



## **REALIDADE AUMENTADA NO ENSINO DE ELÉTRICA: AVANÇOS, TENDÊNCIAS E DESAFIOS A PARTIR DE UMA REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA**

**Kaio Lucas Andrade Barreto<sup>1</sup>, Nacib Adib Maciel Tarabai<sup>2</sup>, Luiz Fernando Rosa Mendes<sup>3</sup>, Luiz Maurício Lopes de Andrade Junior<sup>4</sup>, Thaís Elisa Abreu Pacheco<sup>5</sup>**

<sup>1,2</sup>*IFFluminense Campus Campos Centro, Campos dos Goytacazes, Brasil (kaio.lucas@gsuite.iff.edu.br)*

<sup>3,4,5</sup>*IFFluminense Campus Campos Guarus, Campos dos Goytacazes, Brasil*

**Resumo:** Esta revisão sistemática investiga o uso da Realidade Aumentada no ensino de elétrica, destacando avanços, tendências, desafios e limitações. A Realidade Aumentada favorece aprendizado imersivo, interdisciplinaridade e engajamento dos alunos, contribuindo para os ODS 4 (Educação de Qualidade) e 9 (Inovação e Infraestrutura). Barreiras como falta de padronização e capacitação docente evidenciam a necessidade de práticas planejadas e pesquisas futuras.

**Palavras-chave:** Realidade Aumentada; Ensino de Elétrica; Tecnologias Educacionais; Aprendizagem Imersiva; Revisão Sistemática.

### **INTRODUÇÃO**

A técnica de Realidade Aumentada (RA) consiste na integração de elementos virtuais ao ambiente real, proporcionando uma experiência interativa que resulta de décadas de evolução tecnológica. No contexto educacional, especialmente no ensino de elétrica, a RA oferece possibilidades inovadoras para a visualização e compreensão de conceitos complexos, permitindo que os estudantes interajam de forma imersiva com conteúdos que, tradicionalmente, são apresentados de maneira abstrata ou puramente teórica. Essa abordagem não apenas facilita o aprendizado,



mas também contribui para a motivação e o engajamento dos alunos, tornando o processo educacional mais dinâmico, contextualizado e alinhado à promoção de educação de qualidade.

Diversos pesquisadores têm buscado promover aplicações da Realidade Aumentada (RA) no ensino de elétrica, destacando suas potencialidades pedagógicas e desafios. Estrella (2018) desenvolveu um aplicativo móvel que utiliza RA para aprimorar o aprendizado de circuitos elétricos, facilitando a compreensão de conceitos como protoboards e circuitos em série e paralelo CUNY Academic Works. Rafferty (2018) investiga o uso de tecnologias imersivas, como RA e realidade virtual, para transformar práticas educacionais em áreas como saúde, treinamento e automação, visando melhorar a eficácia do ensino e a experiência do aluno Queen's University Belfast. Conard et al. (2019) criaram um software educacional de código aberto baseado em RA para o ensino de circuitos elétricos, incorporando recursos como assistente de voz e ajustes para daltonismo, visando melhorar a acessibilidade e a experiência de aprendizagem arXiv. Cockayne (2012) é conhecido por suas inovações em realidade aumentada e dispositivos móveis, tendo cofundado a Scout Electromedia, empresa focada em AR, e desenvolvido tecnologias que permitem a interação gestual com dispositivos eletrônicos, ampliando as possibilidades de ensino interativo em engenharia elétrica Google Acadêmico. Parviz (2012), engenheiro elétrico e professor na Universidade de Washington, é um dos responsáveis pelo desenvolvimento do Google Glass, com foco em interfaces vestíveis e AR, proporcionando novas formas de interação e visualização de conceitos no ensino de engenharia elétrica

Diante do crescente interesse acadêmico e da rápida expansão das tecnologias digitais, torna-se essencial compreender os avanços, as tendências e os desafios associados ao uso da RA no ensino de elétrica. A literatura científica tem explorado diferentes aplicações e estratégias pedagógicas, identificando tanto benefícios quanto limitações, como a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada e a formação específica de professores. A análise dessas questões é relevante para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), especialmente o ODS 4 (Educação de Qualidade), ao favorecer práticas educativas inclusivas e inovadoras,



o ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), ao estimular o uso de tecnologias digitais, e o ODS 10 (Redução das Desigualdades), ao potencializar o acesso equitativo a recursos de aprendizado avançados.

