

# REVISTA TECNOLOGIA EDUCACIONAL



Associação Brasileira de  
Tecnologia Educacional

---

Ano LIV - nº 247 - Out./Dez. 2025 | ISSN: 0102-5503

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18061603>





**Associação Brasileira de  
Tecnologia Educacional**

*Desde 1971*

## **ASSOCIE-SE À ABT**

Associação Brasileira de Tecnologia Educacional e participe da maior comunidade brasileira de especialistas de tecnologia de informação e comunicação educacional

### **INFORMAÇÕES**

(21) 97170 2513

[contato@abt-br.org.br](mailto:contato@abt-br.org.br)

[abt-rte@abt-br.org.br](mailto:abt-rte@abt-br.org.br)

A ABT é uma entidade não-governamental, de caráter técnico-científico e sem fins lucrativos. Seu objetivo é “impulsionar, no país, os esforços comuns e a aproximação mútua para o desenvolvimento qualitativo e quantitativo da Tecnologia Educacional, em favor da promoção humana e da coletividade”.

#### **Conselho de Dirigentes**

João Roberto Moreira Alves – Presidente  
Julio Cesar da Silva – Vice-Presidente  
Mary Sue Carvalho Pereira – Vice-Presidente  
Themis Aline Calcavecchia dos Santos – Vice-Presidente  
Daniel Pinheiro Hernandez – Vice-Presidente

#### **Diretoria Executiva**

Christiane Itabaiana Martins Romêo – Diretora de Relações Internacionais  
Daniel Pinheiro Hernandez – Diretor de Inovações  
Helena Lúcia Elias Riboli – Diretora de Relações Institucionais  
Julio Cesar da Silva – Diretor Jurídico  
Koffi Djima Amouzou – Diretor de Relações Empresariais  
Mary Sue Carvalho Pereira – Diretora de Relações Governamentais  
Monica Miranda de Mattos Paulo – Diretora de Comunicação  
Rita de Cássia Borges de Magalhães Amaral – Diretora de Cursos e Eventos  
Themis Aline Calcavecchia dos Santos – Diretora de Publicações Científicas  
Vicente Willians Nascimento Nunes – Diretor de Pesquisas

#### **Conselho Consultivo**

Christiane Itabaiana Martins Romêo  
Delmo Ernesto Morani  
Edson de Oliveira Nunes  
Fátima Bayma de Oliveira  
Helena Lúcia Elias Riboli  
Ivonio Barros Nunes  
João Batista Araújo e Oliveira  
Leonardo Viana da Silva e Souza  
Marco Flávio de Alencar

#### **Conselho Fiscal**

Koffi Djima Amouzou  
Isaias Loureiro Tavares  
Jamara Cardoso Neves Braz

#### **Conselho Técnico**

Arceloni Neusa Volpato  
Andrea Cristina Versuti  
Cristiano Natal Tonéis  
Deyverson Luener de Oliveira Ferreira  
Diego Marcos Moreira  
Diogo Pereira Bezerra  
Eduardo Abel Coral  
Esther Hermes Lück  
Fábio Correia de Rezende  
Flávia Chaves Valentim Rodrigues  
Joana Correia Goulart  
Juarez Bento da Silva  
Ketia Kellen Araújo da Silva  
Marcia Taborda Correa Oliveira  
Sabrina Lima dos Santos  
Samuel dos Santos Junio  
Vera Lúcia Prudência dos Santos Caminha

#### **Representações Estaduais**

Alagoas – Lígia Bitencourt Oliveira  
Bahia – Aline Mossette  
Maranhão – Sannyia Fernanda Nunes Rodrigues  
Paraná – Leandro Henrique Magalhães  
Rio Grande do Norte – Apuena Vieira Gomes  
São Paulo – Renata Kelly da Silva  
Sergipe – Ronaldo Nunes Linhares  
Tocantins – Mariza Martins Botelho

#### **Conselho Científico**

Alexandre Meneses Chagas  
Carolina Cardoso Machado  
Daniel Pinheiro Hernandez  
Danielle Almeida Moreira Candelária Martins  
Daniele Braga Brasil  
Hermelina das Graças Pastor Romiszowski  
João Augusto Mattar Neto  
Katia Cristian Puente Muniz  
Koffi Djima Amouzou  
Lígia Silva Leite  
Lucia Martins Barbosa  
Luiza Alves Ferreira Portes  
Marcos Antonio Silva  
Maria Cristina Marcelino Bento  
Mary Sue Carvalho Pereira  
Monica Miranda de Mattos Paulo  
Renato Miguel de Moraes  
Rita de Cássia Borges de Magalhães Amaral  
Ronaldo Nunes Linhares  
Stephan Arthur Solomon Hughes  
Themis Aline Calcavecchia dos Santos  
Vicente Willians Nascimento Nunes

#### **Conselho Editorial da Revista Tecnologia Educacional**

Alexandre Meneses Chagas  
Aurora Cuevas Serveró  
João Augusto Mattar Neto  
Koffi Djima Amouzou  
Lúcia Martins Barbosa  
Luiza Alves Ferreira Portes  
Maria João Loureiro  
Mary Sue Carvalho Pereira  
Monica Miranda de Mattos Paulo.  
Patrícia Olga Guerrero  
Ronaldo Nunes Linhares  
Themis Aline Calcavecchia dos Santos

#### **Arte e Diagramação**

Alexandre Meneses Chagas  
Background vector created by starline -  
[www.freepik.com](http://www.freepik.com)

#### **EXPEDIENTE:**

#### **REVISTA TECNOLOGIA EDUCACIONAL**

Revista da Associação Brasileira de Tecnologia Educacional – ABT

Editora responsável:  
Themis Aline Calcavecchia dos Santos

**Editoração:** Alexandre Meneses Chagas

**Redação e Assinaturas:** Rua Washington Luis, 9 –  
Sala 804 Centro - Rio de Janeiro-RJ - CEP: 20230-900  
Tel.: (21) 2551-9242

E-mail: [abt-rte@abt-br.org.br](mailto:abt-rte@abt-br.org.br)

Site: [www.abt-br.org.br](http://www.abt-br.org.br)

#### **REVISTA TECNOLOGIA EDUCACIONAL**

ISSN: 0102-5503 - Ano LIV – 247  
DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18061603>

Outubro / Dezembro – 2025

Revista da Associação Brasileira de Tecnologia Educacional

Publicação Trimestral

1 - Tecnologia Educacional - Periódico

2 - Associação Brasileira de Tecnologia Educacional

## SUMÁRIO

**Avaliação da sustentabilidade de reações orgânicas por meio de ferramentas computacionais .....8-24**

Adriano Lopes Romero

**Docência em (trans)formação: metodologias ativas e alfabetização tecnológica na era digital .....25-34**

Márcio Silveira Nascimento; Éber José dos Santos; Aline Santos Mossette

**Utilização de aplicativos de histologia para dispositivos móveis como ferramenta pedagógica na graduação em medicina .....35-45**

Isabela Barroso Assuf; Lucas Carraro Serra Gomes da Silva; Dionne da Encarnação Lorena; Marina Santiago de Mello Souza

**Mal-estar docente na sociedade digital acelerada: autocuidado ativo e educação humanizada .....46-59**

Katia Cristian Puente Muniz

**A robótica de baixo custo como catalisador do desenvolvimento cognitivo no ensino de eletromagnetismo: da teoria de Hertz à inovação local .....60-73**

Michel Albuquerque da Cunha; Maicon Maciel Ferreira de Araújo; Fabrício Moraes de Almeida

---

## APRESENTAÇÃO

Prezados leitores,

Estamos publicando a edição 247 da Revista Tecnologia Educacional e concluindo nosso ano de 2025. Temos mantido nosso compromisso com a ciência, com a geração de conhecimento e com o acesso a este conhecimento pela sociedade.

Durante o ano, nossos associados contribuíram de maneira significativa para o debate de assuntos relevantes, tanto no meio acadêmico quanto na sociedade em geral, e esta edição não foge à regra.

Foram conduzidos estudos significativos e seus resultados estão disponíveis nos artigos apresentados pelos pesquisadores. Neste contexto, oferecemos uma breve visão geral do conteúdo desta edição.

Adriano Lopes Romero, no artigo intitulado “Avaliação da sustentabilidade de reações orgânicas por meio de ferramentas computacionais”, descreve uma pesquisa-ação que emprega ferramentas computacionais, realizada junto aos alunos da disciplina de Química Orgânica dos cursos de Licenciatura em Química e Engenharia Química de uma universidade federal. Com base em uma abordagem fundamentada nos princípios da Química Verde, foram analisados os trabalhos elaborados pelos estudantes ao longo de quatro semestres. Estes trabalhos utilizaram uma variedade de ferramentas computacionais, como “planilhas eletrônicas, plataformas de busca de informações científicas e tecnológicas na área de Química (como o SciFinder) e sites de empresas que comercializam reagentes químicos”. Foi possível concluir que os alunos entenderam as discussões sobre Química Verde e aplicaram “seus princípios orientadores na avaliação da sustentabilidade de diferentes metodologias sintéticas para a produção de substâncias-alvo”. Este é um estudo essencial que destaca a importância de incluir a disciplina de Química Verde no currículo do ensino superior para formar profissionais conscientes e críticos, aptos a entender e enfrentar os desafios ambientais e sociais atuais.

O artigo "Docência em (trans)formação: metodologias ativas e alfabetização tecnológica na era digital", escrito por Márcio Silveira Nascimento, Éber José dos Santos e Aline Santos Mossette, expõe os resultados de uma pesquisa qualitativa realizada com professores de Educação Básica que participam de um curso de formação continuada para o uso pedagógico da tecnologia. O objetivo é entender de que maneira as metodologias ativas de aprendizagem "potencializam a alfabetização tecnológica e fomentam a (trans)formação docente em uma cultura digital crítica". Os autores enfatizam a importância de conduzir pesquisas desse tipo com um número maior de participantes, mas isso não diminui os resultados que mostram que a integração das metodologias ativas e da alfabetização

tecnológica promove “práticas pedagógicas mais criativas, críticas e participativas, em que o professor assume o papel de mediador e autor de processos formativos mediados por tecnologias.”

O terceiro artigo, intitulado "Utilização de aplicativos de Histologia para dispositivos móveis como ferramenta pedagógica na graduação em Medicina", apresenta os resultados alcançados com a pesquisa conduzida pelas pesquisadoras Marina Santiago de Mello Souza e Dionne da Encarnação Lorena, juntamente com os alunos de Iniciação Científica Isabela Barroso Assuf e Lucas Carraro Serra Gomes da Silva. O objetivo da pesquisa foi identificar os aplicativos de Histologia como ferramenta pedagógica, a serem usados em "exercícios em aula, reforço do conteúdo prático; desafios em grupo; 'quizzes' e atividades extraclasse". Os autores enfatizam que é imprescindível ter acuidade com o planejamento pedagógico para a utilização desses aplicativos, visando desenvolver estratégias de aprendizagem ativas que incentivem o engajamento e a fixação do conteúdo. Segundo os autores, a incorporação dessas ferramentas pedagógicas tecnológicas transforma a aprendizagem, “tornando-a mais dinâmica e relevante ao modo de pensar dos nativos digitais, assegurando o domínio da morfofisiologia e outros conhecimentos das ciências da vida aplicados à prática médica.”

O uso de tecnologia em sala de aula, apesar de trazer benefícios ao processo de ensino-aprendizagem, não pode ser elevado a uma prática que desqualifique e/ou reduza a relevância do docente neste processo. Há alertas no sentido de interferências nocivas na saúde dos professores.

Neste contexto, a pesquisadora Katia Cristian Puente Muniz, em seu artigo intitulado “Mal-estar docente na sociedade digital acelerada: autocuidado ativo e Educação humanizada”, destaca que, somados às condições de trabalho precárias, “desvalorização social e alta incidência de adoecimento mental entre professores da educação básica e superior”, fatores como a “sociedade digital acelerada, caracterizada pela expansão da educação a distância e pelo uso intensivo de plataformas tecnológicas”, que ampliam “tanto o acesso quanto a sobrecarga, a hiperconectividade, a vigilância algorítmica sobre o desempenho docente” e a “diluição dos limites entre vida pessoal e profissional” contribuem para o agravamento da saúde dos docentes.

Por meio de uma pesquisa qualitativa, empregando “análise documental e bibliográfica de estudos recentes, relatórios institucionais, censos educacionais e normativas trabalhistas, como a NR-1, que reconhece os fatores psicossociais na saúde ocupacional”, a autora propõe o conceito de Autocuidado Ativo. Para embasar este conceito, a autora recorreu a referências baseadas na "psicanálise, sociologia clínica e epistemologias decoloniais e afrocentradas". Em vez de focar em soluções individualizadas para as questões de saúde do docente, como tratamentos medicamentosos, é fundamental entender que se trata de um

"fenômeno coletivo, relacional e institucional". Isso requer espaços para diálogo, escuta e supervisão que permitam processar "simbolicamente as tensões da docência", tornando a Educação mais humanizada.

No artigo intitulado "A robótica de baixo custo como catalisador do desenvolvimento cognitivo no ensino de eletromagnetismo: da Teoria de Hertz à inovação local", os pesquisadores Michel Albuquerque da Cunha, Maicon Maciel Ferreira de Araújo e Fabrício Moraes De Almeida abordam a precariedade do ensino de Física nos níveis iniciais, evidenciada pela escassez de professores, ambientes inadequados e pela insistência em métodos ultrapassados que priorizam a memorização de informações. Eles apresentam os resultados de um estudo em que se integraram as Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC's) e a Robótica Educacional.

Ao replicar o experimento de Hertz, foi conduzido um estudo prático focado na criação de um protótipo funcional utilizando materiais acessíveis e sustentáveis, incluindo resíduos eletrônicos, o que demonstra aspectos inovadores. Além de oferecer uma solução para a crise no ensino de Física no Brasil, que se manifesta pela escassez de professores, condições de trabalho precárias e uso de uma metodologia de ensino baseada na memorização, o resultado moderniza o processo de ensino-aprendizagem ao estimular a participação ativa dos alunos, a criatividade, o raciocínio lógico e o trabalho em equipe. Além disso, a robótica educacional, ao empregar materiais reciclados e lixo eletrônico na criação de protótipos, estimula a reciclagem e reduz o descarte, que é um dos principais problemas ambientais.

Nesta edição de encerramento do ano, a RTE apresenta trabalhos significativos que conectam o uso da tecnologia à melhoria não apenas do ensino e aprendizagem, mas também da qualidade de vida. Isso está em conformidade com a Constituição Federal, que estabelece que: "Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações."

Esperamos que todos tenham uma ótima leitura!

Boas Festas e um Ano Novo repleto de conquistas!

**Themis Aline Calcavecchia dos Santos**  
Diretora de Publicações Científicas da ABT

# AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE REAÇÕES ORGÂNICAS POR MEIO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS

Adriano Lopes Romero <sup>1</sup>

## **Resumo:**

A literatura especializada tem destacado a necessidade de superar desafios tradicionais no ensino de Química e responder às crescentes demandas por uma formação profissional comprometida com a sustentabilidade. Nesse contexto, este trabalho tem como objetivo relatar uma experiência pedagógica desenvolvida ao longo de quatro semestres com estudantes dos cursos de Licenciatura em Química e Engenharia Química de uma universidade federal, durante a ministração de disciplinas de Química Orgânica nas modalidades teórica e experimental. A partir de uma abordagem de pesquisa-ação, analisou-se a dinâmica de trabalho em pequenos grupos, na qual os estudantes responderam à seguinte questão orientadora: Qual das duas metodologias é mais sustentável para sintetizar a substância-alvo? Para tanto, com o apoio de diferentes ferramentas computacionais, os alunos estruturaram a pesquisa em quatro etapas: (i) definição da substância-alvo; (ii) seleção de duas metodologias sintéticas; (iii) avaliação da sustentabilidade das metodologias selecionadas; e (iv) produção de um relatório no formato de artigo científico. A análise dos relatórios produzidos revelou que os estudantes compreenderam os fundamentos da Química Verde e souberam aplicar seus princípios na avaliação crítica de diferentes metodologias sintéticas, demonstrando domínio sobre os critérios ambientais, econômicos e sociais envolvidos na síntese química sustentável.

**Palavras-chave:** Química Verde. Química Orgânica. Metodologias sintéticas.

## **1. Introdução**

Desde a década de 1970, professores universitários têm sido desafiados a modificar o processo de ensino e aprendizagem da Química (Venkatachalam; Rudolph, 1974; Kalsi, 1976; Wilson, 1986). Nesse sentido, destaca-se a necessidade de um currículo centrado no laboratório (Moore, 1989), capaz de promover o desenvolvimento de competências de pensamento crítico, criativo e complexo (Pickering, 1985; Barrow, 1991; Ege; Coppola; Lawton, 1997; Coppola; Ege; Lawton, 1997). Entre as subáreas da Química, as disciplinas experimentais de Química

---

<sup>1</sup> Doutor em Educação em Ciências e Educação Matemática pela UNIOESTE. Docente dos Programas de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica da UTFPR e em Educação em Ciências e Educação Matemática da UNIOESTE. Contato: [adrianoromero@utfpr.edu.br](mailto:adrianoromero@utfpr.edu.br). <http://lattes.cnpq.br/9305249774964216>.

Orgânica têm recebido críticas justificáveis. Para alguns autores, tais como Browne e Blackburn (1999) e Pickering (1999), é o processo de abstração que tem sido gravemente negligenciado, observando-se que muitos laboratórios se degradaram em meras atividades mecânicas. Assim, o que realmente importa para os estudantes não é a repetição de habilidades manuais, mas sim a prática do modo de pensar característico dos químicos orgânicos (Browne; Blackburn, 1999).

Apesar dos avanços obtidos, muitos dos desafios identificados no século XX ainda persistem e se somam às novas demandas impostas pela transformação da Química tradicional em direção a uma abordagem paradigmática fundamentada nos princípios da Química Verde (Timmer *et al.*, 2018; Valderrama *et al.*, 2023). Nesse contexto, a Química Verde emerge como um pilar da Química moderna, centrada na sustentabilidade ambiental e social. Estudos recentes, como o de Valderrama *et al.* (2023), indicam que síntese verde, catálise, sustentabilidade, currículo e formação acadêmica de alto nível constituem tendências predominantes nas pesquisas dessa área.

Timmer *et al.* (2018) descrevem a integração de conceitos de Química Verde em disciplinas de Química Orgânica no Ensino Superior. Nesse contexto, os estudantes foram solicitados a avaliar criticamente diferentes variações de um experimento de condensação de Pechmann com base nos doze princípios da Química Verde. Segundo os autores, essa abordagem promoveu um aumento significativo na familiaridade dos alunos com os temas Química Verde e sustentabilidade. Além disso, observou-se melhoria substancial na capacidade crítica dos estudantes de discutir e analisar parâmetros associados à Química Verde, refletindo também na valorização desses conteúdos para suas futuras trajetórias profissionais.

Em outro estudo, Liu *et al.* (2023) relataram a aplicação da aprendizagem baseada em projetos - abordagem amplamente difundida nos laboratórios de Química Orgânica - em uma experiência com estudantes universitários. A atividade integrou síntese orgânica, eletroquímica e princípios da Química Verde, envolvendo três etapas principais: revisão bibliográfica, execução de procedimentos experimentais e redação de um ensaio técnico.

Os estudos apresentados evidenciam preocupações relacionadas à reformulação de disciplinas experimentais de Química Orgânica, tanto para superar desafios tradicionais quanto para atender a novas demandas formativas. Essas inovações buscam alinhar o ensino a uma abordagem paradigmática fundamentada nos princípios da Química Verde, visando promover práticas mais sustentáveis e reflexivas no contexto educacional. Com o intuito de contribuir para superar os desafios apresentados, este trabalho relata uma experiência desenvolvida em diferentes semestres com estudantes dos cursos de Licenciatura em Química e Engenharia Química de uma universidade federal, durante disciplinas de Química Orgânica, nas modalidades teórica e experimental.

Com o objetivo de organizar o conteúdo de forma clara e sistemática, este artigo está estruturado em cinco seções. Após esta introdução, são discutidos alguns aspectos teórico-conceituais da Química Verde. Na terceira seção, são descritos os

aspectos metodológicos adotados na pesquisa. A quarta seção apresenta os resultados obtidos e a discussão, com destaque para as contribuições e limitações observadas durante o processo de ensino e aprendizagem envolvendo a avaliação da sustentabilidade de reações orgânicas por meio de ferramentas computacionais. Por fim, são apresentadas as considerações finais, que sintetizam as reflexões e implicações decorrentes da análise realizada.

## 2. Referencial teórico

A Química Verde, também conhecida como química sustentável, surge como uma área de pesquisa inovadora e interdisciplinar com o objetivo de promover a sustentabilidade no desenvolvimento e na aplicação de processos químicos. Seu papel é fundamental na busca por soluções que minimizem impactos ambientais e sociais decorrentes da atividade científica. Para tanto, são necessários avanços contínuos em métricas de avaliação, ferramentas computacionais e abordagens pedagógicas que integrem os princípios da sustentabilidade à prática química (Derbenev *et al.*, 2022; Mansour *et al.*, 2024).

Um dos desafios centrais da Química Verde é estabelecer métricas eficazes para avaliar a sustentabilidade dos processos químicos. Alguns experiências reportadas na literatura com esse intuito são apresentadas a seguir, Andraos e Sayed (2007), por exemplo, propuseram uma abordagem baseada na eficiência completa do uso da massa reacional (RME - *Reaction Mass Efficiency*) e no custo das matérias-primas (RMC - *Raw Material Cost*), implementada por meio de planilhas eletrônicas intuitivas. Essa metodologia possibilita a visualização imediata do desempenho material de reações experimentais, permitindo identificar parâmetros críticos para otimização, tais como rendimento, economia atômica, fator estequiométrico e recuperação de materiais. A aplicação dessa ferramenta em diversos tipos de reações orgânicas evidencia tendências claras de melhoria na eficiência material.

