p. 493–509, 1 ago. 2023.
- [2] WALAN, S.; GERICKE, N. Transferring makerspace activities to the classroom: a tension between two learning cultures. *International Journal of Technology and Design Education*, v. 33, n. 5, p. 1755–1772, 1 nov. 2023.
- [3] PEER, T.; KAPON, S. Instructional design and teaching that fosters meaningful engagement in disciplinary practice in a Maker project on projectile-motion. *Physics Education*, v. 60, n. 6, p. 065032, 17 out. 2025.
- [4] AMARAL, L. A.; BELICH, H. Kleinberg's Navigation in Fractal Small-World Networks by Dynamic Rejection Sampling. *Brazilian Journal of Physics* 2021 51:6, v. 51, n. 6, p. 1858–1866, 9 out. 2021.
- [5] ARAUJO, A. S. et al. Analysis of Soft Skills in Electrical Engineering Through the Use of Paradidactic Materials. *Proceedings of 2025 34th Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering, EAEEIE 2025*, 2025.
- [6] GODHE, A.-L.; LILJA, P.; SELWYN, N. Making sense of making: critical issues in the integration of maker education into schools. *Technology, Pedagogy and Education*, v. 28, n. 3, p. 317–328, 27 maio 2019.
- [7] ABDURRAHMAN, A. et al. Impacts of integrating engineering design process into STEM makerspace on renewable energy unit to foster students' system thinking skills. *Heliyon*, v. 9, n. 4, p. e15100, 1 abr. 2023.
- [8] ILOMÄKI, L.; VASILEVA, T.; STEFANOVA, S. Promoting knowledge practices in upper secondary schools: case studies from Finland and Bulgaria. *Research Papers in Education*, v. 35, n. 1, p. 43–63, 2 jan. 2020.
- [9] HSU, Y.-C.; BALDWIN, S.; CHING, Y.-H. Learning through Making and Maker Education. *TechTrends*, v. 61, n. 6, p. 589–594, 9 nov. 2017.
- [10] NIVALAINEN, V. et al. Preservice and Inservice Teachers' Challenges in the Planning of Practical Work in Physics. *Journal of Science Teacher Education*, v. 21, n. 4, p. 393–409, 15 jun. 2010.
- [11] GUNSTONE, R.; MULHALL, P.; MCKITTRICK, B. Physics teachers' perceptions of the difficulty of teaching electricity. *Research in Science Education*, v. 39, n. 4, p. 515–538, 2009.
- [12] TURŞUCU, S.; SPANDAW, J.; DE VRIES, M. J. Search for Symbol Sense Behavior: Students in Upper Secondary Education Solving Algebraic Physics Problems. *Research in Science Education*, v. 50, n. 5, p. 2131–2157, 17 out. 2020.
- [13] SERMEUS, J.; DE COCK, M.; ELEN, J. Critical thinking in electricity and magnetism: assessing and stimulating secondary school students. *International Journal of Science Education*, v. 43, n. 16, p. 2597–2617, 2021.



- [14] BINNIE, A. Using the History of Electricity and Magnetism to Enhance Teaching. *Science & Education*, v. 10, n. 4, p. 379–389, jul. 2001.
- [15] NGUYEN, Q. L. et al. Developing students' scientific competence through the STSE model: an active learning intervention. *Discover Education*, v. 4, n. 1, p. 363, 26 set. 2025.
- [16] RETHLEFSEN, M. L. et al. PRISMA-S: an extension to the PRISMA Statement for Reporting Literature Searches in Systematic Reviews. *Systematic Reviews*, v. 10, n. 1, p. 1–19, 26 jan. 2021.
- [17] KRAUS, S. et al. Literature reviews as independent studies: guidelines for academic practice. *Review of Managerial Science*, v. 16, n. 8, p. 2577–2595, 1 nov. 2022.
- [18] BAUMEISTER, R. F.; LEARY, M. R. Writing narrative literature reviews. *Review of General Psychology*, v. 1, n. 3, p. 311–320, 1 set. 1997.
- [19] ABDUSSELAM, M. S.; KARAL, H. The effect of using augmented reality and sensing technology to teach magnetism in high school physics. *Technology, Pedagogy and Education*, v. 29, n. 4, p. 407–424, 7 ago. 2020.
- [20] ŠORGO, A. et al. Opinions about STEM content and classroom experiences as predictors of upper secondary school students' career aspirations to become researchers or teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 55, n. 10, p. 1448–1468, 1 dez. 2018.
- [21] DEGA, B. G.; KRIEK, J.; MOGESE, T. F. Students' conceptual change in electricity and magnetism using simulations: A comparison of cognitive perturbation and cognitive conflict. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 50, n. 6, p. 677–698, ago. 2013.
- [22] ROBLEDO-RELLA, V. et al. Challenge-based learning during the pandemic for engineering courses based on competencies. 2022 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). *Anais...IEEE*, 8 out. 2022.
- [23] KAPICI, H. O.; AKCAY, H.; CAKIR, H. Investigating the effects of different levels of guidance in inquiry-based hands-on and virtual science laboratories. *International Journal of Science Education*, v. 44, n. 2, p. 324–345, 22 jan. 2022.
- [24] HUANG, H. et al. Enquiry-based learning designed for transient response of dynamic circuits in electric circuits course. *International Journal of Electrical Engineering and Education*, v. 53, n. 2, p. 137–144, 1 abr. 2016.
- [25] POWELL, N. J. et al. Four case studies of adapting enquiry-based learning (EBL) in electrical and electronic engineering. *International Journal of Electrical Engineering and Education*, v. 45, n. 2, p. 121–130, 2008.
- [26] GOK, T. The impact of peer instruction on college students' beliefs about physics and conceptual understanding of electricity and magnetism. *International Journal of Science and Mathematics Education*, v. 10, n. 2, p. 417–436, abr. 2012.
- [27] BUNTING, C. F.; CHEVILLE, R. A. VECTOR: A Hands-On Approach That Makes Electromagnetics Relevant to Students. *IEEE Transactions on Education*, v. 52, n. 3, p. 350–359, ago. 2009.