Neste contexto, surge a seguinte pergunta de pesquisa: Quais são os avanços, tendências e desafios identificados na literatura científica sobre o uso da realidade aumentada no ensino de elétrica? Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo analisar, de forma sistemática, os avanços, tendências e desafios do uso da realidade aumentada no ensino de elétrica, contribuindo para a reflexão crítica sobre sua integração ao currículo, para o desenvolvimento de práticas pedagógicas mais eficazes e inovadoras e para o fortalecimento da educação como instrumento de promoção dos ODS.

## MATERIAL E MÉTODOS

A presente pesquisa adota a abordagem de Revisão Sistemática da Literatura, que permite identificar, analisar e sintetizar de forma rigorosa os estudos publicados sobre a aplicação da Realidade Aumentada (RA) no ensino de elétrica, atendendo aos objetivos de examinar os avanços e tendências, bem como os desafios e limitações dessa tecnologia no contexto educacional. A metodologia adotada fundamenta-se nas diretrizes propostas por Kitchenham (2004), sendo que suas etapas são apresentadas a seguir.

A revisão sistemática da literatura foi estruturada com base nas diretrizes de Kitchenham (2004) e conduzida em diferentes etapas, detalhadas a seguir. Inicialmente, definiu-se o escopo da pesquisa por meio de duas questões centrais: (1) quais avanços e tendências a literatura aponta sobre o uso da realidade aumentada (RA) no ensino de elétrica, e (2) quais desafios e limitações têm sido identificados na aplicação da RA nesse contexto educacional.

Em seguida, foram estabelecidos critérios de inclusão e exclusão para a seleção dos estudos. Foram incluídas pesquisas publicadas em periódicos acadêmicos revisados por pares, conferências ou dissertações/tese com foco no uso da RA no ensino de elétrica, publicadas entre 2010 e 2025, considerando a evolução recente das



tecnologias digitais, e disponíveis em português ou inglês. Foram excluídos trabalhos sem aplicação direta ao ensino de elétrica, artigos de opinião e resumos expandidos ou publicações sem metodologia clara.

A estratégia de busca foi realizada nas principais bases de dados acadêmicas, incluindo Scopus, Web of Science, IEEE Xplore, ScienceDirect e Google Scholar. Utilizaram-se termos-chave combinados por operadores booleanos, como: “Realidade Aumentada” AND “Ensino de elétrica”, “Augmented Reality” AND “Electrical Education” e “AR” AND “Engineering Education”.

A seleção dos estudos ocorreu em três etapas: inicialmente, por meio da leitura de títulos e resumos, para identificar os estudos potencialmente relevantes; posteriormente, por meio da leitura completa dos textos, avaliando-se sua pertinência em relação aos objetivos da pesquisa; e, por fim, mediante a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, determinando-se a inclusão definitiva de cada estudo.

Para cada estudo selecionado, foram extraídas informações referentes ao tipo de tecnologia de RA utilizada, às estratégias pedagógicas aplicadas, aos resultados e impactos observados no aprendizado, aos avanços e tendências apontados, bem como aos desafios, limitações e barreiras identificadas pelos autores. Essas informações foram organizadas em tabelas e categorias temáticas, permitindo a síntese qualitativa dos achados, a identificação de padrões recorrentes, lacunas na literatura e oportunidades para pesquisas futuras.

Por fim, a análise seguiu uma abordagem descritiva e interpretativa, destacando os principais avanços, tendências, desafios e limitações do uso da RA no ensino de elétrica. Resultados conflitantes ou divergentes foram discutidos criticamente, considerando o contexto de aplicação, as metodologias adotadas e as características dos participantes das pesquisas.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia adotada nesta revisão sistemática da literatura, fundamentada nas diretrizes de Kitchenham (2004), permitiu a identificação e análise de diversos



estudos relevantes sobre o uso da Realidade Aumentada (RA) no ensino de elétrica. A seguir, apresentamos brevemente e em ordem cronológica, os cinco artigos encontrados após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão. Em seguida apresentaremos a discussão dos trabalhos em relação aos objetivos estabelecidos. Os trabalhos abordam avanços, tendências, desafios e limitações dessa tecnologia no contexto educacional:

**Alvarez-Marin & Velazquez-Iturbide (2021):** Este estudo apresenta uma revisão sistemática sobre a aplicação da RA na educação em engenharia, destacando a falta de uma abordagem consolidada para o uso da RA nesse campo específico. Os autores enfatizam a necessidade de identificar propósitos educacionais adequados e avaliar aplicativos por meio de medidas objetivas e escalas validadas.