Outro exemplo interessante é apresentado por Ribeiro, Costa e Machado (2010), que utilizam o Índice da Área Estrela Verde (*Green Star Area Index – GSAI*), determinado a dos 12 princípios da Química Verde (Quadro 1), para avaliar de forma global a "verdura" das reações químicas utilizadas em laboratórios didáticos. Seu objetivo é auxiliar na escolha das reações mais adequadas para a implementação da Química Verde e identificar modificações apropriadas nos protocolos reacionais com o fim de melhorar a sustentabilidade dos processos químicos.

Quadro 1: Considerações acerca dos 12 princípios da Química Verde.

Princípio	Considerações acerca do princípio
P1 - Prevenção	Esse princípio considera que a prevenção da geração de resíduos é mais favorável para os seres humanos e para o meio ambiente, além de, no fim das contas, ser mais econômico do que tratar e destruir os resíduos após seu surgimento.
P2 - Economia atômica	Esse princípio está relacionado ao princípio da prevenção de resíduos, uma vez que exige que todas as matérias-primas empregadas na produção sejam utilizadas de maneira otimizada ou integradas ao produto final, com o objetivo de reduzir ao máximo a geração de resíduos. Isso significa que

	a síntese química deve ser projetada de modo que o produto final maximize o aproveitamento das matérias-primas ou que se desenvolvam produtos sintéticos cujo processo de síntese incorpore integralmente todos os materiais utilizados na formação do produto final.
P3 - Sínteses menos perigosas	Esse princípio considera que, sempre que possível, os métodos sintéticos devem ser projetados para utilizar e gerar substâncias com baixa ou nenhuma toxicidade para a saúde humana e o meio ambiente. A maioria das sínteses químicas ocorrem em múltiplas etapas e emprega reagentes que apresentam algum grau de toxicidade. Embora o produto final não contenha essas substâncias, existe o risco de contaminação durante o processo, sendo o redesenho desses processos uma tarefa central da Química Verde.
P4 - Desenvolvimento de produtos químicos mais seguros	Esse princípio preconiza que os produtos químicos sejam concebidos de maneira a reduzir sua toxicidade sem comprometer sua eficácia. O objetivo de produzir substâncias seguras (não carcinogênicas, não mutagênicas, não neurotóxicas) consiste em encontrar um equilíbrio entre o desempenho ótimo e a funcionalidade do produto químico, assegurando que a toxicidade e o risco sejam reduzidos ao nível mais baixo possível. Em outras palavras, o uso de substâncias tóxicas deve ser evitado e substituído por alternativas mais benignas sempre que possível, levando-se em consideração, contudo, sua eficácia.
P5 - Solventes e outras substâncias auxiliares mais seguras	Esse princípio considera que, o processo de síntese seja reduzido ao máximo e, sempre que possível, evite o uso de substâncias químicas auxiliares (por exemplo, solventes, agentes de separação etc.). Quando seu uso for inevitável, essas substâncias devem ser inofensivas. De acordo com os princípios da Química Verde, a escolha de substitutos adequados para solventes orgânicos baseia-se nos seguintes critérios: segurança do trabalhador, segurança do processo, segurança ambiental e sustentabilidade do processo.
P6 - Planificação para conseguir eficácia energética	Esse princípio considera que, as demandas energéticas dos processos químicos devem ser reconhecidas em termos de seus impactos ambientais e econômicos e devem ser minimizadas. Sempre que possível, os métodos sintéticos devem ser realizados à temperatura e pressão ambientes.
P7 - Uso de matérias primas renováveis	Esse princípio considera que, uma matéria-prima ou fonte de alimentação deve ser renovável, em vez de esgotável, sempre que tecnicamente e economicamente viável. Por exemplo, é mais conveniente utilizar matérias-primas renováveis do que uma variedade de materiais plásticos, para depois descartar os resíduos gerados. Esse princípio também implica o uso de tecnologias de energia renovável, tais como energia solar, eólica, hídrica, proveniente de biomassa e biocombustíveis.
P8 - Redução de derivatizações	Esse princípio considera que, a derivação desnecessária (uso de grupos bloqueadores, proteção/desproteção, modificação temporária de processos físico-químicos) deve ser minimizada ou evitada, sempre que possível, pois tais etapas requerem reagentes adicionais e podem gerar resíduos. Além disso, sempre que possível, devem-se utilizar processos biológicos na síntese de compostos, com o objetivo de evitar a produção de substâncias para as quais existam enzimas capazes de degradá-las.
P9 - Catalisadores	Esse princípio considera que, reagentes catalíticos (tão seletivos quanto possível) são superiores aos reagentes estequiométricos. Com o objetivo de proteger o meio ambiente, o princípio da catálise promove o uso de catalisadores biodegradáveis, os quais implicam menor consumo energético, evitam o uso de compostos organoclorados e reduzem o consumo de água ou a geração de efluentes.
P10 - Planificação para a degradação	Esse princípio considera que, os produtos químicos devem ser projetados de forma que, ao final de sua função, se decomponham em produtos de degradação inócuos e não permaneçam persistentes no meio ambiente.
P11 - Análise em tempo real para a prevenção de poluição	Esse princípio demanda o aprimoramento contínuo das metodologias analíticas, de modo a viabilizar o monitoramento em tempo real dos processos de produção química com o objetivo de evitar a formação de

	substâncias perigosas. Isso implica a necessidade de monitorar constantemente todas as etapas do processo produtivo, o que permitiria identificar e corrigir falhas potencialmente responsáveis pela geração de substâncias nocivas ao meio ambiente e à saúde humana.
P12 - Química inerentemente mais segura quanto à prevenção de acidentes	O requisito básico desse princípio consiste em reduzir o uso de substâncias nos processos químicos que possam causar efeitos adversos, como explosões, incêndios ou a liberação de vapores nocivos. Um exemplo atual é o aumento crescente do uso de dióxido de carbono supercrítico como substituto de solventes orgânicos. Diferentemente dos solventes orgânicos tradicionais, o dióxido de carbono supercrítico não é tóxico nem explosivo, apresentando-se como uma alternativa ambientalmente adequada.

Fonte: Produzido a partir de Ivanković *et al.* (2017).

Segundo Mansour *et al.* (2024), o Índice da Área Estrela Verde tem sido amplamente utilizado, embora apresente limitações quanto à delimitação clara entre práticas verdes e não verdes, bem como na consideração do contexto específico de aplicação dos 12 princípios da Química Verde. Visando superar essas limitações, Mansour *et al.* (2024) propuseram uma versão modificada do índice, denominada *Modified Green Star Area* (MoGSA), que permite aos usuários aplicar seletivamente os princípios mais relevantes ao processo analisado, conferindo maior flexibilidade e precisão à avaliação. Estudos de caso demonstram a utilidade do MoGSA na análise comparativa de rotas sintéticas, especialmente na redução estereosseletiva catalítica da acetofenona, contribuindo significativamente para práticas químicas sustentáveis no ensino e na indústria (Mansour *et al.*, 2024).

Ali, Harris e Lalonde (2020) defendem que a Química Verde deve ir além da mera redução de resíduos e subprodutos, integrando perspectivas de justiça social e direitos humanos fundamentais, como o acesso a ar e água limpos. Os autores apresentam como exemplo o desastre de Bhopal, em 1984, que ilustra as consequências devastadoras de processos químicos mal geridos, particularmente em comunidades economicamente vulneráveis. Segundo os referidos autores, a exposição prolongada à isocianato de metila resultou em milhares de mortes e sequelas irreversíveis, enfatizando a necessidade de uma abordagem sistêmica na análise dos impactos químicos.

Apesar do reconhecimento crescente da importância da Química Verde, seu ensino ainda enfrenta desafios significativos na educação superior. Beckwith *et al.* (2005) destacaram que poucos estudantes recebem, durante sua formação científica, reflexões sobre o impacto social da Ciência e a responsabilidade ética associada ao trabalho químico. Esse cenário persistiu por anos, sendo reiterado por Thompson *et al.* (2014), que ressaltaram a ausência de discussões críticas sobre o contexto societário da pesquisa e a falta de engajamento com questões de equidade e justiça social no currículo tradicional de Química Orgânica.

Marcelino *et al.* (2023) realizaram uma revisão sistemática de 284 artigos publicados no *Journal of Chemical Education* até 2019, identificando 143 trabalhos com propostas pedagógicas voltadas à incorporação da Química Verde no ensino. Essas experiências foram categorizadas em sete grupos: sujeitos da aprendizagem, currículo, conteúdos integradores, contexto, outros ambientes educacionais, uso de

materiais instrucionais e comparação entre Química Verde e Tradicional. Embora a maioria das propostas concentre-se nos sujeitos da aprendizagem e em conteúdos integradores, muitas permanecem ocasionais e pouco avaliadas, representando um desafio metodológico para sua consolidação curricular.

No contexto educacional, Graham *et al.* (2014) propuseram um projeto laboratorial para a disciplina de Química Orgânica centrado na autonomia dos estudantes para propor modificações ambientalmente responsáveis em protocolos experimentais. Os alunos executam uma reação original e uma versão modificada, culminando em um relatório comparativo que reflete sobre os benefícios da abordagem verde. Essa estratégia, segundo os autores, promove o desenvolvimento de competências essenciais à pesquisa científica, como localizar, reproduzir e adaptar procedimentos descritos na literatura especializada.

Grieger e Leontyev (2021) descreveram um projeto pedagógico envolvendo a elaboração de infográficos sobre temas relacionados à Química Verde, estruturado em oito fases progressivas e realizado em ambiente remoto. O uso de tecnologias educacionais potencializou o aprendizado e a troca de *feedback* entre pares. Resultados indicaram ganhos cognitivos significativos, com os estudantes expressando satisfação com a experiência e interesse por atividades semelhantes futuras.

As tecnologias de síntese orgânica assistida por micro-ondas (*Microwave-Assisted Organic Synthesis - MAOS*) têm se mostrado promissoras no contexto da Química Verde. Desde o final da década de 1990, essa abordagem tem sido utilizada para aumentar significativamente a velocidade das reações (de 100 a 1000 vezes mais rápidas), melhorar os rendimentos e a pureza dos produtos, além de reduzir o consumo energético. Linkwitz *et al.* (2022) discutiram a possibilidade de integrar essa tecnologia ao ensino médio, propondo experimentos que incentivem a reflexão crítica sobre suas vantagens ambientais e operacionais.

Por outro lado, o advento de softwares de retrosíntese baseados em inteligência artificial oferece novas oportunidades para a tomada de decisão informada na escolha de rotas sintéticas mais sustentáveis. Derbenev *et al.* (2022) destacam o potencial dessas ferramentas para auxiliar químicos na seleção de processos com menor impacto ambiental, superando barreiras impostas por limitações de usabilidade ou custo de cadernos de laboratório eletrônicos.

A partir dos trabalhos apresentados nesta seção observa-se que, a Química Verde representa uma fronteira essencial para a evolução da Química rumo à sustentabilidade e à responsabilidade socioambiental. A integração de métricas robustas, como o MoGSA e o RME/RMC, com ferramentas computacionais e estratégias pedagógicas inovadoras, constitui um caminho promissor para a formação de profissionais conscientes e comprometidos com os desafios globais contemporâneos. No entanto, persistem lacunas na inclusão de temas como justiça social e pensamento sistêmico nos currículos acadêmicos, exigindo esforços contínuos de reformulação e implementação de abordagens interdisciplinares. Somente com uma educação química integral e crítica será possível garantir que as

próximas gerações de cientistas contribuam verdadeiramente para um futuro mais justo e sustentável (Mammino, 2022; Day *et al.*, 2024;).

### 3. Metodologia

A pesquisa que resultou no presente artigo caracteriza-se como uma pesquisa-ação, modalidade metodológica amplamente reconhecida por integrar a prática profissional e a investigação científica, especialmente no campo da Educação (Somekh, 2008; Thiollent, 2022). Embora muitas vezes descrita sob diferentes denominações, essa modalidade de pesquisa caracteriza-se por ser conduzida por profissionais que utilizam seu próprio ambiente de trabalho - como a sala de aula, a escola ou a comunidade - como objeto de estudo, com o objetivo de compreender, transformar e melhorar a realidade em que estão inseridos. Esse tipo de investigação está centrado em questões que emergem diretamente da experiência vivida pelos docentes e do cotidiano escolar, expressando-se por meio da linguagem própria da prática pedagógica. Nesse sentido, a pesquisa docente revela-se como uma prática reflexiva e crítica, capaz de articular teoria e ação no espaço educativo. Assim, a pesquisa-ação configura-se como um instrumento metodológico essencial para a formação contínua do professor e para o desenvolvimento de práticas educativas inovadoras e contextualizadas. Ao assumir o papel de pesquisador de sua própria prática, o educador amplia sua capacidade de análise, intervenção e transformação do contexto escolar, promovendo melhorias significativas no processo de ensino e aprendizagem (Somekh, 2008; Diniz-Pereira; Zeichner, 2012).

Trata-se de uma pesquisa realizada no âmbito da prática docente do autor deste artigo, desenvolvida durante a ministração das disciplinas de Química Orgânica Teórica 2 (2024/1) e Química Orgânica Experimental (nos períodos de 2022/2, 2023/1 e 2024/1), ofertadas aos cursos de Licenciatura em Química e Engenharia Química de uma universidade federal. Em cada um dos períodos letivos mencionados, os estudantes foram orientados quanto aos 12 princípios da Química Verde, ao uso de uma planilha eletrônica para determinação do grau de "verdura" de duas possíveis reações químicas para a síntese de substâncias orgânicas (disponível em: [http://educa.fc.up.pt/catalogo/en/construcao\\_ev](http://educa.fc.up.pt/catalogo/en/construcao_ev)), bem como ao emprego de bases de dados disponíveis na internet para a busca de informações sobre os processos químicos selecionados para estudo. Com esse propósito, os estudantes, organizados em pequenos grupos, foram desafiados a responder à seguinte questão: Qual das duas metodologias é mais sustentável para sintetizar a substância-alvo? A pesquisa foi estruturada em quatro etapas (Figura 1): Etapa 1: Definição da substância-alvo; Etapa 2: Seleção de duas metodologias sintéticas; Etapa 3: Avaliação da sustentabilidade das metodologias sintéticas selecionadas; Etapa 4: Produção de um relatório no formato de artigo científico.

Figura 1: Etapas realizadas pelos estudantes ao estudar a sustentabilidade de reações orgânicas.

Qual das duas metodologias é mais sustentável para sintetizar a substância-alvo?



Estudantes de Química Orgânica  
(Licenciandos em Química e/ou graduandos em Engenharia Química)



Fonte: Autoria própria (2025).

A busca por evidências de aprendizagem foi realizada a partir da análise dos artigos produzidos pelos estudantes nos períodos letivos indicados anteriormente. Para isso, alguns excertos das produções dos estudantes (identificadas como G1 até G12, ou seja produções de 12 grupos de estudantes distintos) foram selecionados de modo a contribuir para a construção da próxima seção.

#### 4. Resultados e discussão

A introdução de estudos de Química Verde em disciplinas de Química Orgânica Teórica e Química Orgânica Experimental foi realizada ao longo de quatro semestres distintos. Em ambas as disciplinas, os grupos de estudantes desenvolveram as quatro etapas descritas na Figura 1. Na primeira etapa - definição da substância-alvo - os grupos de estudantes elegeram substâncias-alvos utilizadas como medicamentos -

tais como paracetamol (G3 e G11) e ibuprofeno (G5) - e de importância industrial-econômica, tais como cumeno (G1), dodecilbenzeno sulfônico (G2), biodiesel (G4), clorofórmio (G6), dodecilbenzeno (G7), TNT (G8), anilina (G9), etilbenzeno (G10) e butironitrila (G12).

Para o grupo 1, que estudou a produção de cumeno a partir da alquilação do benzeno com álcool isopropílico, “[...] é importante dar atenção aos catalisadores, uma vez que os ácidos minerais utilizados nas reações tradicionais de Friedel-Crafts envolvem problemas tecnológicos e ambientais, como o caráter corrosivo, dificuldade de separação e reciclagem” (G1).

O grupo 2, que estudou a síntese do dodecilbenzeno sulfônico, abordou “[...] sobre dois tipos de mecanismo diferentes para realizar a síntese do ácido dodecilbenzeno na indústria. Em um dos processos é utilizado o clorofórmio e o ácido clorosulfônico, e no outro,  $\text{SO}_3$  e o ácido piro-sulfônico” (G2, p. 2).

O grupo 6, que estudou a produção do clorofórmio, buscou demonstrar “[...] como os princípios da Química Verde podem ser aplicados na fabricação de clorofórmio, promovendo uma produção mais eficiente e ecologicamente responsável” (G6, p. 2).

O grupo 9, que estudou a síntese da anilina, apresentou como objetivo do trabalho “[...] explorar o processo de síntese da anilina a partir da nitração do benzeno, detalhando as etapas reacionais e os mecanismos envolvidos” e “[...] discutir as práticas de Química Verde aplicadas a esse processo, propondo alternativas que minimizem os impactos ambientais e promovam a sustentabilidade na indústria química” (G9, p. 1). Esses alunos justificam a relevância do estudo ao considerar a importância da:

[...] busca por processos que sejam simultaneamente eficientes e menos prejudiciais ao meio ambiente. A aplicação dos princípios da Química Verde na síntese de anilina não só melhora a viabilidade econômica do processo, mas também promove a preservação ambiental, proporcionando avanços significativos tanto para a química industrial quanto para a proteção ambiental (G9, p. 4).

O grupo 10, que estudou a produção de etilbenzeno a partir de reações de substituição eletrofílica aromática, justificou a relevância em se estudar a sustentabilidade das reações orgânicas considerando “[...] o cenário químico industrial moderno, que se torna cada vez mais interessado em garantir, além de rendimento e lucro, maior sustentabilidade e segurança” (G10, p. 6).

Na segunda etapa - seleção de duas metodologias sintéticas -, os estudantes foram orientados quanto ao uso da plataforma SciFinder (disponível em: <https://scifinder.cas.org>), uma ferramenta computacional online desenvolvida pelo *Chemical Abstracts Service* (CAS) para busca de informações científicas e tecnológicas. Essa plataforma permite o acesso a conteúdos relacionados à Química e áreas afins, como Biologia, Biomedicina, Ciências dos Materiais, Engenharia, Farmácia e outras áreas científicas.

O SciFinder possibilita a busca de informações por meio de três modalidades distintas: referências, substâncias e reações químicas. A busca por referências abrange documentos como artigos científicos, teses, livros, patentes, relatórios técnicos, compêndios de eventos e outros tipos de literatura científica. A busca por substâncias pode ser realizada por meio de estruturas químicas, nomes de compostos, números CAS, fórmulas moleculares e propriedades físico-químicas. Já a busca por reações químicas fornece informações sobre reagentes, produtos, solventes, catalisadores e condições reacionais. Além disso, a plataforma oferece dados regulatórios, informações sobre atividade biológica, alvos moleculares, patentes com estruturas Markush [estruturas que representam membros quimicamente relacionados que podem ser alternativamente usados; são frequentemente usadas em patentes, artigos e livros didáticos de Química Orgânica para indicar um conjunto de compostos químicos], anterioridade e catálogos de fornecedores de reagentes.

Para ilustrar os resultados da etapa 2, alguns exemplos de identificação das metodologias sintéticas estudadas pelos grupos de estudantes são apresentadas a seguir. O grupo 1, apresenta como objetivo “[...] analisar qual método reacional terá melhor desempenho, sendo que as reações utilizam os mesmos reagentes e se distinguem no catalisador [...] resultando em condições diferentes no meio reacional e formação de produtos secundários distintos” (G1, p. 1-2).

O grupo 5 apresenta como objetivo estudar a “[...] etapa de transformação de um grupo nitrila em um grupo ácido carboxílico, uma das etapas-chave na síntese do ibuprofeno pelo processo Hoechst Celanese [...]” (G5, p. 1).

Segundo o grupo 11 a:

[...] pesquisa foi conduzida com o foco na identificação de uma rota reacional para a síntese de paracetamol que atendesse de maneira coesa aos princípios da química verde. O processo selecionado da patente de número US 9.006.488 B1, foi desenvolvido em uma única etapa, sem o uso de solventes e catalisadores proporcionando um rendimento elevado e minimizando os impactos ambientais associados (G11, p. 9).

Na terceira etapa - avaliação da sustentabilidade das metodologias sintéticas – os estudantes utilizaram 10 dos 12 princípios de Química Verde para avaliar qual das metodologias sintéticas selecionadas são mais adequadas (apresentaram maior Índice da Área Estrela Verde) para produção da substância-alvo. Os princípios P4 (Desenvolvimento de produtos químicos mais seguros) e P11 (Análise em tempo real para a prevenção de poluição), apesar de também serem importantes para o contexto da Química Verde, não são avaliados a partir da metodologia de Ribeiro, Costa e Machado (2010) e Ribeiro, Yunes e Machado (2014).