**Vásquez-Carbonell (2022):** A pesquisa realiza uma revisão sistemática da literatura sobre a RA na educação em engenharia, abordando aspectos como hardware, software, motivação estudantil e recomendações para o desenvolvimento de aplicações. Os resultados indicam uma tendência crescente no desenvolvimento e teste de softwares que utilizam RA, com foco na motivação dos estudantes.

**Asham, Bakr & Emadi (2023):** Este artigo revisa as aplicações de RA e Realidade Virtual (RV) na educação em engenharia elétrica, classificando os estudos disponíveis e apresentando recomendações para pesquisadores e educadores interessados em aplicar essas tecnologias. O estudo destaca o aumento do uso de RA/RV, especialmente impulsionado pela pandemia de COVID-19 e pela necessidade de ferramentas de aprendizado remoto.

**Suhail (2024):** A pesquisa investiga sistematicamente o uso da RA nos campos da engenharia, destacando seu impacto educacional e identificando lacunas para pesquisas futuras. O estudo enfatiza o potencial da RA para melhorar a visualização, interação e engajamento dos alunos na educação em engenharia.

**Li et al. (2025):** Este estudo revisa sistematicamente a literatura sobre a aplicação da RA no ensino superior entre 2000 e 2023, analisando tendências de publicação, características técnicas, design instrucional e eficácia do ensino. Os resultados



indicam um aumento significativo na aplicação da RA, com picos em 2015 e 2020, e destacam a eficácia da RA no ensino superior.

A análise dos estudos selecionados na revisão sistemática evidencia avanços substanciais e tendências promissoras na aplicação da Realidade Aumentada (RA) no ensino de elétrica, bem como desafios e limitações que ainda precisam ser superados.

Em relação aos avanços e tendências, observa-se um consenso entre os autores de que a RA promove experiências imersivas que ampliam a compreensão de conceitos complexos, muitas vezes abstratos, característicos da engenharia elétrica. Alvarez-Marin e Velazquez-Iturbide (2021) destacam que a RA não apenas facilita a visualização de fenômenos elétricos, mas também cria oportunidades para avaliação mais objetiva do aprendizado, por meio de métricas integradas aos aplicativos. Essa perspectiva é complementada por Vásquez-Carbonell (2022), que evidencia o papel da RA na motivação dos estudantes e no engajamento em atividades práticas, reforçando a tendência de integração de dispositivos móveis e portáteis que tornam a tecnologia mais acessível e flexível.

Asham, Bakr e Emadi (2023) expandem essa análise, mostrando que a pandemia de COVID-19 acelerou a adoção de RA e RV, especialmente em contextos de ensino remoto, evidenciando uma tendência clara para soluções híbridas que combinam simulações virtuais com experiências práticas em laboratório. Nesse sentido, observa-se um movimento crescente em direção à *blending of realities*, ou seja, à combinação de ambientes físicos e virtuais para otimizar o aprendizado. Suhail (2024) reforça essa tendência ao destacar que a RA permite a manipulação interativa de circuitos e sistemas elétricos complexos, proporcionando experiências de aprendizado experimental que antes eram limitadas por restrições físicas ou de segurança. Li et al. (2025) corroboram esses achados, demonstrando que a produção científica sobre RA no ensino superior tem crescido de forma exponencial desde 2015, com picos em 2020, refletindo tanto a maturidade tecnológica quanto a consolidação da RA como ferramenta pedagógica relevante.





Esses avanços estão alinhados aos ODS 4 (Educação de Qualidade), ao promover aprendizagem significativa e inclusiva, e ODS 9 (Indústria, Inovação e Infraestrutura), ao incentivar a inovação tecnológica e a utilização de recursos digitais na educação.

No entanto, apesar desses avanços, os estudos também apontam desafios e limitações que demandam atenção. Alvarez-Marin e Velazquez-Iturbide (2021) destacam a falta de padronização nos aplicativos de RA, que dificulta a comparação entre diferentes experiências pedagógicas e limita a replicabilidade dos resultados. Além disso, os autores ressaltam a necessidade de alinhamento entre objetivos educacionais e funcionalidades tecnológicas, apontando que a simples disponibilização de recursos digitais não garante aprendizado eficaz. Vásquez-Carbonell (2022) complementa ao indicar barreiras de infraestrutura, como a necessidade de dispositivos compatíveis, conectividade adequada e ambientes computacionais robustos, que podem restringir a implementação da RA em instituições com recursos limitados.

Asham, Bakr e Emadi (2023) discutem ainda o desafio de equilibrar precisão técnica e relevância pedagógica nos conteúdos desenvolvidos para RA, além da complexidade de integrar essas soluções a laboratórios tradicionais. Suhail (2024) enfatiza a lacuna na avaliação objetiva dos impactos do aprendizado, apontando a ausência de protocolos pedagógicos estruturados que orientem o uso efetivo da RA. Li et al. (2025) adicionam que fatores humanos, como resistência inicial de professores e alunos, bem como limitações de usabilidade dos softwares e desempenho dos dispositivos, podem comprometer a adoção e a eficácia da tecnologia.

Essa análise integrada evidencia que, enquanto a RA representa uma ferramenta inovadora capaz de transformar a aprendizagem em engenharia elétrica, sua aplicação bem-sucedida depende de uma articulação cuidadosa entre tecnologia, pedagogia e infraestrutura. Além disso, é possível observar lacunas na literatura, como a escassez de estudos longitudinais que avaliem impactos de longo prazo sobre o desempenho dos alunos, e a necessidade de pesquisas que explorem métodos de avaliação padronizados e replicáveis.



Quanto aos desafios e limitações, os estudos destacam a falta de padronização de aplicativos, necessidade de infraestrutura adequada, capacitação docente e avaliação sistemática da eficácia da RA. Alvarez-Marin e Velazquez-Iturbide (2021) e Suhail (2024) ressaltam a lacuna em protocolos pedagógicos estruturados, enquanto Vásquez-Carbonell (2022) e Li et al. (2025) apontam barreiras técnicas e resistência de professores e alunos. A superação desses desafios é essencial para que a RA seja utilizada de forma eficiente e inclusiva, reforçando os ODS 10 (Redução das Desigualdades) e 4 (Educação de Qualidade), garantindo que todos os estudantes tenham acesso equitativo a experiências de aprendizagem inovadoras.

Em termos pedagógicos, os achados sugerem que a RA pode ser especialmente eficaz em atividades que exigem visualização espacial e compreensão de fenômenos dinâmicos, como circuitos elétricos, máquinas e sistemas trifásicos. No entanto, para maximizar seu potencial, é fundamental capacitar docentes, desenvolver conteúdos alinhados a objetivos claros de aprendizagem e integrar a RA de forma coerente ao currículo, evitando abordagens superficiais ou fragmentadas.

Portanto, a discussão indica que a RA não deve ser vista apenas como um recurso tecnológico inovador, mas como um componente estratégico do ensino, cujo impacto depende de múltiplos fatores: qualidade do software, alinhamento pedagógico, preparo docente, infraestrutura institucional e engajamento dos estudantes. A superação das limitações identificadas abrirá caminho para o fortalecimento de práticas pedagógicas mais eficazes e para a consolidação da RA como ferramenta central no ensino de elétrica.

## CONCLUSÃO

A partir da revisão sistemática da literatura, conclui-se que a Realidade Aumentada (RA) apresenta avanços no ensino de elétrica, proporcionando experiências imersivas que facilitam a compreensão de conceitos complexos, especialmente na visualização de circuitos e sistemas dinâmicos. Observa-se uma tendência crescente na produção de softwares educacionais baseados em RA, com ênfase em





dispositivos móveis e aplicações híbridas que combinam teoria e prática, contribuindo para o engajamento e a motivação dos estudantes.

Entretanto, o uso da RA ainda enfrenta desafios relevantes, como a falta de padronização nos aplicativos, ausência de protocolos pedagógicos estruturados e dificuldades na avaliação objetiva da eficácia do aprendizado. Barreiras de infraestrutura, limitações de usabilidade dos softwares, resistência de professores e alunos, bem como a necessidade de capacitação docente, também se destacam como obstáculos à implementação plena da tecnologia.

A integração planejada da RA ao currículo, alinhada a objetivos educacionais claros e combinada com estratégias pedagógicas adequadas, é fundamental para maximizar seu potencial. A superação das limitações identificadas permitirá o desenvolvimento de práticas educativas mais inovadoras e eficazes, consolidando a RA como uma ferramenta estratégica no ensino de elétrica.