Para desenvolver essa etapa, os estudantes tiveram que buscar um grande volume de informações acerca das condições reacionais e das substâncias

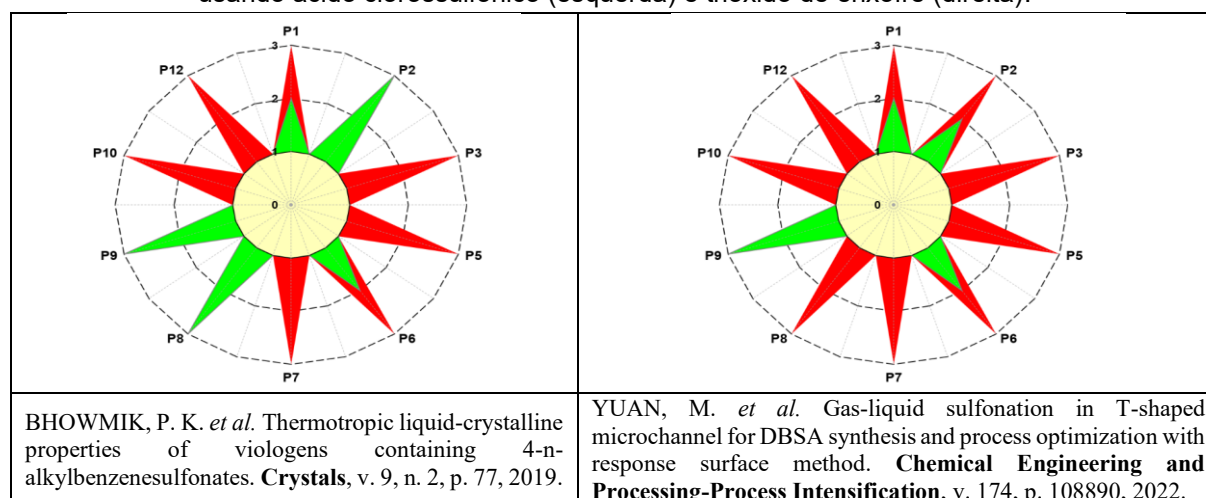
necessárias/produzidas nas metodologias sintéticas selecionadas. Para o grupo 11, essa busca iniciou:

[...] com base nos dados disponíveis na patente analisada, foram listadas as substâncias envolvidas na síntese do acetaminofeno. Seguidamente, foram recolhidas informações sobre os perigos para saúde, ambiente e físico de cada substância através [...] da análise de fichas sobre cada composto encontrados no site Sigma-Aldrich (G11, p. 9).

Nesse trecho, os estudantes mencionam o uso do site da Sigma-Aldrich (<https://www.sigmaaldrich.com>), uma empresa norte-americana (subsidiária da Merck KGaA), especializada na comercialização de produtos das áreas de Química, Ciências da Vida e Biotecnologia. Por meio desse portal, os alunos tiveram acesso às fichas de dados de segurança da maioria das substâncias utilizadas nas metodologias sintéticas. Nos casos em que as informações de segurança não eram disponíveis ou acessíveis na internet - como ocorre com alguns catalisadores empregados nas metodologias sintéticas -, os estudantes se basearam nas informações fornecidas pelos próprios artigos científicos que descreviam tais metodologias.

Em posse das informações necessárias para avaliar cada um dos 10 princípios da Química Verde, para a construção da estrela verde de cada metodologia sintética, os grupos atribuíram “[...] pontuações de 1, 2 ou 3 a cada um dos princípios da Química Verde, que são preenchidos em um gráfico “radar” no excel” (G11, p. 9). O Quadro 2 ilustra as estrelas verdes obtidas nos estudos realizados pelos estudantes. No exemplo em questão, retirado do artigo produzido pelo grupo 2, os dois artigos indicados no Quadro 2 reportam as duas metodologias sintéticas selecionadas pelo grupo de estudantes para estudar a sulfonação do *n*-dodecilbenzeno.

Quadro 2: Estrelas verdes produzidas pelo grupo 2 ao estudar a sulfonação do *n*-dodecilbenzeno usando ácido clorossulfônico (esquerda) e trióxido de enxofre (direita).



Fonte: Dados da pesquisa (G2, p. 10).

O grupo 2 indicou que o:

[...] estudo comparativo dos métodos de síntese do ácido dodecilbenzeno sulfônico revela diferenças significativas tanto em termos de eficiência quanto de impacto ambiental. Ao comparar os processos que utilizam ácido clorossulfônico e clorofórmio com aqueles que utilizam  $\text{SO}_3$  e ácido pirossulfônico, identificou-se que o método baseado em  $\text{SO}_3$  e ácido pirossulfônico é menos compatível com os princípios da química verde (G2, p. 11).

Segundo esses estudantes, a “[...] aplicação dos 10 princípios da química verde na análise dos processos demonstrou que o método com clorossulfônico e clorofórmio atende melhor aos critérios de sustentabilidade” (G2, p. 11). Os estudantes justificaram que o método de sulfonação utilizando clorossulfônico “[...] se mostrou superior em aspectos como a minimização da geração de resíduos e a eficiência energética” (G2, p. 11).

Na quarta etapa - produção de relatório (artigo científico) - os estudantes foram estimulados a registrar o processo de pesquisa, que envolveu desde a definição de uma substância-alvo, seleção e análise de duas metodologias sintéticas, utilizando como critérios analíticos 10 princípios da Química Verde. Com base na análise realizada nos artigos produzidos, os estudantes foram capazes de avaliar qual das duas metodologias é a mais sustentável para a produção da substância-alvo, tal como reportado anteriormente para o grupo 2, ao estudar a sulfonação do *n*-dodecilbenzeno.

Ao analisar os artigos produzidos é possível constatar que os estudantes se apropriaram de forma adequada da metodologia de Ribeiro, Costa e Machado (2010) e Ribeiro, Yunes e Machado (2014) para avaliação do grau de "verdura" das metodologias selecionadas (aqui entendido como avaliação da sustentabilidade de reações orgânicas). Reflexões importantes sobre esse processo apareceram em vários dos artigos produzidos. Por exemplo, o grupo 5 pontua que:

[...] o estudo da Química Verde mostra-se essencial para o desenvolvimento de processos químicos mais sustentáveis, não apenas na indústria farmacêutica, mas em todos os setores industriais. A busca por alternativas mais limpas e eficientes é um desafio constante, que requer a colaboração entre pesquisadores, empresas e órgãos reguladores. A aplicação de ferramentas como a estrela verde auxilia na identificação de oportunidades de melhoria e na tomada de decisões mais conscientes em relação à sustentabilidade dos processos químicos (G5, p. 5).

Para o grupo 2 avaliar a sustentabilidade envolvida nas reações, a partir dos princípios da Química Verde, contribui para “[...] minimizar o impacto ambiental dos produtos e processos químicos, buscando integrar princípios ecológicos nos mesmos, promovendo práticas que sejam mais seguras, eficientes e menos prejudiciais ao meio ambiente” (G2, p. 2).

Para o grupo 12 “a elaboração das Estrelas Verdes foi essencial para visualizar as diferenças entre as metodologias analisadas, facilitando a identificação de pontos

críticos que impactam a sustentabilidade dos processos” (G12, p. 8). Segundo esse grupo, “[...] o estudo e aplicação da Química Verde são fundamentais para o futuro da indústria química, alinhando o desenvolvimento científico com práticas mais sustentáveis” (G12, p. 9).

Algumas problemas foram observados durante o processo de pesquisa dos estudantes, algumas delas relacionadas a deficiências de aprendizagens com conteúdo de Química Orgânica básica (tal como interpretação de estruturas moleculares, grupos funcionais), outras relacionadas ao uso das ferramentas computacionais e ao grande volume de informações que foram manipulados/utilizados para produção das estrelas verdes. Parte dessas limitações foram mitigadas entre os estudantes, que foram se auxiliando à medida que avançavam na pesquisa, ou por intervenção do professor.

## 5. Considerações finais

A experiência relatada teve como objetivo, inicialmente no contexto da prática docente do autor deste artigo, contribuir para a superação de desafios tradicionais no ensino de Química e atender às crescentes demandas formativas voltadas à formação de profissionais químicos comprometidos com a sustentabilidade. Para tanto, buscou-se alinhar o ensino das disciplinas de Química Orgânica - nas modalidades teórica e experimental - a uma abordagem paradigmática fundamentada nos princípios da Química Verde, visando promover práticas mais reflexivas e sustentáveis no contexto educacional.

A partir da análise dos artigos produzidos pelos estudantes ao longo de quatro semestres, foi possível inferir que os alunos assimilaram as discussões relativas à Química Verde e souberam aplicar seus princípios orientadores na avaliação da sustentabilidade de diferentes metodologias sintéticas para a produção de substâncias-alvo. Para alcançar esses objetivos, os estudantes utilizaram diversas ferramentas computacionais - tais como planilhas eletrônicas, plataforma para busca de informações científicas e tecnológicas da área de Química (SciFinder) e sites de empresas que comercializam reagentes químicos (como o site da Sigma-Aldrich) -, com o intuito de coletar informações sobre as substâncias envolvidas nas rotas sintéticas e construir os respectivos gráficos do Índice da Área Estrela Verde.

A experiência relatada se junta a outros autores que defendem que, a incorporação da Química Verde no currículo do ensino superior revela-se fundamental para a formação de profissionais conscientes e críticos, capazes de compreender e atuar frente aos desafios ambientais e sociais contemporâneos. Os princípios da Química Verde não apenas promovem a redução de impactos ambientais por meio de processos mais sustentáveis, mas também incentivam o desenvolvimento de produtos e metodologias inovadoras, seguras e economicamente viáveis. Em um mundo marcado por crises climáticas, escassez de recursos e pressões socioambientais, é fundamental que futuros profissionais da Química (aqui incluem bacharéis, tecnólogos, engenheiros e licenciados) estejam preparados para integrar critérios de

sustentabilidade em suas tomadas de decisão. Além disso, a educação em Química Verde fortalece competências interdisciplinares e habilidades analíticas, promovendo uma visão ética e responsável da Ciência. Assim, a formação acadêmica tendo como base esses princípios contribui diretamente para a construção de uma sociedade mais justa, equitativa e ambientalmente responsável.

**SUSTAINABILITY ASSESSMENT OF ORGANIC REACTIONS THROUGH  
COMPUTATIONAL TOOLS  
AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE DE REAÇÕES ORGÂNICAS POR MEIO  
DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS**

**Abstract:**

The specialized literature has highlighted the need to overcome traditional challenges in Chemistry education and to meet the increasing demands for professional training committed to sustainability. In this context, this study aims to report a pedagogical experience carried out over four semesters with students from initial teacher education programs in Chemistry and the Chemical Engineering program at a federal university, during the teaching of Organic Chemistry in both theoretical and experimental modalities. Based on an action-research approach, the dynamics of small-group work were analyzed, and students addressed the following guiding question: Which of the two methodologies is more sustainable for synthesizing the target substance? To this end, supported by various computational tools, the students structured their research into four stages: (i) definition of the target substance; (ii) selection of two synthetic methodologies; (iii) assessment of the sustainability of the selected methodologies; and (iv) preparation of a report in the format of a scientific article. The analysis of the reports revealed that the students understood the principles of Green Chemistry and could apply them critically in evaluating different synthetic methodologies, demonstrating mastery of the environmental, economic, and social criteria involved in sustainable chemical synthesis.

**Keywords:** Green Chemistry. Organic Chemistry. Synthetic methodologies.

**Referências**

ALI, Z. M.; HARRIS, V. H.; LALONDE, R. L. Beyond green chemistry: Teaching social justice in organic chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 97, n. 11, p. 3984-3991, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b00715>. Acesso em: 01 jul. 2025.

ANDRAOS, J.; SAYED, M. On the use of "green" metrics in the undergraduate organic chemistry lecture and lab to assess the mass efficiency of organic reactions. **Journal of Chemical Education**, v. 84, n. 6, p. 1004-1010, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed084p1004>. Acesso em: 01 jul. 2025.

BARROW, G. M. Learning chemistry: Intellectual integrity or mental servility. **Journal of Chemical Education**, v. 68, n. 6, p. 449-453, 1991. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed068p449>. Acesso em: 01 jul. 2025.

BROWNE, L. M.; BLACKBURN, E. V. Teaching introductory organic chemistry: A problem-solving and collaborative-learning approach. **Journal of Chemical Education**, v. 76, n. 8, p. 1104-1107, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed076p1104>. Acesso em: 01 jul. 2025.

COPPOLA, B. P.; EGE, S. N.; LAWTON, R. G. The University of Michigan undergraduate chemistry curriculum 2. Instructional strategies and assessment. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n. 1, p. 84-94, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed074p84>. Acesso em: 01 jul. 2025.

DAY, E. L. *et al.* A framework for the integration of green and sustainable chemistry into the undergraduate curriculum: greening our practice with scientific and engineering practices. **Journal of Chemical Education**, v. 101, n. 5, p. 1847-1857, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00737>. Acesso em: 01 jul. 2025.

DERBENEV, I. N. *et al.* Software tools for green and sustainable chemistry. **Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry**, v. 35, p. 100623, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2022.100623>. Acesso em: 01 jul. 2025.

DINIZ-PEREIRA, J. E.; ZEICHNER, K. M. **A pesquisa na formação e no trabalho docente**. 2. ed. São Paulo: Autêntica Editora, 2012.

EGE, S. N.; COPPOLA, B. P.; LAWTON, R. G. The University of Michigan undergraduate chemistry curriculum 1. Philosophy, curriculum, and the nature of change. **Journal of Chemical Education**, v. 74, n. 1, p. 74-83, 1997. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed074p74>. Acesso em: 01 jul. 2025.

GRAHAM, K. J. *et al.* Implementing a student-designed green chemistry laboratory project in organic chemistry. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 11, p. 1895-1900, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed5000394>. Acesso em: 01 jul. 2025.

GRIEGER, K.; LEONTYEV, A. Student-generated infographics for learning green chemistry and developing professional skills. **Journal of Chemical Education**, v. 98, n. 9, p. 2881-2891, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00446>. Acesso em: 01 jul. 2025.

IVANKOVIĆ, A. *et al.* Review of 12 principles of green chemistry in practice. **International Journal of Sustainable and Green Energy**, v. 6, n. 3, p. 39-48, 2017. Disponível em: <https://dx.doi.org/10.11648/j.ijrse.20170603.12>. Acesso em: 01 jul. 2025.

KALSI, P. S. A newer approach in teaching organic chemistry at the university level. **Journal of Chemical Education**, v. 53, n. 9, p. 553, 1976. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed053p553>. Acesso em: 01 jul. 2025.

LINKWITZ, M. *et al.* Simple green organic chemistry experiments with the kitchen microwave for high school chemistry classrooms. **Chemistry Teacher International**, v. 4, n. 2, p. 165-172, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1515/cti-2021-0034>. Acesso em: 01 jul. 2025.

LIU, R.-X. *et al.* Project-based learning in green electrochemistry for undergraduates: an efficient synthesis route of a natural product. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 2, p. 689-696, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00902>. Acesso em: 01 jul. 2025.

MAMMINO, L. Computational chemistry and green chemistry: Familiarizing chemistry students with the modes and benefits of promising synergies. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 29, p. 100743, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.scp.2022.100743>. Acesso em: 01 jul. 2025.

MANSOUR, F. R. *et al.* A Modified Green Star Area (MoGSA) and software to assess greenness of reactions in the chemistry laboratories. **PloS one**, v. 19, n. 12, p. e0314421, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0314421>. Acesso em: 01 jul. 2025.

MARCELINO, L. V. *et al.* Didactic features specific to green chemistry teaching in the Journal of Chemical Education. **Journal of Chemical Education**, v. 100, n. 7, p. 2529-2538, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01091>. Acesso em: 01 jul. 2025.

MOORE, J. W. Tooling up for the 21st century. **Journal of Chemical Education**, v. 66, n. 1, p. 15-19, 1989. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed066p15>. Acesso em: 01 jul. 2025.

PICKERING, Miles. A physical chemist looks at organic chemistry lab. **Journal of Chemical Education**, v. 65, n. 2, p. 143-144, 1988. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed065p143>. Acesso em: 01 jul. 2025.

PICKERING, M. Lab is a puzzle, not an illustration. **Journal of Chemical Education**, v. 62, n. 10, p. 874-875, 1985. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed062p874>. Acesso em: 01 jul. 2025.

RIBEIRO, M. G. T. C.; COSTA, D. A.; MACHADO, A. A. S. C. Uma métrica gráfica para avaliação holística da veracidade de reações laboratoriais-" Estrela Verde". **Química Nova**, v. 33, p. 759-764, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422010000300050>. Acesso em: 01 jul. 2025.

RIBEIRO, M. G. T. C.; YUNES, S. F.; MACHADO, A. A. S. C. Assessing the greenness of chemical reactions in the laboratory using updated holistic graphic metrics based on the globally harmonized system of classification and labeling of chemicals. **Journal of Chemical Education**, v. 91, n. 11, p. 1901-1908, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed400421b>. Acesso em: 01 jul. 2025.

SOMEKH, B. Action research. **The Sage encyclopedia of qualitative research methods**. Lisa M. Given (editora). London: SAGE Publications, Inc., 2008.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 18. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2022.

TIMMER, B. J. J. *et al.* Simple and effective integration of green chemistry and sustainability education into an existing organic chemistry course. **Journal of Chemical Education**, v. 95, n. 8, p. 1301-1306, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00720>. Acesso em: 01 jul. 2025.

VALDERRAMA, C. J. M. *et al.* Trends in Green Chemistry Research between 2012 and 2022: Current Trends and Research Agenda. **Sustainability**, v. 15, n. 18, p. 13946, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/su151813946>. Acesso em: 01 jul. 2025.

VENKATACHELAM, C.; RUDOLPH, R. W. Cookbook versus creative chemistry: A new approach to research-oriented general chemistry laboratory. **Journal of Chemical Education**, v. 51, n. 7, p. 479-482, 1974. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/ed051p479>. Acesso em: 01 jul. 2025.

WILSON, H. Practical question from the chemical literature. **Journal of Chemical Education**, v. 63, n. 6, p. 484, 1986. Disponível em: <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/ed063p484>. Acesso em: 01 jul. 2025.

#### Como referenciar este artigo:

ROMERO, Adriano Lopes. Avaliação da sustentabilidade de reações orgânicas por meio de ferramentas computacionais. **Revista Tecnologia Educacional [on line]**, Rio de Janeiro, n. 247, p. 8-24, 2025. ISSN: 0102-5503. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18061603>.

Submetido em: jul/2025

Aprovado em: set/2025

# DOCÊNCIA EM (TRANS)FORMAÇÃO: METODOLOGIAS ATIVAS E ALFABETIZAÇÃO TECNOLÓGICA NA ERA DIGITAL

Márcio Silveira Nascimento<sup>1</sup>

Éber José dos Santos<sup>2</sup>

Aline Santos Mossette<sup>3</sup>

## **Resumo:**

A presença das tecnologias digitais no contexto educacional tem redefinido as práticas pedagógicas e demandado o desenvolvimento de novas competências por parte dos docentes. Nesse cenário, a alfabetização tecnológica configura-se como elemento central da formação profissional, ao integrar dimensões técnicas, reflexivas e éticas. Este trabalho busca compreender de que modo as metodologias ativas de aprendizagem potencializam a alfabetização tecnológica e promovem a (trans)formação docente em uma cultura digital crítica. Trata-se de uma investigação qualitativa, de caráter exploratório, realizada com professores da educação básica participantes de um curso de formação continuada voltado ao uso pedagógico das tecnologias. A análise dos registros revelou que a utilização das metodologias ativas, aliada a uma reflexão crítica sobre as ferramentas digitais, ampliou o protagonismo e a autonomia dos docentes. Conclui-se que a alfabetização tecnológica, quando mediada por metodologias ativas, representa um campo fértil de (trans)formação e de fortalecimento de uma docência ética, colaborativa e consciente frente aos desafios da cultura digital.

**Palavras-chave:** Educação digital. Inovação pedagógica. Alfabetização tecnológica. Metodologias ativas. Autonomia pedagógica.

## **1. Introdução**

A presença crescente das tecnologias digitais no cotidiano escolar tem provocado profundas transformações nas formas de ensinar e aprender. Mais do que simples recursos instrumentais, as tecnologias configuram-se como elementos

---

<sup>1</sup> Pesquisador GEPPFOR-UFV. Doutorando e Mestre em Ensino Tecnológico pelo IFAM - Instituto Federal do Amazonas. Graduado em Geografia pela UEA - Universidade do Estado do Amazonas. Docente na Rede Estadual de Educação do Amazonas - AM. Contato: [marciosn.geo@gmail.com](mailto:marciosn.geo@gmail.com), <http://lattes.cnpq.br/8031168879901616>.

<sup>2</sup> Pesquisador GEPPFOR-UFV. Doutor e Mestre em Língua Portuguesa pela PUC-SP - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. Professor da Faculdade de Tecnologia de Cruzeiro "Prof. Waldomiro May". Contato: [ejsantos2010@gmail.com](mailto:ejsantos2010@gmail.com), <http://lattes.cnpq.br/6573066946851994>.

<sup>3</sup> Pesquisadora GEPPFOR-UFV. Doutoranda em Difusão do Conhecimento pelo IFBA - Instituto Federal da Bahia. Graduada em Direito pela UCSal - Universidade Católica do Salvador. Professora da ENAP. Contato: [alinemossette1@gmail.com](mailto:alinemossette1@gmail.com), <http://lattes.cnpq.br/7745974922291165>.

estruturantes de novas ecologias cognitivas, nas quais o conhecimento é produzido, compartilhado e validado de maneira colaborativa e em rede. Essa realidade desafia a escola e seus profissionais a repensarem suas práticas e concepções pedagógicas, sobretudo no que se refere à formação docente e à integração crítica dos meios digitais ao currículo.

No contexto educacional brasileiro, observa-se um avanço significativo nas políticas de inserção tecnológica, impulsionado pela expansão da conectividade e pela popularização das plataformas digitais. No entanto, a adoção dessas ferramentas nem sempre é acompanhada de processos formativos que promovam uma reflexão crítica sobre o papel da tecnologia na construção do conhecimento. Em muitos casos, o uso pedagógico dos recursos digitais ainda se restringe à dimensão técnica, sem a devida articulação com perspectivas éticas, epistemológicas e sociais. Surge, assim, a necessidade de compreender a alfabetização tecnológica como uma dimensão constitutiva da docência contemporânea, um processo contínuo de formação que envolve aprender com e sobre as tecnologias, e não apenas por meio delas.