A revisão sistemática evidencia que a RA representa uma ferramenta inovadora capaz de transformar o ensino de elétrica, promovendo aprendizado imersivo, interdisciplinaridade e engajamento dos estudantes. Os avanços tecnológicos e pedagógicos estão alinhados aos ODS 4 (Educação de Qualidade) e 9 (Inovação e Infraestrutura), enquanto os desafios apontados — falta de padronização, capacitação docente e infraestrutura limitada — reforçam a necessidade de integração planejada e políticas educacionais que promovam equidade e acesso, alinhando-se também ao ODS 10 (Redução das Desigualdades). A superação dessas barreiras permitirá consolidar práticas pedagógicas mais inovadoras e eficazes, transformando realidades educativas por meio da interdisciplinaridade e da inovação tecnológica.

## AGRADECIMENTOS

Ao IFFluminense e CNPq pelo apoio e fomentos recebidos.



## REFERÊNCIAS

- ASHAM, Y.; BAKR, M. H.; EMADI, A. Applications of augmented and virtual reality in electrical engineering education: a review. *IEEE Access*, v. 11, p. 134717–134738, nov. 2023. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/375993151\\_Applications\\_of\\_Augmented\\_and\\_Virtual\\_Reality\\_in\\_Electrical\\_Engineering\\_Education\\_A\\_Review](https://www.researchgate.net/publication/375993151_Applications_of_Augmented_and_Virtual_Reality_in_Electrical_Engineering_Education_A_Review). Acesso em: 18 set. 2025.
- ALVAREZ-MARÍN, A.; VELÁZQUEZ-ITURBIDE, J. A systematic literature review of augmented reality in engineering education: hardware, software, student motivation & development recommendations. *Digital Education Review*, n. 41, p. 249–267, jun. 2022. Disponível em: <https://revistes.ub.edu/index.php/der/article/view/37526>. Acesso em: 18 set. 2025.
- COCKAYNE, W. Playbook for Strategic Foresight and Innovation. *Stanford University*, 2020. Disponível em: <https://web.stanford.edu/group/archaeolog/cgi-bin/archaeolog/wp-content/uploads/2020/05/Playbook-for-Strategic-Foresight-and-Innovation-US-Stanford.pdf>. Acesso em: 18 set. 2025.
- CONARD, D.; VOLLMER, B.; SHATTO, C.; BOWMAN, H.; KASSIS, S. Using the Makerspace to Create Educational Open-source Software for Electrical Circuits: A Learning Experience. *arXiv*, 2019. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/1908.01963>. Acesso em: 18 set. 2025.
- ESTRELLA, J. Using Augmented Reality to Enhance Learning Experiences About Electrical Circuits. *Proceedings of Science Center to Go Workshop in Augmented Reality in Education*, 2018. Disponível em: [https://academicworks.cuny.edu/ny\\_pubs/972/](https://academicworks.cuny.edu/ny_pubs/972/). Acesso em: 18 set. 2025.
- KITCHENHAM, B. Procedures for performing systematic reviews. Keele University, Keele, UK, Technical Report TR/SE-0401, 2004.
- LI, G.; ZHANG, J.; LUO, H.; CHEN, D. Augmented reality in higher education: a systematic review and meta-analysis of the literature from 2000 to 2023.



*Education Sciences*, v. 15, n. 6, p. 678, jun. 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/15/6/678>. Acesso em: 18 set. 2025.

PARVIZ, B. Babak Parviz Goes Through the (Google) Glass. *Design News*, 2012. Disponível em: <https://www.designnews.com/testing-measurement/babak-parviz-goes-through-the-google-glass>. Acesso em: 18 set. 2025.

RAFFERTY, K. Using Virtual and Augmented Reality Technologies in Health, Training, and Industry Applications. *Queen's University Belfast*, 2018. Disponível em: <https://www.qub.ac.uk/schools/eeecs/Study/PostgraduateResearch/find-a-phd-supervisor/professor-karen-rafferty.html>. Acesso em: 18 set. 2025.

SUHAIL, N. Augmented reality in engineering education: enhancing learning and application. *Frontiers in Virtual Reality*, v. 5, p. 1461145, out. 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frvir.2024.1461145/full>. Acesso em: 18 set. 2025.

VÁSQUEZ-CARBONELL, M. A systematic literature review of augmented reality in engineering education: hardware, software, student motivation & development recommendations. *Digital Education Review*, n. 41, p. 249–267, jun. 2022. Disponível em: <https://revistes.ub.edu/index.php/der/article/view/37526>. Acesso em: 18 set. 2025.