Nesse sentido, a alfabetização tecnológica ultrapassa o domínio operacional de ferramentas, pois implica desenvolver a capacidade de compreender os impactos culturais e políticos das tecnologias no fazer pedagógico. Para isso, torna-se indispensável adotar metodologias que favoreçam a autonomia, o protagonismo e a autoria dos professores em processos de formação continuada. As metodologias ativas de aprendizagem emergem, portanto, como caminhos fecundos para a (trans)formação docente, ao integrarem o uso crítico das tecnologias com práticas pedagógicas participativas, colaborativas e reflexivas.

Diante desse panorama, o presente estudo analisa de que modo as metodologias ativas contribuem para o desenvolvimento da alfabetização tecnológica e para a (trans)formação docente em uma cultura digital crítica. Busca-se compreender como os processos formativos mediados por tecnologias digitais podem favorecer uma docência ética, criadora e comprometida com os princípios da educação humanizadora na era digital.

## **2. A alfabetização Tecnológica como dimensão essencial da docência contemporânea**

A sociedade contemporânea é marcada por uma integração cada vez mais intensa entre as tecnologias digitais e os diferentes campos da vida social e do conhecimento. A presença cotidiana de dispositivos conectados, algoritmos inteligentes e plataformas digitais tem reconfigurado a forma como os sujeitos se relacionam, aprendem e produzem sentidos no mundo. Esse fenômeno não apenas redefine os modos de circulação da informação, mas também altera profundamente as dinâmicas de ensino e aprendizagem, exigindo dos educadores um novo repertório de competências. Tais competências devem articular o domínio técnico das ferramentas à capacidade reflexiva e ética de compreender seus impactos sobre os processos formativos, os vínculos humanos e o próprio sentido da educação.

Segundo Dakers (2006), a alfabetização tecnológica ultrapassa o simples domínio instrumental das tecnologias, abarcando a compreensão de suas dimensões culturais, epistemológicas e sociais. Assim, formar professores tecnologicamente alfabetizados implica capacitá-los a reconhecer a tecnologia como produto e produtor da cultura, como uma construção humana que reflete valores, ideologias e formas de organização social. Essa compreensão torna-se fundamental em um contexto em que a lógica algorítmica e a mediação digital permeiam todas as dimensões da vida, inclusive a produção do conhecimento escolar. Nesse sentido, a alfabetização tecnológica envolve a capacidade de decifrar os códigos tecnológicos e, simultaneamente, interpretar as intencionalidades e os significados que sustentam sua presença na educação.

Hasse (2017) amplia esse entendimento ao destacar que a literacia tecnológica docente está diretamente relacionada à habilidade de interpretar, contextualizar e reconfigurar as práticas mediadas pelas tecnologias. Tal perspectiva defende que o professor precisa desenvolver uma consciência crítica sobre o papel que desempenha nas redes sociotécnicas, evitando tornar-se um mero executor de programas automatizados ou um reproduzidor das lógicas impostas pelos sistemas tecnológicos. Para a autora, alfabetizar-se tecnologicamente significa assumir uma postura ativa frente à tecnologia, compreendendo-a como instrumento de mediação cultural e cognitiva, e não como substituta do pensamento pedagógico. Essa visão coloca o professor no centro do processo educativo, como sujeito que questiona, adapta e recria o uso das tecnologias conforme as necessidades e realidades de seus estudantes.

De modo complementar, Almeida (2024) interpreta a alfabetização tecnológica como um processo contínuo e dinâmico, no qual o professor se reconhece como aprendiz em constante diálogo com as tecnologias e com seus pares. A formação docente, sob essa ótica, transcende a aquisição de habilidades técnicas e assume caráter de autoformação e reconstrução permanente do saber pedagógico. Ao compreender-se como sujeito aprendente em rede, o professor amplia sua capacidade de colaborar, de compartilhar experiências e de reconstruir coletivamente o conhecimento. Essa perspectiva dialoga com a noção de aprendizagem em rede, que se desenvolve na interação entre sujeitos, contextos e tecnologias, possibilitando a construção de saberes flexíveis, colaborativos e críticos.

Dessa forma, a alfabetização tecnológica consolida-se como uma dimensão indispensável da docência contemporânea, pois permite ao educador interpretar e intervir de forma crítica na realidade digital em que está inserido. Mais do que operar recursos tecnológicos, o professor precisa compreender as implicações éticas, sociais e políticas de seu uso, transformando o ambiente digital em espaço de criação, investigação e emancipação. Essa postura reflexiva possibilita o desenvolvimento de práticas pedagógicas inovadoras e contextualizadas, capazes de articular ciência, cultura e tecnologia em favor de uma educação humanizadora.

Nesse horizonte, a alfabetização tecnológica torna-se não apenas um conjunto de habilidades técnicas, mas uma competência formativa complexa, que envolve

consciência crítica, responsabilidade ética e engajamento social. Ao integrá-la à prática docente, o professor reafirma seu papel como mediador do conhecimento e agente de transformação, contribuindo para a construção de uma cultura digital crítica, participativa e comprometida com a formação integral do sujeito.

### **3. Metodologias Ativas e (Trans)Formação Docente na Cultura Digital**

As metodologias ativas de aprendizagem configuram-se como abordagens pedagógicas potentes para o fortalecimento da alfabetização tecnológica, uma vez que rompem com o paradigma tradicional do ensino transmissivo e propõem práticas centradas na autonomia, na colaboração e na reflexão crítica. Essa mudança de enfoque permite ressignificar a função docente, deslocando o papel do professor de mero transmissor de conhecimento para o de mediador e orientador de experiências formativas significativas. Ao mesmo tempo, o estudante deixa de ser receptor passivo e passa a atuar como protagonista do seu próprio processo de aprendizagem, participando ativamente na construção e reconstrução do saber.

Bacich e Moran (2018) enfatizam que as metodologias ativas propiciam condições para que professores e alunos assumam papéis criadores, participativos e críticos, o que resulta em aprendizagens mais contextualizadas, relevantes e transformadoras. Quando aplicadas de forma intencional e reflexiva, essas metodologias possibilitam o desenvolvimento de competências que integram o domínio técnico, a autonomia intelectual e a sensibilidade ética. Elas também incentivam o uso das tecnologias como instrumentos de investigação, expressão e colaboração, e não apenas como recursos de apoio didático.

Sob essa perspectiva, a aprendizagem ativa estimula o desenvolvimento de práticas formativas baseadas na experiência, na problematização e no diálogo constante entre os sujeitos envolvidos. O ambiente educativo torna-se, assim, um espaço de construção coletiva do conhecimento, em que a interação, o questionamento e o compartilhamento de ideias assumem papel central. Essa dinâmica fortalece a capacidade de análise crítica e o senso de responsabilidade, tanto do professor quanto do estudante, contribuindo para o amadurecimento de uma consciência digital mais ética e comprometida com a transformação social.

As metodologias ativas, portanto, não devem ser compreendidas como simples estratégias metodológicas ou modismos pedagógicos, mas como uma concepção de ensino que integra teoria e prática em um processo contínuo de reflexão e ação. Elas convidam o docente a revisar suas concepções de ensino, suas formas de planejar e avaliar, e principalmente, a reconhecer-se como sujeito em constante aprendizagem. Ao empregar metodologias ativas mediadas por tecnologias digitais, o professor não apenas ensina de modo mais dinâmico, mas aprende a pensar criticamente sobre a própria prática, desenvolvendo novas formas de mediação pedagógica e de relacionamento com o conhecimento.

Nesse contexto, a alfabetização tecnológica torna-se uma aliada fundamental, pois promove o desenvolvimento da consciência crítica necessária para compreender

as implicações sociais, culturais e políticas da tecnologia na educação. Dakers (2006) argumenta que a educação tecnológica só adquire significado quando o educador compreende as bases epistemológicas da tecnologia e as conecta ao contexto social em que atua. Isso implica reconhecer que a tecnologia não é neutra, mas carregada de valores, intencionalidades e poderes que moldam o modo como se produz e se compartilha o conhecimento.

A formação docente mediada por metodologias ativas, portanto, contribui para o surgimento de uma cultura digital crítica, capaz de integrar o pensamento tecnológico à dimensão ética e humana da educação. Nessa cultura, o professor não se limita a consumir ferramentas digitais, mas se apropria delas de modo criativo e reflexivo, transformando-as em instrumentos de emancipação e inovação pedagógica. Essa postura fortalece o protagonismo docente e reafirma o papel do professor como sujeito transformador, comprometido com a construção de uma educação democrática, inclusiva e sensível às mudanças do mundo contemporâneo.

#### 4. Percurso Metodológico

A pesquisa foi desenvolvida sob uma abordagem qualitativa, de natureza exploratória, com o intuito de compreender de forma aprofundada as experiências formativas mediadas pelas tecnologias digitais. Conforme argumenta Creswell (2010, p. 162), a pesquisa qualitativa busca “explorar o conjunto complexo de fatores que envolvem o fenômeno central e apresentar as perspectivas ou os significados variados dos participantes”.

O estudo contou com a participação de 25 professores da rede pública do estado do Amazonas, que atuavam em diferentes disciplinas do Ensino Fundamental II, entre os meses de março e maio de 2024. Essa investigação esteve inserida em um curso de formação continuada voltado ao uso pedagógico das tecnologias digitais, no qual foram desenvolvidas práticas baseadas em metodologias ativas de aprendizagem.

A escolha por um delineamento exploratório deve-se ao fato de que o tema ainda é recente no campo da educação, sobretudo no contexto amazônico, onde as experiências de alfabetização tecnológica articuladas às metodologias ativas ainda carecem de aprofundamento teórico e empírico. Gil (2008, p. 27) observa que “as pesquisas exploratórias têm como principal finalidade desenvolver, esclarecer e modificar conceitos e ideias, visando à formulação de problemas mais precisos ou hipóteses pesquisáveis para estudos posteriores”. Essa opção metodológica permitiu uma aproximação mais crítica e sensível com os participantes, favorecendo a compreensão de como os docentes ressignificam o uso das tecnologias digitais a partir de vivências colaborativas, reflexivas e contextualizadas às suas realidades escolares.

Os procedimentos de coleta de dados envolveram a observação participante, a análise de registros reflexivos e o exame de produções digitais elaboradas pelos professores durante o curso. Para a análise dos dados, adotou-se o método de análise

de conteúdo (Bardin, 2016), por meio do qual foram identificadas categorias emergentes relacionadas à autonomia docente, à criticidade e à inovação pedagógica.

## 5. Resultados e Discussão

Os resultados evidenciaram que a integração das metodologias ativas de aprendizagem às formações tecnológicas favoreceu a compreensão crítica das tecnologias e o fortalecimento da autonomia docente. Os 25 professores participantes relataram maior confiança na criação de materiais digitais próprios, reconhecendo-se como autores de processos pedagógicos mediados por tecnologias. Essa percepção inicial indica que a formação contribuiu para o reposicionamento do professor como sujeito ativo e reflexivo diante do uso das tecnologias digitais na prática educativa.

Com o intuito de compreender de forma mais detalhada os efeitos da formação e as mudanças observadas nas práticas docentes, foram organizadas categorias analíticas que sintetizam os principais aspectos percebidos na integração das metodologias ativas ao uso das tecnologias digitais. Essas categorias foram identificadas a partir dos registros reflexivos e das observações realizadas ao longo do curso e estão apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Aspectos percebidos na integração das metodologias ativas ao uso das tecnologias digitais

<b>Categoria observada</b>	<b>Indicadores identificados</b>	<b>Percentual de ocorrência (n=25)</b>
Autonomia docente	Elaboração de atividades digitais autorais; gestão do próprio processo de aprendizagem	84%
Colaboração entre pares	Troca de experiências e coautoria em produções digitais	76%
Reflexão crítica sobre as tecnologias	Discussões sobre ética, algoritmos e intencionalidade pedagógica	72%
Segurança no uso das ferramentas digitais	Uso confiante de plataformas e softwares educacionais	68%

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A análise do Quadro 1 demonstra que a maioria dos participantes passou a adotar uma postura mais ativa diante do uso das tecnologias. O destaque à autonomia docente (84%) e à colaboração entre pares (76%) confirma a relevância das metodologias ativas na promoção de aprendizagens coletivas e reflexivas. O aumento das práticas de reflexão crítica (72%) indica um deslocamento do uso meramente instrumental das tecnologias para uma postura mais ética e consciente, em consonância com Dakers (2006), que compreende a alfabetização tecnológica como prática social e cultural que envolve escolhas pedagógicas fundamentadas e intencionais.

Para além dos comportamentos observáveis, foi necessário investigar também as percepções subjetivas e concepções docentes sobre o processo de alfabetização tecnológica, uma vez que elas revelam dimensões mais profundas da (trans)formação

profissional. Essas percepções emergiram das falas, registros reflexivos e produções digitais dos participantes e estão sistematizadas no Quadro 2.

Quadro 2 – Síntese das percepções docentes sobre a alfabetização tecnológica

Dimensões analisadas	Principais evidências relatadas pelos professores	Interpretação qualitativa
Técnica	Domínio progressivo das ferramentas digitais e de recursos multimídia	Desenvolvimento instrumental básico consolidado
Crítica	Questionamento sobre o papel das tecnologias e seu impacto nos processos de ensino	Fortalecimento da consciência crítica e reflexiva
Criativa	Produção de recursos e atividades com autoria própria	Apropriação criativa das tecnologias
Ética e social	Discussões sobre direitos digitais, acessibilidade e uso responsável	Emergência de uma postura ética e colaborativa

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Conforme exposto no Quadro 2, observa-se que a alfabetização tecnológica foi percebida pelos professores como um processo emancipatório, que abrange tanto a dimensão técnica quanto as dimensões crítica, criativa e ética. Essa concepção reflete a mediação sensível descrita por Hasse (2017), que enfatiza a importância de integrar o humano e o tecnológico em processos educativos situados. O desenvolvimento da dimensão criativa, recorrente nas narrativas dos participantes, revela que o domínio técnico foi acompanhado pela capacidade de inovar, criar e ressignificar a própria prática pedagógica, um indicador essencial de alfabetização tecnológica crítica.

Na sequência, para avaliar as mudanças concretas nas práticas docentes, elaborou-se um quadro comparativo entre os indicadores observados antes e após o curso de formação continuada. Esse levantamento permitiu visualizar o impacto efetivo da alfabetização tecnológica associada às metodologias ativas sobre a autonomia, a autoria e o engajamento profissional dos participantes, conforme exposto no Quadro 3.

Quadro 3 – Indicadores de (trans)formação docente antes e após a formação continuada

Indicadores de mudança	Antes da formação (n=25)	Após a formação (n=25)	Evidências qualitativas
Criação de materiais autorais	32%	84%	Produção de vídeos, infográficos e atividades digitais autorais
Participação em comunidades digitais de ensino	40%	76%	Ampliação das redes de colaboração e partilha de práticas
Uso crítico de plataformas educacionais	28%	70%	Reflexão sobre algoritmos, curadoria de conteúdos e ética digital
Integração das tecnologias às metodologias	35%	88%	Planejamentos articulando tecnologia, aprendizagem ativa e reflexão

Fonte: Dados da pesquisa (2024).

A análise dos dados apresentados no Quadro 3 revela um avanço expressivo nas práticas pedagógicas mediadas pelas tecnologias após a formação. Destaca-se o aumento significativo na criação de materiais autorais (de 32% para 84%) e na integração das tecnologias às metodologias ativas (de 35% para 88%). Esses resultados corroboram Almeida (2024), ao apontar que a aprendizagem em rede promove processos de autoformação e partilha de saberes entre docentes. O fortalecimento da criticidade e da autonomia indica a consolidação de uma docência digital mais consciente e criadora, capaz de compreender a tecnologia como mediadora do pensamento e não apenas como suporte técnico.

Em síntese, os resultados obtidos confirmam que a alfabetização tecnológica, quando aliada às metodologias ativas, constitui um processo de (trans)formação docente capaz de integrar conhecimento, criticidade e criatividade. Os quadros apresentados evidenciam o desenvolvimento de competências profissionais complexas e reforçam o papel das práticas formativas na consolidação de uma cultura digital crítica, colaborativa e eticamente engajada.

## 6. Considerações finais

Os resultados desta pesquisa evidenciam que a integração entre as metodologias ativas e a alfabetização tecnológica constitui um caminho sólido para a (trans)formação docente na cultura digital contemporânea. Essa articulação favorece práticas pedagógicas mais criativas, críticas e participativas, em que o professor assume o papel de mediador e autor de processos formativos mediados por tecnologias. Ao estimular a autonomia, a reflexão e a autoria, as metodologias ativas contribuem para a consolidação de uma docência mais consciente e sensível aos desafios éticos e pedagógicos do tempo presente.

Do ponto de vista teórico, o estudo amplia a compreensão da alfabetização tecnológica como um processo complexo e permanente, que vai além do domínio técnico das ferramentas e envolve dimensões éticas, cognitivas e sociais. A reflexão sobre o uso crítico das tecnologias na formação docente reforça a necessidade de compreender a docência digital como espaço de produção de conhecimento, de emancipação e de reinvenção pedagógica.

Em termos práticos, os resultados apontam que a formação continuada fundamentada em metodologias ativas possibilita o fortalecimento do protagonismo docente e o desenvolvimento de práticas inovadoras contextualizadas às realidades escolares. A pesquisa demonstrou que o uso consciente e reflexivo das tecnologias estimula o trabalho colaborativo, o engajamento e a construção coletiva do saber, promovendo uma aprendizagem mais significativa e integrada.

Entretanto, reconhece-se que o estudo apresenta limitações, principalmente quanto à abrangência do grupo participante e ao recorte temporal restrito a uma única experiência formativa. Essas condições limitam a generalização dos resultados e indicam a necessidade de ampliar as investigações em diferentes contextos, modalidades e níveis de ensino.

Para pesquisas futuras, recomenda-se aprofundar a análise sobre o impacto de práticas de alfabetização tecnológica em longo prazo, bem como explorar a incorporação de tecnologias emergentes, como ambientes virtuais imersivos e inteligência artificial, nos processos de formação docente. Também seria relevante investigar como as metodologias ativas podem ser adaptadas às realidades de escolas com infraestrutura limitada, especialmente em regiões periféricas e amazônicas.

Em síntese, conclui-se que a alfabetização tecnológica, articulada às metodologias ativas, constitui uma via promissora para fortalecer a autonomia e o protagonismo dos professores. A docência digital, concebida como espaço de criação e resistência, reafirma o papel do educador como sujeito crítico, capaz de promover uma educação democrática, colaborativa e humanizada em meio às transformações tecnológicas do século XXI.

## **DOCÊNCIA EM (TRANS)FORMAÇÃO: METODOLOGIAS ATIVAS E ALFABETIZAÇÃO TECNOLÓGICA NA ERA DIGITAL**

### **TEACHING IN (TRANS)FORMATION: ACTIVE METHODOLOGIES AND TECHNOLOGICAL LITERACY IN THE DIGITAL AGE**

#### **Abstract:**

The presence of digital technologies in the educational context has redefined pedagogical practices and demanded the development of new competencies on the part of teachers. In this context, technological literacy is a central element of professional training, integrating technical, reflective, and ethical dimensions. This study seeks to understand how active learning methodologies enhance technological literacy and promote teacher (trans)formation within a critical digital culture. This is a qualitative, exploratory study conducted with basic education teachers participating in a continuing education course focused on the pedagogical use of technologies. Analysis of the records revealed that the use of active methodologies, combined with critical reflection on digital tools, increased teachers' protagonism and autonomy. The conclusion is that technological literacy, when mediated by active methodologies, represents a fertile ground for (trans)formation and strengthening ethical, collaborative, and conscious teaching in the face of the challenges of digital culture.

**Keywords:** Digital education. Pedagogical innovation. Technological literacy. Active methodologies. Pedagogical autonomy.

## Referências

ALMEIDA, F. M. Aprendizagem em Rede, novas tecnologias a e alfabetização tecnológica do professor. **Observatorio (OBS\*)**, [S. l.], v. 4, n. 2, 2010. DOI: 10.15847/obsOBS422010295. Disponível em: <https://obs.obercom.pt/index.php/obs/article/view/295>. Acesso em: 2 out. 2025.

BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DAKERS, J. R. **Defining Technological Literacy: Towards an Epistemological Framework**. New York: Palgrave Macmillan, 2006.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HASSE, C. Technological Literacy for Teachers. *In*: JONES, A.; DE VRIES, M. (eds.). **International Handbook of Technology Education: Reviewing the Past Twenty Years**. Rotterdam: Sense Publishers, 2017. p. 405-420.

### Como referenciar este artigo:

NASCIMENTO, Márcio Silveira; SANTOS, Éber José; MOSSETTE, Aline Santos. Docência em (Trans)Formação: Metodologias Ativas e Alfabetização Tecnológica na Era Digital. **Revista Tecnologia Educacional [on line]**, Rio de Janeiro, n. 247, p. 25-34, 2025. ISSN: 0102-5503. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18061603>.

**Submetido em:** ago/2025

**Aprovado em:** nov/2025

## UTILIZAÇÃO DE APLICATIVOS DE HISTOLOGIA PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NA GRADUAÇÃO EM MEDICINA

Isabela Barroso Assuf<sup>1</sup>

Lucas Carraro Serra Gomes da Silva<sup>2</sup>

Dionne da Encarnação Lorena<sup>3</sup>

Marina Santiago de Mello Souza<sup>4</sup>

### **Resumo:**

A histologia é uma disciplina fundamental na formação médica, que exige tanto o entendimento teórico quanto prático da estrutura celular e tecidual, construindo a base para o entendimento das características histopatológicas das doenças que afetam o corpo humano. Tradicionalmente ensina-se histologia através de aula teóricas expositivas e aulas práticas de microscopia em laboratório. O objetivo deste trabalho foi elencar diferentes formas de utilização dos aplicativos (Apps) de histologia como ferramenta pedagógica. Os Apps podem ser utilizados como: exercícios em aula; reforço do conteúdo prático; desafios em grupo; quizzes; e atividades extraclasse. Ao integrar ferramentas digitais no currículo, os educadores podem criar experiências de aprendizado mais interativas e flexíveis, acessíveis além da sala de aula. Dessa forma, o emprego da metodologia ativa de Aprendizagem Móvel através de Apps de histologia cria um ambiente lúdico, motivacional e participativo de ensino que propicia um aprendizado significativo alinhado às demandas contemporâneas da educação para a formação médica.

Palavras-chave: Histologia. Aplicativos móveis. Ensino. Tecnologia educacional.

---

<sup>1</sup> Graduanda em Medicina e Aluna de Iniciação Científica da Fundação Técnico Educacional Souza Marques, RJ (FTESM). Contato: [isabelaassuf@gmail.com](mailto:isabelaassuf@gmail.com) - Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1047536201736205>

<sup>2</sup> Graduando em Medicina e Aluno de Iniciação Científica da Fundação Técnico Educacional Souza Marques, RJ (FTESM). Contato: [lucas.carraro100@gmail.com](mailto:lucas.carraro100@gmail.com) - Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9203637110585974>

<sup>3</sup> Doutora em Biociências Nucleares pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Mestre em Biologia Humana e Experimental (UERJ). Especialização em Histologia e Embriologia (UERJ). Graduada em Ciências Biológicas Modalidade Médica (UNIRIO). Docente da Escola de Medicina Souza Marques (FTESM). Contato: [dionne.lorena@souzamarques.br](mailto:dionne.lorena@souzamarques.br) - Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7158842851920268>

<sup>4</sup> Doutora em Radioproteção e Dosimetria (IRD/CNEN). Mestre em Fisiopatologia Clínica e Experimental pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ). Graduada em Ciências Biológicas (UERJ). Docente da Escola de Medicina Souza Marques (FTESM), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio) e Universidade Iguazu (UNIG). Contato: [marina.mello@souzamarques.br](mailto:marina.mello@souzamarques.br) - Lattes: <http://lattes.cnpq.br/6713939987321718>

## 1. Introdução

A Histologia compreende o estudo microscópico de tecidos vivos. Contudo, o termo “histologia” evoluiu para um conceito mais amplo, denominado anatomia microscópica, pois os assuntos abrangem não apenas a estrutura microscópica dos tecidos, mas também a estrutura das células, dos órgãos e dos sistemas corporais (Leandro *et al.*, 2024). Nesse campo, os estudantes aprendem a identificar e reconhecer as estruturas presentes em cada tecido do corpo humano, sendo esse conhecimento fundamental para a compreensão de outras disciplinas, como fisiologia, bioquímica, fisiopatologia e farmacologia. Assim, a histologia, em conjunto com outras ciências, constrói a base para o entendimento das características histopatológicas das doenças que afetam o corpo humano. Portanto, as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCNs) para o curso de Medicina, instituídas pela Resolução CNE/CES nº 3, de 20 de junho de 2014, e posteriormente complementadas pelo Parecer CNE/CES nº 265/2022, reforçam a obrigatoriedade de conteúdo das áreas básicas da saúde, entre elas Anatomia, Histologia e Fisiologia (BRASIL, 2014, 2022).

As aulas de Histologia possuem duas partes complementares. Tradicionalmente, a parte teórica aprofunda o conhecimento sobre as células e tecidos, suas funções e características em sala de aula usando aulas teóricas expositivas. A parte prática, por sua vez, proporciona aos estudantes a oportunidade de aplicar esse conhecimento, desenvolvendo a habilidade de visualizar e identificar estruturas biológicas em lâminas histológicas (Camillo *et al.*, 2017). O conteúdo prático tem sido tradicionalmente ensinado por meio do uso de microscópios, nos quais se analisam lâminas de vidro contendo amostras de tecidos coradas. A microscopia óptica continua sendo uma ferramenta eficaz para a consolidação do conhecimento, complementando as aulas teóricas. O manuseio do microscópio e a identificação visual dos tecidos são fundamentais para desenvolver no estudante habilidades práticas e o olhar crítico necessário à correlação entre estrutura e função (Calado, 2019). No entanto, a utilização exclusiva da microscopia óptica pode restringir o aprendizado dos estudantes ao momento da aula prática no laboratório da instituição de ensino (Rheingantz *et al.*, 2019).

É fundamental que os estudantes obtenham um aprendizado efetivo em histologia para prosseguir com os estudos nos diversos conteúdos inerentes ao conhecimento médico (Calado, 2019), em consonância com as DCNs do Curso de Graduação em Medicina, que determinam que a formação médica deve assegurar o domínio das ciências morfológicas, fisiológicas e outros conhecimentos das ciências da vida aplicados à prática médica (BRASIL, 2014, 2022).

A integração da *internet* ao cotidiano acadêmico, aliada aos avanços tecnológicos, possibilitou a criação de aplicativos (Apps) de histologia, que permitem aos estudantes visualizarem lâminas digitais, ampliando assim as possibilidades de estudo fora do laboratório (Moura *et al.*, 2016). O uso desses Apps proporciona uma solução mais flexível, que pode ser utilizada de maneira prática após as aulas teóricas ou como tarefa de casa para consolidar o conteúdo teórico e prático, eliminando as

restrições físicas impostas pelo laboratório. Essas abordagens têm se mostrado atraentes, especialmente para a geração atual de estudantes, que são nativos digitais e estão acostumados a utilizar a tecnologia em suas atividades cotidianas, incluindo o estudo acadêmico (Estanislau et al., 2019).

O progresso tecnológico provocou transformações no modo de vida da sociedade, assim como no ambiente educacional. Os métodos de ensino contemporâneos precisam integrar a linguagem da cultura digital e aproveitar as tecnologias de informação e comunicação, visando atender às necessidades dos estudantes de hoje (Souza; Vilela, 2022). Diante deste cenário, o presente trabalho visa elencar diferentes formas de utilização dos aplicativos de histologia como ferramenta pedagógica.

## 2. Usabilidade dos Apps de Histologia

A forma de ensinar e aprender histologia estão em contante evolução em razão das tecnologias digitais da atualidade. Os estudantes trocaram os cadernos por *tablets*, atlas fotográficos de histologia por atlas interativos em *sites na internet*, livros texto físicos por livros digitais em PDF, enciclopédias por site de busca e/ou ferramentas de inteligência artificial. Diante desse cenário faz-se necessário utilizar metodologias de ensino modernas e adequada aos estudantes nativos digitais para passar o conhecimento teórico e prático de histologia (Bottenuit Júnior, 2020).

As DCNs da Graduação em Medicina também recomendam a utilização de metodologias de ensino que envolvam o estudante na construção do conhecimento necessário à prática médica. As DCNs preconizam o emprego de metodologias ativas de ensino que colocam o estudante como autor responsável da aquisição do conhecimento devido a sua participação ativa no processo de aprendizagem (BRASIL, 2014).

O *Mobile Learning*, Aprendizagem móvel em português, é a metodologia ativa de ensino pautada no uso de dispositivos móveis que permite mobilidade de acesso, maior flexibilidade e interação, bem como, o aumento da autonomia pelo estudante (MOURA, 2016). O uso de Apps de histologia como ferramenta pedagógica utiliza a aprendizagem móvel com diferentes métodos ativos de aprendizado conectados a realidade digital dos estudantes da geração Z e C.

Os aplicativos de histologia podem ser utilizados como ferramenta pedagógica em 5 maneiras diferentes pelo professor dentro e fora de sala de aula (Figura 1).



Figura 1: Diferentes aplicabilidades do Apps de histologia pelo professor (Fonte: Próprio autor).

### 3. Discussão:

O uso de Apps de histologia em aulas teóricas e práticas da graduação em Medicina vem de encontro as profundas mudanças trazidas pela tecnologia na forma de viver, trabalhar, interagir, bem como no ensinar e aprender na sociedade atual. Segundo Monteiro et al. (2018), os avanços tecnológicos trouxeram mudanças no modo de viver e se relacionar sociedade. A tecnologia faz parte do dia a dia da sociedade moderna, enquanto a *Internet* e as redes sociais transformaram a forma de conexão entre as pessoas. Assim como, as tecnologias da informação e comunicação (TIC's) modificaram o ambiente educacional com computadores, *softwares*, *notebooks*, *tablets*, *smartphone* e *Internet*.

De acordo com Moura et al. (2016), a afinidade dos estudantes da geração Z e C com tecnologias, evidencia a necessidade de adaptação às novas formas de aprendizagem que os próprios demandam. A inclusão de ferramentas como Apps, jogos e ambientes virtuais permite um aprendizado mais ativo, interessante e dinâmico, oferecendo possibilidades de interação e acessibilidade, especialmente fora do ambiente tradicional de sala de aula.

Costa, Duqueviz e Pedroza (2015), alegam que as tecnologias digitais são mediadoras eficazes da aprendizagem, especialmente ao levar em consideração a realidade dos nativos digitais, cuja interação com a tecnologia faz parte de seu cotidiano. Em contraste com gerações passadas que cresceram em meio de livros físicos, materiais táteis e aulas com metodologias tradicionais, enquanto a geração Z e C usa aplicativos digitais como extensão natural do processo educacional. Portanto, o uso de Apps como ferramenta pedagógica fornece meios de aprendizagem flexíveis que podem ser adaptados às necessidades individuais dos estudantes, levando em consideração sua familiaridade e conforto com o uso de telas.

As aulas teóricas de histologia abrangem um conteúdo detalhado da constituição e organização tecidual nos diferentes órgãos do corpo humano, sendo

conhecimento essencial para entender a estrutura e função na saúde, como também as alterações histopatológicas no processo de doença (Hochuli *et al.*, 2024; Souza; Vilela, 2022). Apesar disso, os estudantes apresentam diversas dificuldades no aprendizado da histologia, como: entender a organização tecidual; identificar as células e camadas histológicas; problemas com manuseio do microscópio; conteúdo complexo e detalhado; nomenclatura específica; entre outras (Bardini; Spalding, 2017; Hochuli *et al.*, 2024). Por conseguinte, o uso de App de histologia como exercício para fixar o conteúdo atrai a atenção do estudante nativo digital, além de ajudar no entendimento da organização tecidual e na fixação de um conteúdo detalhado (Souza; Vilela, 2022).

Segundo Bottenuit Júnior (2020), o uso App móveis em sala de aula contribui para um ambiente de troca entre o professor e o estudante, tornando o aprendizado mais interessante e interativo. Ainda, Dantas et al. (2018) descrevem o desenvolvimento de um App de Biologia Celular e Histologia que avalia o progresso de aprendizagem dos estudantes usuários através de imagens histológicas e questões objetivas que pode ser utilizado pelo professor em sala de aula ou como atividade extraclasse.

Embora os Apps possam complementar o ensino de histologia, sua eficácia depende da integração com metodologias pedagógicas adequadas. O uso de Apps de histologia de maneira isolada não garante uma melhoria significativa no aprendizado, ressaltando a importância de associar o uso dos aplicativos com aulas teóricas usando diferentes metodologias de ensino, além de aulas práticas como o uso do microscópio óptico, para que os estudantes desenvolvam habilidades práticas essenciais. Cabe ressaltar, que o uso indiscriminado dos Apps pelos estudantes pode resultar na absorção de informações equivocadas e dados enganosos, caso não sejam passados por um processo de avaliação por professores especialistas na disciplina (Santa-Rosa; Struchiner, 2011).

As aulas práticas de histologia ocorrem em laboratório equipado com microscópios ópticos e caixas com lâminas histológicas de todos os órgãos sistêmicos humanos. As aulas práticas contam com a participação ativa do estudante na busca pela identificação de células e estruturas teciduais em lâminas histológicas permanentes ou em esfregaços frescos de material biológicos visualizados no microscópio óptico. A habilidade do manuseio do microscópio desenvolve a capacidade de observação, identificação tecidual normal e alterada, desta forma auxilia o estudante na compreensão da estrutura e função das células constituintes dos tecidos (Calado, 2019). Além disso, pode despertar o interesse do estudante pela pesquisa científica, e influenciar na formação crítica dos futuros médicos (Bachur; Sousa, 2022).

Os benefícios das aulas práticas de histologia são comprovados, porém ficam limitados ao momento da aula no ambiente laboratorial. Segundo Dantas et al. (2018), o uso de Apps de histologia com uma coleção de imagens histológicas como reforço do conteúdo ministrado nas aulas práticas pelo professor pode ser uma excelente ferramenta pedagógica. O professor pode orientar o uso do App de Histologia no final

da aula prática em laboratório e/ou passar uma atividade extraclasse baseada na identificação de tecidos em um App.

A utilização de App de histologia fora de sala como atividade extraclasse da disciplina curricular é uma boa ferramenta pedagógica que torna o estudante ativo, autônomo e consumidor de conteúdo de biologia tecidual (Monteiro *et al.*, 2018). Contudo o estudante pode acessar o App de Histologia em qualquer lugar e qualquer horário do dia ou noite, só precisando estar conectado à internet em um dispositivo móvel. Essa abordagem é relevante no contexto atual, em que a flexibilidade no ensino é cada vez mais valorizada, permitindo que os estudantes se adaptem melhor às suas realidades (Moura et al., 2016).

Outra vantagem do uso de App na educação foi descrita por Santos; Freitas (2017), que afirmam que o uso amplia o local de aprendizado para além da sala de aula física sem necessariamente estar conectado à Internet. Muitos Apps após o *download* funcionam *off-line*, possibilitando o uso em locais que não tem sinal de Internet.

Ao usar dinâmicas de grupo em sala de aula, o professor busca reforçar o conteúdo, e ao mesmo tempo preparar os estudantes para a vida profissional, tendo em vista que trabalhar bem em grupo é uma competência essencial no mercado de trabalho. As dinâmicas de grupo têm por característica a participação coletiva, além de serem motivacionais (Silva; Dornfeld, 2016). O uso de App de Histologia em dinâmicas de grupo trazem as vantagens da aprendizagem móvel e das metodologias ativas de ensino. Segundo Costa; Duqueviz; Pedroza (2015); Moura et al. (2016), o uso de Apps na educação gera engajamento com o estudante nativo digital que está sempre conectado executando multitarefas em diversas telas, sites e plataformas diferentes no *smartphone*.

Os Quizzes são ferramentas empregadas para revisar conteúdo, entusiasmar ou avaliar o estudante de forma lúdica. Existem alguns Apps de Histologia com Quiz em português e inglês, e disponíveis gratuitamente para *download* com centenas de questões múltipla-escolha e respostas sobre diferentes órgãos e sistemas corporais (Google Play, 2025). Faz-se necessária o emprego de ferramentas pedagógicas diversificadas para tornar as aulas mais interativas e interessantes para o estudante, a fim de prepará-lo para uma sociedade interativa (Alves et al., 2015).

Uma pesquisa realizada com estudantes de medicina utilizando o questionário “*Index of Learning Styles*” na Universidade de Chiang Mai, Tailândia, demonstrou que diferentes métodos de ensino-aprendizagem podem ser estratégias valiosas tanto para os estudantes, que podem adaptar suas estratégias de estudo, quanto para os professores, que podem variar suas abordagens pedagógicas. Dessa forma, utilizar diferentes métodos de ensino e/ou ferramentas, pode estimular o interesse do estudante, além de promover a aprendizagem efetiva para a formação médica (Jiraporncharoen *et al.*, 2015).

O uso de Apps com Quiz de histologia e/ou dinâmicas de grupo podem criar um ambiente descontraído e favorável ao aprendizado natural do conteúdo de histologia. Tendo em vista que a aprendizagem é pessoal, baseia-se em experiências

vivenciadas e na construção de significado. Logo, o estudante aprende naturalmente em um ambiente propício e motivacional. O uso de diferentes metodologias ativas modernas que criam engajamento e motivação tornando o processo de aprendizagem agradável e orgânico (Challa; Sayed; Acharya, 2021).

O estudo de Freitas; Mancini (2021) destaca a importância das metodologias lúdicas, incluindo o uso de jogos e Apps interativos no ensino de histologia. Essas práticas demonstraram maior participação dos estudantes e um aprendizado mais significativo e duradouro, indicando que os aplicativos, além de facilitar o acesso ao conteúdo também podem tornar o processo de aprendizagem mais prazeroso.

Um estudo sobre o uso de aplicativos de tecnologia móvel na rotina de estudantes concluintes de medicina observou que quase 96% dos estudantes participantes da pesquisa alegaram que o *smartphone* era o dispositivo móvel mais usado na vida acadêmica e 98,6% dos participantes utilizavam os dispositivos móveis para fins acadêmicos (Estanislau *et al.*, 2019). Do mesmo modo, um estudo conduzido pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro em 2016, verificou a aceitação do uso de Apps pelos estudantes da área da saúde para auxiliar um aprendizado qualificado (Mercês; Redeiro, 2016).

O uso de diferentes tipos de Apps para fins acadêmicos já é prática comum na vida do estudante de medicina atualmente (Estanislau *et al.*, 2019; Mercês; Redeiro, 2016; Oliveira; Alencar, 2017). Nesse contexto, o professor deve levar em consideração que as tecnologias fazem parte do cotidiano dos estudantes atuais e que a utilização de Apps de Histologia como ferramentas pedagógicas em diferentes abordagens metodológicas pode tornar o conteúdo mais atrativo (Jirapornchaoen *et al.*, 2015).

No entanto, os Apps para dispositivos móveis devem ser usados de forma racional com planejamento pedagógico no plano de ensino da disciplina para garantir que o uso da tecnologia esteja alinhado com os objetivos de ensino, evitando uma adoção superficial ou ineficaz (Moura, R. B. C. *et al.*, 2016). Assim sendo, os Apps podem auxiliar o professor como ferramentas pedagógicas, porém este deve avaliar a qualidade, as potencialidades e as aplicabilidades dos Apps para serem usados em atividades em sala de aula (Reinaldo *et al.*, 2016). Além disso, é fundamental considerar a função do professor no contexto educacional atual, pois as repercussões de um processo pedagógico de aprendizagem baseado em fontes tecnológicas duvidosas podem estar relacionadas a aquisição de conhecimento incorreto ou incompleto (Leandro *et al.*, 2024).

#### 4. Considerações finais

Os resultados deste estudo demonstraram que a inclusão de Apps no ensino de histologia como ferramenta pedagógica é essencial para atender às necessidades dos estudantes da era digital. A utilização dos Apps na metodologia ativa de Aprendizagem Móvel está em consonância com as DCNs da Graduação em Medicina que propõe o emprego de metodologias que colocam o estudante como protagonista

da obtenção do conhecimento devido a sua participação ativa no processo de aprendizagem. A inclusão dessas ferramentas pedagógicas tecnológicas, quando bem planejadas e alinhadas aos objetivos de ensino da disciplina curricular, tem o potencial de transformar a aprendizagem, tornando-a mais dinâmica e relevante ao modo de pensar dos nativos digitais assegurando o domínio da morfofisiologia e outros conhecimentos das ciências da vida aplicados à prática médica.

Contudo, é crucial ressaltar que a tecnologia não deve substituir, mas sim complementar as metodologias tradicionais e ativas, como o uso do microscópio óptico, criando assim abordagens híbridas que facilitam o aprendizado. A inclusão de Apps de Histologia demanda um planejamento pedagógico cuidadoso, com foco na criação de estratégias de aprendizagem ativas para promover o comprometimento e a consolidação do conteúdo. Embora os benefícios imediatos sejam claros, é preciso fazer mais estudos a longo prazo para entender o impacto dessas tecnologias no aprendizado e na formação profissional. A educação médica precisa evoluir junto com a tecnologia. É importante encontrar um equilíbrio entre os avanços e a fundamentação científica, para que os futuras profissionais possam enfrentar os desafios da medicina moderna.

## **UTILIZAÇÃO DE APLICATIVOS DE HISTOLOGIA PARA DISPOSITIVOS MÓVEIS COMO FERRAMENTA PEDAGÓGICA NA GRADUAÇÃO EM MEDICINA**

### **USE OF HISTOLOGY APPLICATIONS FOR MOBILE DEVICES AS A PEDAGOGICAL TOOL IN MEDICINE COURSE**

#### **Abstract**

Histology is a fundamental discipline in medical academic knowledge, requiring a theoretical and practical understanding of cellular structure and tissues, serving as a foundation for understanding the histopathological characteristics of diseases that affect the human body. Histology is traditionally taught through theoretical classes and practical microscopy classes in the laboratory. The objective of this study was to identify different ways to use histology Apps (Apps) as a pedagogical tool. Apps can be used for: in-class exercises; reinforcement of practical content; group challenges; quizzes; and extracurricular activities. By integrating digital tools into the curriculum, educators can create more interactive and flexible learning experiences that are accessible beyond the classroom. Thus, the use of the active Mobile Learning methodology through histology Apps creates a playful, motivational, and participatory teaching environment, which creates meaningful learning aligned with the contemporary demands of medical education.

## Referências

ALVES, R. M. M. *et al.* O Quiz como Recurso Pedagógico no Processo Educacional: apresentação de um objeto de aprendizagem. In: **XIII Congresso Internacional de Tecnologia na Educação. Pernambuco**. 2015.

BACHUR, T. P. R.; SOUSA, M. N. A. DE. Oportunizando envolvimento e desenvolvimento científico na graduação em Medicina. **Revista Docência do Ensino Superior**, v. 12, p. 1–21, 13 jul. 2022.

BARDINI, V. S. S.; SPALDING, M. Práticas pedagógicas no ensino de histologia: estratégias para incentivar o aluno na consolidação dos conhecimentos. **Revista Brasileira de Ensino Superior**, v. 2, n. 4, p. 15–21, 3 mar. 2017.

BOTTENUIT JÚNIOR, J. B. Aplicativos de interação em sala de aula: análise de três possibilidades pedagógicas. **Revista Cocar**, v. 14, n. 30, 2020. Disponível em: <<https://periodicos.uepa.br/index.php/cocar/article/view/3313/1683>>. Acesso em: 10 ago. 2025.

BRASIL. **Parecer CNE/CES Nº: 265/2022**. Alteração da Resolução CNE/CES nº 3, de 20 de junho de 2014, que institui as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Medicina e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação, 2022.

BRASIL. **Resolução nº 3, de 20 de Junho de 2014**. Institui Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Medicina e dá outras providências. Brasília, DF: Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação, 2014.

CALADO, A. M. História do Ensino de Histologia. **História da Ciência e Ensino: construindo interfaces**, v. 20, p. 455–466, 29 dez. 2019.

CAMILLO, C. DA S. *et al.* **Caderno de Histologia - texto e atlas**. Natal, RN: EDUFRN, 2017. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br>>. Acesso em: 10 ago. 2025.

CHALLA, K. T.; SAYED, A.; ACHARYA, Y. Modern techniques of teaching and learning in medical education: a descriptive literature review. **MedEdPublish**, v. 10, n. 1, 2021.

COSTA, S. R. S.; DUQUEVIZ, B. C.; PEDROZA, R. L. S. Tecnologias Digitais como instrumentos mediadores da aprendizagem dos nativos digitais. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 19, n. 3, p. 603–610, 2015.

DANTAS, A. C. *et al.* Desenvolvimento de Aplicativo para ensino de biologia celular e histologia no âmbito universitário através de dispositivos móveis. In: **Anais do XXIX Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2018)**, 2018. p. 1704.

ESTANISLAU, L. J. M. *et al.* Uso de aplicativos de tecnologia móvel na rotina de estudantes concluintes de medicina. **Revista Eletrônica de Comunicação, Informação e Inovação em Saúde**, v. 13, n. 3, 13 set. 2019.

FREITAS, J. L. A.; MANCINI, K. C. Tecnologia e Ludicidade em Histologia na Educação de Jovens e Adultos. **Revista Ifes Ciência**, v. 7, n. 1, p. 01–18, 21 maio 2021.

GOOGLE PLAY. *Quiz Histologia*. Disponível: <[https://play.google.com/store/search?q=quiz+histologia&c=apps&hl=pt\\_BR](https://play.google.com/store/search?q=quiz+histologia&c=apps&hl=pt_BR)>. Acesso em: 10 jul. 2025.

HOCHULI, M. G. *et al.* Projeto “Histologia sem Artefato” contribui de forma efetiva para o aprendizado significativo dos discentes. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 48, n. 4, 2024.

JIRAPORNCHAROEN, W. *et al.* Learning styles and academic achievement among undergraduate medical students in Thailand. **Journal of educational evaluation for health professions**, v. 12, 2015.

LEANDRO, R. L. *et al.* Avaliação do Uso das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) como Ferramenta Auxiliar no Ensino da Histologia: Revisão Integrativa da Literatura. **Revista CPAQV**, v. 16, n. 1, p. 1, 29 mar. 2024. Disponível em: <<https://revista.cpaqv.org/index.php/CPAQV/article/view/2057>>. Acesso em: 18 set. 2024.

MERCÊS, J. M. R.; REDEIRO, M. M. P. A Importância dos Dispositivos Móveis como Estratégia para a Formação o Desenvolvimento de Profissionais de Saúde. In: **22º Congresso Internacional ABED de Educação à Distância**. Águas de Lindóia, São Paulo, 2016. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/>>. Acesso em: 12 ago. 2025.

MONTEIRO, J. C. DA S. *et al.* Sociedade da aprendizagem: da ubiquidade aos novos paradigmas do app-learning. **Revista Tecnologias na Educação**, v. 27, n. Ano 10, 2018.

MOURA, A. Aprendizagem Móvel e ferramentas digitais para inovar em sala de aula. **Jornadas Virtuais: Vivências práticas das tecnologias educativas**, p. 75-94, 2016.

MOURA, R.B.C. *et al.* Possibilidades educacionais ampliadas pelo uso das novas tecnologias no cenário dos nativos digitais. **Simpósio de Pesquisa e Desenvolvimento em Computação**, v. 1, n. 1, 2016. Disponível em: <[https://web.archive.org/web/20180427034026id\\_/http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/computacao/article/viewFile/3902/712](https://web.archive.org/web/20180427034026id_/http://revistaeletronica.unicruz.edu.br/index.php/computacao/article/viewFile/3902/712)> Acesso em: 08 ago. 2025.

OLIVEIRA, A. R. F.; ALENCAR, M. S. D. M. O uso de aplicativos de saúde para dispositivos móveis como fontes de informação e educação em saúde. **RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação**, v. 15, n. 1, p. 234–245, 2017.

REINALDO, F. *et al.* Impasse aos desafios do uso de smartphones em sala de Aula: Investigação por grupos focais. **RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao**, n. 19, p. 77–92, 1 set. 2016.

RHEINGANTZ, M. G. T. *et al.* A importância do atlas virtual no ensino-aprendizagem da Histologia. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 7, p. 8904–8912, 2019.

SANTA-ROSA, J. G.; STRUCHINER, M. Tecnologia educacional no contexto do ensino de histologia: pesquisa e desenvolvimento de um ambiente virtual de ensino e aprendizagem. **Revista Brasileira de Educação Médica**, v. 35, n. 2, p. 289–298, jun. 2011. Disponível em:

<<https://www.scielo.br/j/rbem/a/M5MSdPHWJccBpYYWwGBYmdz/>>. Acesso em: 18 set. 2024.

SANTOS, R. P.; FREITAS, S. R. S. Tecnologias Digitais na Educação: Experiência do Uso de Aplicativos de Celular no Ensino da Biologia. **Cadernos de Educação**, v. 16, n. 32, p. 135–150, 2017.

SILVA, D. T.; DORNFELD, C. B. Dinâmicas de grupo em aulas de biologia: uma proposta motivacional para a aprendizagem. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 15, n. 1, p. 147–166, 2016.

SOUZA, M.S.M.; VILELA, G.Q.S. A Metodologia Híbrida no Ensino de Histologia. **RTE - Revista Tecnologia Educacional**. v. nº 235, n. Ano Li, p. 6–20, 2022.

### Como referenciar este artigo

SOUZA, Marina Santiago de Mello; LORENA, Dionne da Encarnação; ASSUF, Isabela Barroso; SILVA, Lucas Carraro Serra Gomes da. Utilização de aplicativos de Histologia para dispositivos móveis como ferramenta pedagógica na graduação em Medicina. **Revista Tecnologia Educacional [on line]**, Rio de Janeiro, n. 247, p. 35-45, 2025. ISSN: 0102-5503. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18061603>.

**Submetido em:** ago/2025

**Aprovado em:** nov/2025

# MAL-ESTAR DOCENTE NA SOCIEDADE DIGITAL ACELERADA: AUTOCUIDADO ATIVO E EDUCAÇÃO HUMANIZADA

Katia Cristian Puente Muniz <sup>1</sup>

## **Resumo:**

O mal-estar docente tem se intensificado nas últimas décadas, marcado por precarização das condições de trabalho, desvalorização social e alta incidência de adoecimento mental entre professores da educação básica e superior. No contexto contemporâneo, esses fatores se agravam pela sociedade digital acelerada, na qual a expansão da educação a distância e o uso massivo de plataformas tecnológicas ampliaram tanto o acesso quanto a sobrecarga, a hiperconectividade e a vigilância algorítmica sobre o desempenho docente. Este artigo propõe o conceito de autocuidado ativo, fundamentado na psicanálise, na sociologia clínica e em epistemologias decoloniais e afrocentradas, como alternativa às respostas individualizantes do sofrimento, que frequentemente responsabilizam o professor por seu adoecimento. A pesquisa, de caráter qualitativo, baseia-se em análise documental e bibliográfica de estudos recentes, relatórios institucionais, censos educacionais e normativas trabalhistas, como a NR-1, que reconhece os fatores psicossociais na saúde ocupacional. A análise foi organizada em três dimensões: estrutural, subjetiva e epistemológica. Os resultados indicam que enfrentar o mal-estar docente exige reconhecer a saúde como eixo constitutivo da formação e do trabalho educativo, deslocando o cuidado do âmbito individual para práticas coletivas e institucionais. Além disso, apontam para a necessidade de ressignificar as tecnologias educacionais como mediadoras de pertencimento e solidariedade, em vez de apenas vetores de precarização. Conclui-se que o autocuidado ativo pode contribuir para uma educação mais humanizada, sensível e democrática em meio às pressões da digitalização acelerada.

**Palavras-chave:** Mal-estar docente. Autocuidado ativo. Sociedade digital. Educação a distância. Educação humanizada.

## **1. Introdução**

O fenômeno do mal-estar docente tem se intensificado nas últimas décadas, tornando-se uma preocupação central em pesquisas sobre trabalho e saúde mental

---

<sup>1</sup> Doutora em Psicanálise e Sociedade UVA-RJ. Mestre em Sociologia pela UFRJ. Graduada em Ciências Sociais pela UFRJ. Docente no Programa de Doutorado Psicanálise, Saúde e Sociedade e da graduação em Pedagogia e Licenciaturas da Universidade Veiga de Almeida - RJ. Conselheira Científica da ABTE. Co-fundadora da Objeto2A Aprendizagem Contínua. Pesquisadora OBD Fundación Esplai/Catalunha/Espanha. Contato: [katia.muniz@uva.br](mailto:katia.muniz@uva.br). Orcid <https://orcid.org/0000-0002-6998-7021> Lattes <http://lattes.cnpq.br/4872246255796702>

(Nascimento; Seixas, 2020; Silva et al., 2023; Haikal et al., 2023; Farias; Wagner, 2024). Relatórios de organizações internacionais, como a Organização Internacional do Trabalho (ILO, 2024), alertam que a proteção à segurança, à saúde e ao bem-estar dos professores é condição fundamental para um trabalho decente e ambientes eficazes de aprendizagem.

No Brasil, a gravidade do problema também se evidencia em diferentes levantamentos recentes. A Pesquisa Nacional sobre a Saúde do Professor (Barbosa et al., 2023) revelou que mais de 60% dos docentes relataram sintomas de ansiedade, estresse intenso ou depressão relacionados às condições de trabalho, além de elevada procura por atendimento médico e uso de psicotrópicos. Os afastamentos docentes também estão relacionados a distúrbios musculoesqueléticos, segundo a pesquisa, e constituem uma das principais causas de afastamento do trabalho, afetando sobretudo as professoras, em função da dupla jornada e da precariedade das condições escolares. O estudo ainda evidencia a associação entre dor física, sofrimento mental e sobrecarga institucional, mostrando que o adoecimento docente deve ser compreendido de forma integral.

Estudo conduzido por Caldas et al. (2025) indica que 72% dos docentes brasileiros já relataram sintomas compatíveis com estresse crônico e esgotamento. Entre as causas mais frequentes e que intensificam quadros de estresse e ansiedade estão a sobrecarga de trabalho, a precariedade das condições laborais, a desvalorização social da profissão e sua falta de reconhecimento, o acúmulo de funções burocráticas, os desafios relacionados à indisciplina em sala de aula, a escassez de recursos materiais e o suporte institucional insuficiente.

Dados divulgados pela Confederação Nacional dos Trabalhadores da Educação (CNTE) na Revista Brasileira de Saúde Ocupacional (2023), ampliando o estudo anterior (Gouveia, 2016), apontam para uma predisposição ao aparecimento de doenças crônicas não transmissíveis (DCNT) entre professores/as da educação básica, especialmente desgaste psicológico, saúde mental e sedentarismo.

Nesse contexto, é impossível dissociar o mal-estar docente das transformações provocadas pela expansão da educação tecnológica e do ensino a distância no Brasil. O Censo da Educação Superior de 2024 indica que 50,7% das matrículas de graduação já se concentram em cursos EaD, revelando que a mediação tecnológica se tornou eixo central da política educacional (Brasil, 2025). Se, por um lado, essa expansão democratizou o acesso, por outro, trouxe novos desafios à saúde docente: hiperconectividade, sobrecarga no uso de múltiplas plataformas digitais, intensificação do controle algorítmico do desempenho e a diluição dos limites entre vida pessoal e profissional (Han, 2015; Sibilia, 2012).

Como observa Han (2017), vivemos em uma sociedade da performance que internaliza formas de autocontrole e intensifica o cansaço psíquico. Reconhecer a saúde como eixo da formação docente, portanto, implica considerar também os efeitos da digitalização do trabalho educacional e propor práticas de autocuidado ativo capazes de ressignificar o lugar das tecnologias como mediadoras de cuidado coletivo, solidariedade e pertencimento. Assim, o mal-estar docente, intensificado

pelas demandas da sociedade digital acelerada, deve ser compreendido não apenas como fenômeno estrutural e tecnológico, mas também como experiência subjetiva e simbólica.

Além dos fatores estruturais, é necessário reconhecer a dimensão simbólica e subjetiva do sofrimento. Freud (1930/2010), em *O mal-estar na civilização*, afirma que toda vida em sociedade implica a renúncia pulsional e a restrição do desejo, gerando inevitavelmente um sentimento de insatisfação. Para ele, não somos apenas guiados pela razão: somos movidos por impulsos internos que nos pressionam em busca de satisfação, que podem ser transformados, adiados ou contidos, mas logo retornam. Assim, vivemos em um constante equilíbrio entre o desejo imediato e as exigências da sociedade, da moral e da lei. Essas pulsões têm origem no corpo, se manifestam na psique e nunca desaparecem totalmente. Educar, junto com a psicanálise e o governar, foi definido por ele como uma das “profissões impossíveis” (Freud, 1937/2016), pois seus resultados nunca são plenamente previsíveis ou controláveis.

Essa perspectiva ressalta que o adoecimento docente também deriva do choque entre o desejo de ensinar, o ideal de formação e os limites concretos do sistema escolar. Apesar da ampla documentação desse sofrimento, predominam no cotidiano docentes respostas individuais baseadas em medicalização, coaching, formação continuada ou soluções psicologizantes que responsabilizam o educador pelo próprio sofrimento.

Neste trabalho proponho o conceito de autocuidado ativo, construído e ancorado na psicanálise, na sociologia clínica e em epistemologias decoloniais e afrocentradas, como alternativa teórico-prática para enfrentar o mal-estar docente na sociedade digital acelerada. Busco assim sustentar o cuidado como dimensão coletiva, relacional e política, em contraste com soluções individualizantes, e discutir como essa perspectiva pode ressignificar os efeitos da digitalização e da educação tecnológica sobre a saúde docente. Esse texto também vem em diálogo com o meu processo de subjetivação na posição de docente tanto na educação básica quanto no ensino superior.

A relevância deste artigo reside, portanto, em propor o autocuidado ativo como alternativa às abordagens individualizantes do sofrimento docente. Tal conceito evidencia a importância de compreender o professor como sujeito implicado criticamente com seu próprio sofrimento, articulando desejo e condições de trabalho. Ao sustentar práticas de cuidado que não sejam isoladas, mas coletivas, situadas e eticamente comprometidas com o reconhecimento e a transformação, o artigo contribui para ampliar os horizontes de análise sobre saúde docente, sobretudo em um contexto de intensificação digital e de precarização do trabalho educacional.

A pesquisa adota uma abordagem qualitativa e teórica, fundamentada na análise documental e bibliográfica e na articulação interpretativa. Foram revisados estudos recentes sobre o adoecimento docente no Brasil de Silva et al. (2023), Nascimento e Seixas (2020), Stasiak et al. (2021), Haikal et al. (2023), Farias e Wagner (2024) e Caldas et al. (2025), escolhidos por serem pesquisas sistemáticas e revisões integrativas. Também foram analisados documentos institucionais e políticas

públicas de formação como a Base Nacional Comum para a Formação Docente, relatórios da CNTE, dados de inquéritos sindicais e estatísticas oficiais como o Censo da Educação Superior e o Censo Escolar do INEP de 2024 (Brasil, 2025), que evidenciam a centralidade da educação a distância e da digitalização no cenário educacional brasileiro.

Os referenciais combinaram autores clássicos e contemporâneos que discutem o sofrimento psíquico no trabalho educacional. Da psicanálise com Freud e Lacan, este a partir de seus comentadores Birman (2009), Dunker (2015) e Almeida (2015), sobre sofrimento psíquico, mal-estar civilizatório e desejo. Além das contribuições de epistemologias decoloniais que trazem perspectivas ameríndias e afrocentradas sobre cuidado e coletividade, ao deslocar o cuidado de uma visão eurocêntrica individualista para perspectivas comunitárias (Somé, 1999; bell hooks, 2000; Viveiros de Castro, 2002), foram incorporadas reflexões críticas sobre a sociedade digital e a hiperconectividade (Han, 2015; Han, 2017; Sibilia, 2012; Moran, 2020).

O estudo ancora-se também nos pressupostos da sociologia clínica de Dejours e De Gaulejac (2007), que compreendem o sofrimento como produção social, que reconhecem o sofrimento como produção social e simbólica. A análise utilizou como categorias interpretativas: (a) a dimensão estrutural: condições objetivas de trabalho, políticas públicas e impactos da digitalização, (b) a dimensão subjetiva: relação entre desejo, ideal e sofrimento, e (c) a dimensão epistemológica: limites dos paradigmas modernos de autocuidado e possibilidades de ressignificação em contextos tecnológicos.

## 2. Resultado e discussão

Os resultados e discussões apresentados a seguir buscam articular os dados empíricos e referenciais teóricos em torno do conceito de autocuidado ativo. Para compreender o mal-estar docente em sua complexidade, a análise foi organizada em três dimensões interpretativas: a estrutural, a subjetiva e a epistemológica. Essa organização permite evidenciar, de um lado, os determinantes objetivos do trabalho educacional e, de outro, os atravessamentos subjetivos e simbólicos que marcam a experiência de ensinar. Além disso, reconhece-se que o contexto contemporâneo de sociedade digital acelerada intensifica tanto as condições de precarização quanto a necessidade de novas formas de cuidado coletivo, situando a saúde como eixo constitutivo da formação e da prática docente.

*Dimensão estrutural.* O trabalho docente no Brasil é marcado por precarização material e simbólica. Estudos indicam que 32% dos professores brasileiros acumulam múltiplos vínculos empregatícios e trabalham mais de 50 horas semanais. A sobrecarga burocrática e a pressão por desempenho impactam a saúde mental, favorecendo quadros de ansiedade e depressão. Pesquisa da Confederação Nacional dos Trabalhadores da Educação - CNTE (2023) identificou que 48% dos professores precisaram de medicação psicotrópica nos últimos dois anos.

A pandemia de COVID-19 intensificou essa precarização. A rápida transição para o ensino remoto, seguida da retomada sem preparação adequada, provocou sobrecarga emocional, insegurança e desgaste. Esse processo abriu caminho para a consolidação da educação a distância e de plataformas digitais como mediadoras centrais do trabalho docente. O Censo da Educação Superior 2024 (Brasil, 2025) indica que mais de 50% das matrículas de graduação já se concentram em cursos EaD, mostrando que a digitalização não foi apenas emergencial, mas estrutural.

Ao mesmo tempo em que ampliou o acesso, esse processo trouxe novas formas de precarização, expressas em sobrecarga no uso de múltiplas plataformas, demandas de disponibilidade contínua, vigilância algorítmica e intensificação da lógica do desempenho (Han, 2015; Han, 2017; Sibilía, 2012). Em Stasiak et al. (2021), ao tratar sobre *burnout* docente, o enfrentamento eficaz a esse fenômeno exige não apenas intervenções individuais de autocuidado e gestão emocional, mas sobretudo transformações nas condições de trabalho e nas políticas institucionais que promovam ambientes mais saudáveis, com valorização, apoio e reconhecimento do professor.

Nesse sentido, cabe destacar que as próprias normativas trabalhistas reconhecem a importância da saúde no ambiente profissional. A NR-1 (Brasil, 2019), que estabelece disposições gerais de segurança e saúde no trabalho, enfatiza a obrigatoriedade de medidas preventivas voltadas não apenas aos riscos físicos e ergonômicos, mas também ao reconhecimento dos fatores psicossociais que afetam a saúde mental. Incorporar essa perspectiva ao campo educacional significa reconhecer que o sofrimento docente não é apenas uma questão individual, mas um problema coletivo e institucional que demanda políticas de proteção, valorização e apoio.

Em convergência com essa normativa, pesquisa nacional sobre afastamentos por distúrbios musculoesqueléticos entre professores da educação básica (Barbosa et al., 2023) revelou prevalência de 14,7%, sendo 16,5% entre mulheres e 11,7% entre homens, associada a sobrecarga laboral, ruído elevado, indisciplina, violência verbal/física e alta exigência de tarefas. Esses achados reforçam que o adoecimento docente é multidimensional, atravessando corpo e mente, e precisa ser enfrentado de forma estrutural.

Soma-se a isso o trabalho invisível e contínuo mediado por telas, a carga extra que muitos docentes enfrentam: o trabalho “além” da sala de aula, com a preparação de aulas, correções, pesquisas, atendimento a estudantes via mensagens e, especialmente, participação em formações online e uso simultâneo de múltiplas plataformas educacionais com uso intensivo de telas (computador, tablet, smartphone) para manter sua qualificação. O uso prolongado dessas telas, numa intensificação digital, expõe o docente à fadiga visual, sobrecarga cognitiva, exaustão emocional, interrupções constantes de atenção, tecnoestresse, e sobretudo quando há baixa autonomia, suporte técnico insuficiente e demandas de disponibilidade permanente. Há ainda um hiato em estudos no Brasil de grande volume sobre o uso elevado de tela associado a pior desempenho cognitivo e sintomas de ansiedade e depressão em professores. Mas há evidências de pesquisas internacionais com

professores que mostram que a competência em TIC pode amortecer a exaustão e que a ansiedade no trabalho digital se converte em desgaste por meio da exaustão emocional (Chen et al., 2024). Em docentes universitários, o chamado estresse digital pandêmico variou conforme a experiência docente, revelando vulnerabilidades específicas na transição para o ensino online (Fernández-Arias et al., 2024). Há ainda estudos de que tecnodemandas como hiperconectividade e sobrecarga digital estão associadas à piora da qualidade ocupacional (Stang-Rabrig et al., 2022).

Essa dimensão digital do trabalho docente deve, portanto, compor a análise da precarização estrutural, não como detalhe marginal ou periférico, mas como elemento central do mal-estar na sociedade digital acelerada.

Desse modo, a dimensão estrutural do mal-estar docente não pode ser dissociada dos efeitos da sociedade digital acelerada, na qual o trabalho tende a se estender para além dos limites físicos e temporais da sala de aula.

*Dimensão subjetiva.* A psicanálise contribui para compreender como o desejo de ensinar é atravessado pela impossibilidade de obter resultados totalmente satisfatórios. O docente ocupa o lugar simbólico de quem transmite saber, mas sua função é permanentemente tensionada pelas demandas institucionais e pelas resistências subjetivas do estudante. A frustração de não ver seus esforços reconhecidos ou seus objetivos plenamente atingidos constitui terreno fértil para o mal-estar e para fantasias de insuficiência. Como lembra Freud: “De fato, há três profissões impossíveis: educar, governar e analisar” (Freud, 1937/2016, p. 281), o que ilumina o caráter estrutural desse sofrimento.

Ao mesmo tempo, o desejo do educador na perspectiva lacaniana, como todo desejo, é estruturado pelo Outro social e pelas instituições que o reconhecem simbolicamente (Dunker, 2015). Lacan, no Seminário 7: A ética da psicanálise, ressalta que a psicanálise não oferece uma ética normativa, mas a exigência de não ceder em relação ao próprio desejo: “a única coisa de que se pode ser culpado, no plano da ética psicanalítica, é de ceder do seu desejo” (Lacan, 1960/2008, p. 381). Essa formulação permite reconhecer que, na docência, a sustentação do desejo não se confunde com o cumprimento de ideais institucionais ou sociais, mas com a possibilidade de implicar-se singularmente na experiência de ensinar. Como observa Birman, “o desejo não é dado naturalmente ao sujeito, mas se constitui nas tramas de reconhecimento que o outro social e simbólico lhe oferece”(2009, p. 72).

Nesse sentido, o espaço escolar torna-se campo de sustentação e de tensão do desejo docente (Almeida, 2012). A autora inclusive propõe que a formação de professores, orientada pela psicanálise, deve articular conhecimento e saber. De um lado, o conhecimento técnico-científico, contingencial, e do outro, o saber inconsciente, enigmático, que anima o desejo do sujeito. Segundo ela, o educador só pode sustentar sua prática de forma ética quando reconhece que seu trabalho é atravessado pela divisão subjetiva, pela transferência e pelo desejo. E ainda, a prática não deve se reduzir à aplicação instrumental de técnicas. E do mesmo modo, a análise clínica das práticas docentes é uma via privilegiada para que o professor se confronte com seu próprio dizer e construa uma posição subjetiva singular no ofício. E retoma

Freud de 1937 ao indicar que educar é uma experiência que convoca o sujeito a habitar o seu desejo, reconhecendo os limites e as impossibilidades constitutivas da educação. E defende que a formação docente psicanalítica deve articular conhecimento e saber inconsciente, reconhecendo que o desejo do professor é sustentado pela divisão subjetiva e pela transferência. O educador testemunha um saber que o interroga e que não se reduz à técnica, mas que se constitui como produção singular de desejo na experiência de ensinar.

Proposição do autocuidado ativo. O autocuidado ativo, portanto, não se reduz a práticas individuais de gerenciamento emocional. Como destaca Dejours (1992, 1999), o sofrimento não pode ser compreendido como um problema privado do indivíduo, mas como resultado das contradições organizacionais e da injustiça social que se banaliza no cotidiano.

Do mesmo modo, Gaulejac (2007) demonstra que o mal-estar não é apenas psicológico, mas uma produção social vinculada às lógicas de gestão e de controle próprias do capitalismo contemporâneo. Nessa direção, reconhecer o sofrimento docente como fenômeno coletivo e institucional é fundamental para que seja possível ressignificá-lo. Para Gaulejac, o método das histórias de vida (2005), permite ao sujeito reconstruir sentidos, tornando visível o mal-estar e abrindo possibilidade de transformação coletiva. O termo, no sentido de *récit de vie*, ou seja, relato de vida, para interpretar e ressignificar a experiência vivida, não é simplesmente narração de fatos e historietas. Mostra como o sujeito, ao narrar sua experiência no encontro com o outro, seja em um grupo, em espaços de relação de pesquisa de fala e escuta, pode reconstruir sentidos, sentimentos, emoções, fantasias, reinscrever sua identidade e transformar vivências de opressão em trajetórias de reconhecimento. Serve como ferramenta para compreender como o social se inscreve na vida singular, ou seja, como as contradições, as violências e os suportes sociais aparecem na história de cada um. Tais dispositivos coletivos, aplicados ao campo educacional, podem atuar como mediadores simbólicos de escuta docente, permitindo que professores compartilhem impasses, restaurem laços de solidariedade e fortaleçam sua saúde psíquica.

Quando associadas a perspectivas afrocentradas e decoloniais, essas práticas integrariam a ancestralidade e a espiritualidade como dimensões indissociáveis do cuidado e da saúde coletiva.

É nesse ponto que se insere o condicionante “ativo” do conceito aqui proposto. A escolha do termo não remete apenas à ideia de intensificação ou ação individual. O autocuidado ativo dialoga com a tradição filosófica que concebe o cuidado como prática ética. Dialoga com a noção de *vita activa* desenvolvida por Hannah Arendt (2007), na qual a ação constitui a dimensão mais propriamente humana da vida, voltada para o mundo comum e para a pluralidade. E, em Foucault, ao cuidado de si como exercício de liberdade: “o cuidado de si implica uma relação de conhecimento, de exame e de transformação de si mesmo, que não pode ser dissociada de uma prática de liberdade” (Foucault, 2004, p. 16). Do mesmo modo, encontra ressonância na tradição aristotélica, em que a práxis é indissociável da ética e da busca por uma

vida boa (eudaimonia). Nessa perspectiva, o conceito desenvolvido neste trabalho de autocuidado ativo não se reduz ao cuidado de si como prática privada ou contemplativa, nem se reduz a técnicas de gestão emocional. Ele se realiza como ação ética, relacional e política no mundo compartilhado, implicando o sujeito em práticas coletivas de reconhecimento, pertencimento e transformação.

Além dessa fundamentação filosófica, o autocuidado ativo também se articula à ética psicanalítica. Se em Aristóteles o cuidado está ligado à eudaimonia e à realização da vida boa, e em Arendt à *vita activa* como ação no mundo comum, em Foucault de cuidar de si na liberdade, na psicanálise o cuidado só é possível quando o sujeito se implica com seu desejo e reconhece sua divisão constitutiva. Como destaca Lacan, “a única coisa da qual podemos ser culpados, no sentido da ética psicanalítica, é de ter cedido de nosso desejo.” (1959–1960/2008, p. 381). Ou seja, a ética da psicanálise não se orienta por um ideal de bem-estar normativo, mas pela possibilidade de sustentar o desejo sem se reduzir às demandas do Outro (Birman, 2009; Dunker, 2015). Assim, o autocuidado ativo propõe uma ética que integra cuidado de si, ação coletiva e elaboração do desejo, evitando tanto a lógica individualista quanto a captura pelas normatividades institucionais.

*Dimensão epistemológica.* As epistemologias decoloniais e afrocentradas, por sua vez, ampliam o conceito de autocuidado ativo. Viveiros de Castro (2002) apresenta que nas cosmologias ameríndias, o cuidado não é separado do coletivo: ele integra práticas comunitárias, relações com o território e espiritualidade. As contribuições de Sobonfu Somé (1999) e bell hooks (2000) defendem que saúde emocional se constrói em espaços de reciprocidade e escuta compartilhada. Somé enfatiza como a saúde emocional e o equilíbrio individual são inseparáveis das redes de interdependência e dos vínculos com ancestrais e comunidade. O cuidado de si não é individualizado, a comunidade é mediadora do sofrimento e da cura e a ancestralidade e os rituais são dimensões imprescindíveis da saúde.

O trabalho de bell hooks (Gloria Jean Watkins) discute a interseccionalidade entre opressão de raça, classe e gênero, e a escrever sobre pedagogia crítica, amor e ética do cuidado. Para a autora, o amor é uma prática ética e relacional que sustenta saúde e resistência, o autocuidado não é narcisismo, mas compromisso político e espiritual, e a reciprocidade é condição do florescimento. Portanto, essa visão decolonial desloca o autocuidado de uma lógica meritocrática para uma ética relacional, onde o sofrimento pode ser nomeado, narrado e coletivamente elaborado.

No contexto contemporâneo, esses aportes permitem ressignificar a relação com as tecnologias educacionais. Em vez de espaços de isolamento e vigilância, plataformas digitais podem ser apropriadas como dispositivos de cuidado coletivo, com fóruns de escuta, comunidades de prática, grupos de supervisão online que fortaleçam vínculos de pertencimento. Assim, o autocuidado ativo contribui para transformar a experiência da digitalização: de um vetor de intensificação do mal-estar docente para uma possibilidade de educação humanizada em meio à sociedade digital acelerada.

A partir dessas dimensões, podemos inferir que a saúde é um eixo necessário na formação docente. Compreender a saúde como eixo significa deslocá-la de uma perspectiva exclusivamente preventiva ou assistencial para reconhecê-la como dimensão constitutiva do trabalho educativo. Nessa direção, o autocuidado ativo não deve ser apenas uma resposta pontual ao sofrimento, mas um princípio orientador das práticas formativas e da organização institucional, por isso ele tem o condicionante ativo. Isso implica integrar à formação inicial e continuada espaços regulares de reflexão coletiva, supervisão sócio clínica ou intervisão entre pares (como espaço de apoio emocional e ético, para estimular aprendizagem coletiva e colaborativa e desenvolver competências relacionais e éticas), grupos de escuta e partilha de experiências, além de atividades que promovam o reconhecimento mútuo, o pertencimento comunitário e a elaboração simbólica dos desafios da docência. Incorporar a saúde, física e principalmente mental-emocional, de forma transversal ao percurso formativo contribui para sustentar o desejo de ensinar, fortalecer vínculos de solidariedade e criar condições institucionais que reconheçam a saúde socioemocional como direito coletivo e fundamento ético da qualidade educativa.

### 3. Considerações finais

Os resultados deste estudo indicam que enfrentar o mal-estar docente requer transformar não apenas práticas individuais, mas sobretudo políticas institucionais, culturas organizacionais e concepções sobre o trabalho educativo. A intensificação da sociedade digital acelerada trouxe ganhos de democratização via EaD, mas também novos vetores de precarização: sobrecarga no uso de múltiplas plataformas, vigilância algorítmica e diluição dos limites entre vida pessoal e profissional.

Nesse contexto, o conceito de autocuidado ativo, fundamentado na psicanálise, na sociologia clínica e em epistemologias decoloniais e afrocentradas, oferece um caminho teórico-prático para sustentar o desejo de ensinar sem sucumbir à exaustão. Diferentemente das respostas individualizantes centradas em medicalização ou coaching, o autocuidado ativo reconhece o sofrimento como fenômeno coletivo, relacional e institucional, demandando espaços de fala, escuta e supervisão que possibilitem elaborar simbolicamente as tensões da docência.

É fundamental ainda reconhecer que a saúde docente deve ser tratada como direito coletivo, não como responsabilidade isolada. A própria NR-1 (Brasil, 2019) já estabelece que a saúde e a segurança no trabalho incluem fatores psicossociais, reforçando que a dimensão mental precisa estar integrada às políticas de proteção e valorização profissional. Incorporar esse princípio ao campo educacional significa reconhecer que o cuidado não é apenas uma prática individual, mas um dever institucional e social.

Assim, compreender a saúde como eixo da formação docente implica reposicionar o cuidado como princípio estruturante da qualidade educativa. Em meio às pressões da digitalização, práticas de autocuidado ativo podem ressignificar as tecnologias como mediadoras de solidariedade, pertencimento e humanização. Uma

educação que cuida de seus professores cria condições para que o trabalho docente floresça, fortalecendo vínculos de solidariedade, garantindo saúde psíquica e contribuindo para a qualidade social da escola.

**MAL-ESTAR DOCENTE NA SOCIEDADE DIGITAL ACELERADA:  
AUTOCUIDADO ATIVO E EDUCAÇÃO HUMANIZADA**  
**TEACHER MALAISE IN THE ACCELERATED DIGITAL SOCIETY: ACTIVE SELF-  
CARE AND HUMANIZED EDUCATION**  
**MALESTAR DOCENTE EN LA SOCIEDAD DIGITAL ACELERADA:  
AUTOCUIDADO ACTIVO Y EDUCACIÓN HUMANIZADA**

**Abstract**

Teacher malaise has intensified in recent decades, marked by precarization of working conditions, social devaluation, and a high incidence of mental illness among teachers in both basic and higher education. In the contemporary context, these factors are exacerbated by the accelerated digital society, in which the expansion of distance education and the massive use of technological platforms have simultaneously broadened access and increased overload, hyperconnectivity, and algorithmic surveillance of teacher performance. This article introduces the concept of active self-care, grounded in psychoanalysis, clinical sociology, and decolonial and Afrocentric epistemologies, as an alternative to individualizing responses to suffering, which often place responsibility for illness on teachers themselves. The study adopts a qualitative and exploratory approach, based on documentary and bibliographic analysis of recent studies, institutional reports, educational censuses, and labor regulations such as NR-1, which recognizes psychosocial factors in occupational health. The analysis is organized into three dimensions: structural, subjective, and epistemological. The findings indicate that addressing teacher malaise requires acknowledging health as a constitutive axis of teacher education and work, shifting care from an individual practice to collective and institutional strategies. Furthermore, the study highlights the need to reframe educational technologies as mediators of belonging and solidarity rather than merely vectors of precarization. It concludes that active self-care can contribute to a more humanized, sensitive, and democratic education amid the pressures of accelerated digitalization.

**Keywords:** Teacher malaise. Active self-care. Digital society. Distance education. Humanized education.

**Resumen**

El malestar docente se ha intensificado en las últimas décadas, marcado por la precarización de las condiciones laborales, la desvalorización social y la alta incidencia de trastornos mentales entre profesores de la educación básica y superior. En el contexto contemporáneo, estos factores se ven agravados por la sociedad digital acelerada, en la cual la expansión de la educación a distancia y el uso masivo de

plataformas tecnológicas han ampliado el acceso, pero también han incrementado la sobrecarga, la hiperconectividad y la vigilancia algorítmica sobre el desempeño docente. Este artículo introduce el concepto de autocuidado activo, fundamentado en el psicoanálisis, la sociología clínica y epistemologías decoloniales y afrocentradas, como alternativa a las respuestas individualizantes frente al sufrimiento, que suelen responsabilizar al propio docente de su enfermedad. La investigación, de carácter cualitativo y exploratorio, se basa en el análisis documental y bibliográfico de estudios recientes, informes institucionales, censos educativos y normativas laborales como la NR-1, que reconoce los factores psicosociales en la salud ocupacional. El análisis se organizó en tres dimensiones: estructural, subjetiva y epistemológica. Los hallazgos indican que afrontar el malestar docente requiere reconocer la salud como un eje constitutivo de la formación y del trabajo educativo, desplazando el cuidado de una práctica individual a estrategias colectivas e institucionales. Asimismo, se subraya la necesidad de resignificar las tecnologías educativas como mediadoras de pertenencia y solidaridad, y no únicamente como vectores de precarización. El estudio concluye que el autocuidado activo puede contribuir a una educación más humanizada, sensible y democrática en medio de las presiones de la digitalización acelerada.

**Palabras clave:** Malestar docente. Autocuidado activo. Sociedad digital. Educación a distancia. Educación humanizada.

## Referências

ALMEIDA, S.F.C de. Formação continuada de professores: conhecimento e saber na análise clínica das práticas profissionais. **Estilos de Clínica**. v.17, n.1 São Paulo jun. 2012. Disponível em: [https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-71282012000100006](https://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-71282012000100006) . Acesso em 11 abr 2025.

ARENDDT, H. **A condição humana**. 11. ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 2007.

ARISTÓTELES. **Ética a Nicômaco**. São Paulo: WMF Martins Fontes, 2009.

BARBOSA, R. E. C.; ALCANTARA, M. A.; FONSECA, G. C.; ASSUNÇÃO, A. Á. Afastamento do trabalho por distúrbios musculoesqueléticos entre os professores da educação básica no Brasil. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 48, 2023. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbso/a/w748sTy3JtrzqqM4kPwNkZK/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em 12 abr. 2025.

BIRMAN, J. **O mal-estar na atualidade: a psicanálise e as novas formas de subjetivação**. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2009.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora nº 1 – Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais**. Brasília, DF: MTE, 2019.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP). Censo da Educação Superior 2024: notas estatísticas. Brasília, DF: Inep, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br> . Acesso em: 25 set. 2025.

CALDAS, F. B. et al. Adoecimento mental em professores de escolas públicas no Brasil. **Cadernos de Educação**, v. 24, n. 48, p. 9-13, 2025. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/389458074\\_ADOECIMENTO\\_MENTAL\\_EM\\_PROFESSORES\\_DE\\_ESCOLAS\\_PUBLICAS\\_NO\\_BRASIL#fullTextFileContent](https://www.researchgate.net/publication/389458074_ADOECIMENTO_MENTAL_EM_PROFESSORES_DE_ESCOLAS_PUBLICAS_NO_BRASIL#fullTextFileContent) Acesso 7 maio 2025.

CHEN, B. C.; LIU, C.-Y.; YAU, J.-Y. The impact of teachers' perceived competence in information and communication technology usage, and workplace anxiety on well-being, as mediated by emotional exhaustion. **Frontiers in Psychology**, v. 15, 2024. Disponível em: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2024.1404575/full> . Acesso em: 20 set. 2025.

CNTE. CONFEDERAÇÃO NACIONAL DOS TRABALHADORES DA EDUCAÇÃO. **Pesquisa mostra que professores/as possuem predisposição ao aparecimento de doenças crônicas não transmissíveis**. Ana Paula Sousa, 23 set. 2024. Disponível em: <https://cnte.org.br/noticias/pesquisa-mostra-que-professoras-possuem-predisposicao-ao-aparecimento-de-doenc-8dd9>. Acesso 8 mar 2025.

DEJOURS, C. **A banalização da injustiça social**. Rio de Janeiro: Editora FGV, 1999.

DEJOURS, C. **A loucura do trabalho**: estudo de psicopatologia do trabalho. 6. ed. São Paulo: Cortez, 1992.

DUNKER, C. I. L. **Mal-estar, sofrimento e sintoma**: uma psicopatologia do Brasil entre muros. São Paulo: Boitempo, 2015.

FARIAS, B. H da S., WAGNER, F. **Condições de trabalho e adoecimento docente: causas persistentes**. 2024. In SciELO Preprints. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/SciELOPreprints.10323> <https://preprints.scielo.org/index.php/scielo/preprint/view/10323> . Acesso em: 10 abr 2025.

FERNÁNDEZ-ARIAS, P.; ANTÓN-SANCHO, Á.; SÁNCHEZ-CALVO, M.; VERGARA, D. Teaching Experience as a Key Factor in Dealing with Digital Teaching Stress. **Education Sciences**, v. 14, n. 8, 809, 2024. DOI: 10.3390/educsci14080809. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2227-7102/14/8/809>. Acesso em: 18 set. 2025.

FREUD, S. **O mal-estar na civilização, nova conferências, introdutórias à psicanálise e outros textos (1930-36)**. Obras completas volume 18. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

FREUD, S.. Análise terminável e interminável (1937). In: **Obras completas de Sigmund Freud**. Vol. 23. São Paulo: Companhia das Letras, 2016.

FOUCAULT, M. **A hermenêutica do sujeito**: curso no Collège de France (1981-1982). São Paulo: Martins Fontes, 2004.

GAULEJAC, V. de. **A sociedade do mal-estar**: Coaching, gestão e capitalismo. Petrópolis: Vozes, 2007.

GAULEJAC, V. de; MARQUEZ, S. R.; RUIZ, E. T. (orgs.). **Historia de vida**: psicoanálisis y sociología clínica. México: Edición de la Universidad Autónoma de Querétaro, 2005, p. 61-90.

GOUVÊA, L. A. V. N. DE .. As condições de trabalho e o adoecimento de professores na agenda de uma entidade sindical. **Saúde em Debate**, v. 40, n. 111, p. 206–219, out. 2016.  
<https://www.scielo.br/j/sdeb/a/csTLDPyFBWXLBtCnSn6R8qp/?format=html&lang=pt>

HAN, B.-C. **Sociedade do cansaço**. Petrópolis: Vozes, 2015.

HAN, B.-C. **Psicopolítica**: neoliberalismo e novas técnicas de poder. Belo Horizonte: Âyiné, 2017.

HAIKAL, D. S., PRATES, T. E. C., VIEIRA, M. R. M., MAGALHÃES, T. A. de ., BALDO, M. P., BATISTA DE PAULA, A. M., FERREIRA, E. F. e D. S. Fatores de risco e proteção para doenças crônicas não transmissíveis entre professores da educação básica. **Revista Brasileira de Saúde Ocupacional**, v. 48, p. e5, 2023.  
<https://doi.org/10.1590/2317-6369/42520pt2023v48e5>

HOOKS, b. **All about love**: New visions. New York: William Morrow, 2000.

ILO. INTERNATIONAL LABOR ORGANIZATION. Unesco. United Nations. **United Nations. Secretary-General’s High-Level Panel on the Teaching Profession**. Recommendations and summary of deliberations. 2024. Disponível em: [https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40ed\\_dialogue/%40sector/documents/publication/wcms\\_912921.pdf?utm\\_](https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/%40ed_dialogue/%40sector/documents/publication/wcms_912921.pdf?utm_). Acesso 8 maio 2025.

NASCIMENTO, K. B. do; SEIXAS, C. E.. O adoecimento do professor da Educação Básica no Brasil: apontamentos da última década de pesquisas. **Revista Educação Pública**, v. 20, nº 36, 22 set. 2020. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/20/36/josepho-adoecimento-do-professor-da-educacao-basica-no-brasil-apontamentos-da-ultima-decada-de-pesquisas>

SILVA, J. C. da . et al.. Saúde mental, adoecimento e trabalho docente. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 27, p. e242262, 2023. <https://doi.org/10.1590/2175-35392023-242262>

SOMÉ, S. B. **The spirit of intimacy**: Ancient African teachings in the ways of relationships. New York: William Morrow, 1999.

STANG-RABRIG, J.; KLUSMANN, U.; et al. Teachers’ occupational well-being during the COVID-19 pandemic: The role of resources and demands in remote teaching. [artigo em acesso aberto na PubMed Central], 2022. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9217138/> Acesso em:15 set. 2025.

---

STASIAK, Priscila; PEDROSO, Bruno; FREITAS JÚNIOR, Miguel Archanjo de; CARMO, Gonçalo Cassins Moreira do; FUJINAGA, Cristina Ide. Síndrome de burnout e o trabalho docente: uma revisão integrativa da literatura. **Revista CPAQV - Centro de Pesquisas Avançadas em Qualidade de Vida**, [S. l.], v. 13, n. 2, 2021. DOI: 10.36692/v13n2-05R. Disponível em: <https://revista.cpaqv.org/index.php/CPAQV/article/view/747>. Acesso em: 12 mar. 2025.

VIVEIROS DE CASTRO, E. **A inconstância da alma selvagem**. São Paulo: Cosac Naify, 2002.

### Como referenciar este artigo:

MUNIZ, Katia Cristian Puente. Mal-estar docente na sociedade digital acelerada: autocuidado ativo e educação humanizada. **Revista Tecnologia Educacional [online]**, Rio de Janeiro, n. 247, p. 46-59, 2025. ISSN: 0102-5503. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18061603>.

**Submetido em:** set/2025

**Aprovado em:** nov/2025

# A ROBÓTICA DE BAIXO CUSTO COMO CATALISADOR DO DESENVOLVIMENTO COGNITIVO NO ENSINO DE ELETROMAGNETISMO: DA TEORIA DE HERTZ À INOVAÇÃO LOCAL

Michel Albuquerque da Cunha<sup>1</sup>  
Maicon Maciel Ferreira de Araújo<sup>2</sup>  
Fabrício Moraes de Almeida<sup>3</sup>

## **Resumo:**

A precariedade no ensino de Física nos níveis iniciais se manifesta na falta de professores, em ambientes inapropriados e na insistência em métodos ultrapassados, que priorizam a memorização de informações. Para melhorar a qualidade do ensino, sugere-se a integração fundamental das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC's) e da Robótica Educacional. A robótica surge como um recurso valioso, impulsionando o pensamento lógico, a imaginação e a colaboração, encorajando a participação ativa do estudante. O objetivo principal foi atingido através da criação e aplicação de um modelo de robótica educacional acessível, que reproduz o experimento de Hertz, confirmando a presença e a propagação das ondas eletromagnéticas com velocidade limitada, um divisor de águas para a física moderna. A abordagem utilizada foi a pesquisa prática, centrada na montagem de um protótipo operacional usando materiais baratos e ecologicamente corretos, incluindo resíduos eletrônicos traz os traços da inovação. Os resultados práticos, obtidos via Bluetooth, apresentaram oscilações devido a condições externas e capacitivas, mas estão alinhados com a teoria eletromagnética ao antecipar interações durante a difusão das ondas. Dessa forma, o estudo ressalta que o protótipo acessível cumpre sua função e atua como um motor do progresso local e da sustentabilidade social. A fabricação com materiais reutilizados e lixo eletrônico promove a reciclagem e reduz o descarte inadequado de peças, promovendo um benefício social e ambiental significativo. E como projeção futura o trabalho de pesquisa prevê otimizar o protótipo a fim de eliminar interferências eletromagnéticas e obter dados com menor variação em relação a teoria embasada.

<sup>1</sup> Graduando de Engenharia Elétrica na Faculdade Metropolitana de Rondônia – UNNESA, <http://lattes.cnpq.br/5994672407187971>, e-mail: [michelalb07@gmail.com](mailto:michelalb07@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutorando em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente (UNIR). Docente na Mediação Tecnológica de Rondônia – SEDUC/RO <http://lattes.cnpq.br/0500045213932187>, e-mail: [maiconmaciel14071991@seduc.ro.gov.br](mailto:maiconmaciel14071991@seduc.ro.gov.br)

<sup>3</sup> Doutor em Física (UFC). Docente na Universidade Federal de Rondônia – UFRO - <http://lattes.cnpq.br/5959143194142131>, e-mail: [dr.fabriciomoraes001@gmail.com](mailto:dr.fabriciomoraes001@gmail.com)

**Palavras-chave:** Antena de Hertz. Robótica educacional. Desenvolvimento cognitivo. Eletromagnetismo. Arduino. Inovação.

## 1. Introdução

A educação básica atravessa uma crise em diversas áreas, dentro desta se encontra a problemática do ensino de Física. Caracterizada pela escassez de formação continuada para os docentes e mesmo a falta de docentes em diversas unidades escolares. Somado a este cenário temos em alguns casos as condições inadequadas de trabalho somado com uma necessidade sempre urgente de acompanhar as sucessivas mudanças na matriz curricular do ensino médio, que vem passando por reformas de modo a confundir a identidade da sua finalidade enquanto função social.

Esse quadro é piorado levando em considerações práticas antiquadas que colocam como prioridade procedimentos de aprendizagem mecânica, comum ainda no século XIX, negligenciando a necessidades de discussões mais contemporâneas. O modelo ainda está focado na figura do docente, ignorando o potencial criativo e de curiosidade dos educandos, tornando perpétua a prática da educação bancária (Freire, 1988, pp. 58-59). Torna-se prioridade o desuso de tais práticas, dando margem para discussões que visem a aprendizagem mais significativa.

Uma forma de modificar essa condição atual visando uma educação que converse com os desafios e temáticas do século XXI, é indispensável, a assimilação das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação – TDIC's, pois são ferramentas didáticas que ajudarão a lidar tanto com problemáticas sociais quanto aos pertinentes ao ambiente escolar. Neste cenário a Robótica Educacional apresenta-se como potencial ferramenta para uma postura ativa do discente, uma vez que propicia o desenvolvimento do senso de trabalho em grupo, a criatividade e o raciocínio lógico (Fernandes e Zanon, 2022, p. 1).

Ao falar sobre inovação tecnológica e o seu potencial para transformação no ensino, não podemos deixar de lado conceitos são emergentes como desenvolvimento sustentável, uma vez que houve um distanciamento entre humanidade e o seu próprio meio. Na visão de Camargo e Mansano (2021), o cidadão só será apto a transformar positivamente o mundo na medida em que ele pertencer a um meio onde se pratica a sustentabilidade social e a partir desta se praticam atos que visam melhorar a qualidade de vida e redução de desigualdades no tocante a acesso a educação de qualidade.

O papel da robótica educacional na sustentabilidade encontra-se em dupla aplicação, sendo uma delas a possibilidade de reduzir os custos dos recursos e materiais utilizados nas práticas docentes em sala de aula. Uma vez que nem todos os componentes serão comprados e sim materiais reutilizados, fomentando assim a reciclagem. A outra vantagem seria a reutilização de lixo eletrônico, que na visão de Teixeira et al. (2018) impactaria em problemas sociais e ambientais devido ao fato de

que evitaria o descarte inadequado desses componentes diretamente no meio ambiente evitando assim substâncias tóxicas liberadas no meio ambiente.

As avaliações nacionais são balizadores de referência para nortear em que sentido deve ser aprimorado o ensino de Física. Destacando-se neste ponto o Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM, sendo este um instrumento para o acesso ao ensino superior. O ENEM, apesar das reformas tem-se mantido como enfoque a cobrança em uma abordagem mais teórica conteudista. Segundo Dias, Silva e Filho (2021), o ENEM cobra a aplicação dos conceitos de física em situações específicas, sendo que o Eletromagnetismo um dos conteúdos de maior prevalência nos conteúdos de Física da prova.

O modelo tradicional que se utiliza de memorização e aprendizagem mecânica ou bancária enfrenta problemas ao supor que o discente entenda de modo significativo conceitos tão abstratos como os de eletromagnetismo. Nesse sentido, faz-se necessário recursos de natureza prática que oportunizem uma concepção material de fenômenos que não são diretamente palpáveis.

A tecnologia que envolve a comunicação contemporânea conta com teorias e conceitos que podem ser explicados pela Física Moderna e não são apenas explicados como também oferecem e dão embasamento teórico para construção e funcionamento de antenas de Hertz. Na visão de Andrade e Corrêa (2023), o uso de linguagem científica e tecnológica permitem aos discentes a visualização de fenômenos e estruturas que permitem a aplicação da robótica educacional.

Pensando em direcionar o ensino de Física para o enfoque de promoção da sustentabilidade social e ambiental e levando em consideração o balizador conceitual que é o ENEM, o presente trabalho compromete-se em ensinar e aplicar a construção de um protótipo educacional com robótica educacional com materiais sustentáveis que demonstrem o experimento de Hertz com as antenas. O presente trabalho, portanto, visa fazer referência a um experimento que foi um marco no eletromagnetismo e desenvolvê-lo com recursos TDIC's visando catalisar o desenvolvimento regional e a aprendizagem do eletromagnetismo.

## 2. Fundamentação Teórica

A compreensão das ondas eletromagnéticas pode ser melhor alcançada através do experimento de Heinrich Hertz (1857-1894), uma vez que representa uma confirmação experimental de uma das mais ambiciosas previsões teóricas contempladas no século XIX que é a teoria de campos do físico James Clerk Maxwell (1831-1879). Este evento, na visão de Toledo e Cavalcante (2021), permitiu que as tecnologias mais recentes que possuem como embasamentos teóricos e fenômenos físicos como recepção, emissão e propagação consolidem um período de transição entre teorias que vai da física de Newton e as forças a distância para uma física moderna de campos.

Ao trabalhar na teoria dos campos, Maxwell precisou idealizar um formalismo matemático que fosse adequado para aplicação na árdua missão de unificar uma teoria que abordasse fenômenos magnéticos e elétricos, antes vistas como isoladas

e independentes. Maxwell percebeu que fenômenos luminosos são expressões de ondas do tipo transversais e que estas possuem a mesma natureza que constitui e explica a eletricidade e o magnetismo (Lima et al., 2024).

Nesta abordagem matemática, Maxwell consegue resolver as equações diferenciais e chega numa solução que demonstra que a velocidade com que uma onda eletromagnética se propaga é universalmente uma constante que coincide com a velocidade de propagação da luz. Essa igualdade, segundo Gonzalez Pérez (2023), entre os resultados encontrados matematicamente por Maxwell e o experimentalmente por Hertz dão forte embasamento para aproximar a teoria ondulatória da luz com o eletromagnetismo.

Michel Faraday (1791 – 1867) introduziu no eletromagnetismo o conceito de campo e vai contra a ideia de Isaac Newton de ação instantânea a distância. Na perspectiva de Rodríguez Ortiz (2016), esta ideia de Faraday serviu como base para uma parcela das teorias de Maxwell.

Na visão de Faraday, forças podem atuar sobre outras forças em pontos próximos entre si e não a distância. Fenômeno que ele associou as perturbações de campo cujo tempo para manifestação não foi por ele quantificada.

Em contraste, a eletrodinâmica anterior, como a teoria de Ampère-Weber, de corte newtoniano, explicava os fenômenos através de ações a distância com velocidade infinita, paradigma dominante no continente europeu até Hertz. No continente europeu, existiam até antes dos trabalhos de Hertz o paradigma de que essas ondas apresentavam velocidade infinita, ocorrendo os fenômenos portanto de forma instantânea. Paradigma este sustentado pela visão da eletrodinâmica ainda embasada em Ampere-Weber.

A academia de Ciências de Berlim, motivada pelas previsões teóricas de Maxwell, ofereceu um prêmio no ano de 1867 para quem pudesse comprovar as ondas eletromagnéticas. O que, segundo Balsas (2021), deveria haver nessa investigação algo palpável que relacionasse polarização elétrica em isolantes e forças eletrodinâmicas. Essa exigência foi historicamente um ponto de partida norteadora para as temáticas experimentais e Hertz.

Os estudos experimentais de Hertz, realizados em Karlsruhe no período compreendido entre 1885 e 1889, findou com a ratificação da existência e transmissão das ondas eletromagnéticas no ar e feitas com uma velocidade comprovadamente finita. Sendo a trajetória de Hertz voltada da transição de um entendimento mais tradicional da eletrônica e migrando para a visão de campo defendida por Maxwell.

O propósito de Hertz era expressar que a mudança da polarização de substâncias dielétricas induzia um campo magnético. Com a finalidade de gerar os pulsos eletromagnéticos, Hertz fez uso do oscilador linear, que era constituído de duas grandes esferas metálicas unidas por um condutor, interrompido por um faiscador. Este oscilador, segundo Gonzalez Pérez (2023) combinado com uma bobina do tipo Ruhmkorff e uma garrafa de Leyden, modificada a corrente elétrica contínua em uma corrente variante, resultando em uma chispa oscilante de alta frequência.

No experimento de Hertz, a detecção do sinal deve levar em consideração a relação de ressonância existente entre o circuito que o recebe e a frequência do circuito fonte da oscilação. Segundo Segura Lopez (2015), o cientista utilizou um ressonador que tinha o formato de espira aberta que produzia faísca, sendo que este centelhamento foi um indício da existência de propagação.

Na perspectiva de Hertz, o conjunto de equações que expressam a essência da teoria era a contribuição mais duradoura de Maxwell. Qualquer representação que resultasse nesse mesmo conjunto seria simplesmente uma manifestação ou variação particular da teoria de Maxwell (Hertz, 1962, p. 21). A confirmação experimental de Hertz foi fundamental para o desenvolvimento posterior das comunicações, influenciando estudos na transmissão de telegrafia sem fios.

Com base em suas experiências, Hertz revelou que as ondas eletromagnéticas apresentavam um comportamento tipicamente ondulatório, confirmando as características de reflexão, refração e polarização. A constatação da polarização comprovou a natureza transversal das OEM.

Hertz empregou uma tela de fios, que funcionava como uma lâmina de turmalina, permitindo a passagem da componente do campo elétrico perpendicular aos fios. Segundo Lima et al. (2024), a reflexão regular foi atestada ao direcionar o raio eletromagnético para uma parede, notando que os ângulos de incidência e reflexão eram idênticos. Ademais, a refração foi demonstrada através do uso de um prisma de piche.

O dipolo Hertziano, fundamental no estudo do eletromagnetismo, é um modelo idealizado para a radiação de uma fonte de corrente oscilante (HAYT JR.; BUCK, 2001, p. 175). Este elemento condutor possui um comprimento muito pequeno em relação ao comprimento de onda e apresenta uma distribuição de corrente linear, alcançando o valor máximo no centro e decaindo a zero nas extremidades.

Na visão de Hayt e Buck (2001), a quantificação dos campos elétrico e magnético na zona de radiação em função da distância define a capacidade de propagação da onda. A amplitude do campo elétrico de radiação é inversamente proporcional à distância a partir do dipolo. O campo magnético de radiação está diretamente relacionado ao campo elétrico por meio da impedância intrínseca do meio.

Os termos com  $1/r^2$  e  $1/r^3$  predominam nas proximidades do elemento de corrente, mas só o termo  $1/r$  permanece relevante em regiões distantes. Assim, na zona distante, apenas o termo  $1/r$  é relevante, tornando válidas as equações apresentadas para os campos magnéticos e elétricos:

$$\mathbf{H}_{\phi,s} = \frac{jI_0\beta dl}{4\pi r} \sin\theta e^{-j\beta r}, \mathbf{E}_{\theta,s} = \eta \mathbf{H}_{\phi,s} \quad (01)$$

Os campos de irradiação são ortogonais e estão em fase, como ondas planas. Segundo Sadiku (2012), os limites entre zona próxima e distante são dados pelas condições  $\beta r \ll 1$  e  $\beta r \gg 1$ . A equação 01 contém termos que juntos descrevem os

campos irradiados, nela temos que  $j$  mostra que o campo oscila;  $\omega$  é a frequência;  $\beta$  é o número de onda, ligado ao comprimento de onda;  $I$  indica a corrente do elemento emissor;  $4\pi r$  mostra o espalhamento com a distância;  $\eta$  é a impedância do meio; e  $H_{\phi,s}$ ,  $E_{\theta,s}$  são os valores dos campos magnético e elétrico emitidos.

### 3. Metodologia

De forma geral, pela natureza prática do objetivo do presente trabalho em construir um protótipo de robótica educacional funcional para fins de ensino, este se enquadra primeiramente na pesquisa aplicada, pois o foco é o desejo de fazer algo de maneira eficiente (GIL, 2002, p. 41). Neste caso a eficácia está em apresentar uma releitura de um dos experimentos mais tradicionais na história do eletromagnetismo fazendo o uso de tecnologias que possam ser aplicadas ao ensino.

Em termos de delineamento, segundo Gil (2002), a construção de um protótipo funcional e a demonstração controlada de um fenômeno se aproxima do modelo de Pesquisa Experimental. Isso é reforçado pelo fato de que o artigo visa demonstrar a viabilidade de uma técnica como uma solução potencial e prática para problemas educacionais futuros.

No quadro 01 a seguir constam os materiais necessários para a montagem do protótipo.

**Quadro 01:** materiais utilizados na montagem.

Quantidade	Descrição do material	Tamanho
e		
04	Haste de cobre	33cm
11	Jumper	Variável
02	Led difuso 5mm	-
01	Buzzer ativo – 5V	-
01	Diodo (1n4007)	-
03	Resistor de Cerâmica 1k ohm	-
02	Suporte para as hastes de cobre	-
04	Placa de alumínio	10 x 7 cm
04	Fio de rede retirados de um cabo de internet - rj45	30cm
01	Fonte de alimentação ou power bank	-
01	Modulo bluetooth - hc05	-
01	Arduino Uno R3	-
01	Protoboard de 1660 pontos	-

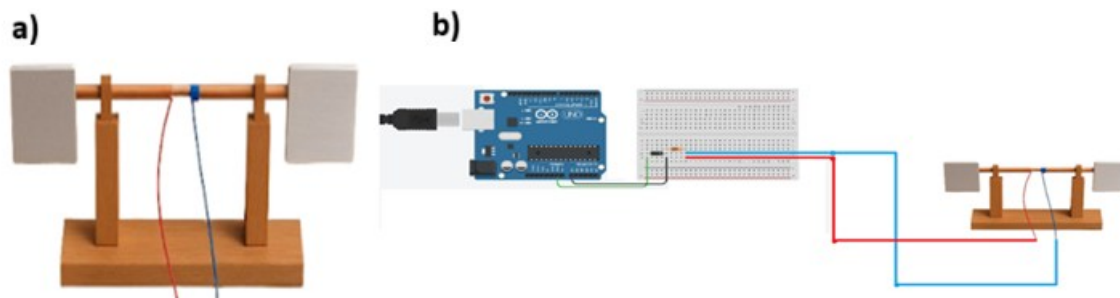
Fonte: elaborado pelos autores.

Para fazer a montagem das antenas, as hastes de cobre foram fixadas no suporte, de modo que ficassem dispostas em série e separadas por uma distância de aproximadamente 0,5 mm a 1 mm. Ressalta-se que, quanto menor a distância entre as hastes, mais facilmente o sinal flui; entretanto, elas não devem entrar em contato físico.

Após a fixação das hastes, foram fixadas as placas de alumínio, as quais permaneceram em contato direto com o cobre. Essa configuração possibilita a captação das ondas eletromagnéticas pelas placas e sua transferência para as hastes. Garantiu-se que todas as placas estivessem firmemente presas e

mantivessem distância e altura iguais em relação ao suporte, assegurando o paralelismo perfeito entre elas, conforme ilustrado na Figura 1.a).

**Figura 1** – a) Diagrama das antenas. b) Diagrama da conexão da antena receptora no Arduino.

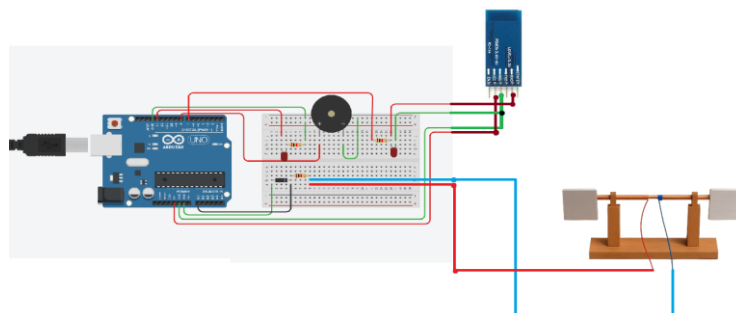


Fonte: elaborado pelos autores.

Para a antena receptora, os fios de um cabo de rede foram conectados às extremidades internas e posteriormente ao Arduino, de forma que este pudesse receber os dados. A ligação foi realizada da seguinte maneira: o terminal GND do Arduino foi conectado ao ânodo do diodo; o pino A0 foi conectado ao nó que contém o cátodo do diodo e um resistor de 1 k $\Omega$ ; e, por fim, os fios da antena foram ligados à outra extremidade do resistor. Essa configuração é representada na Figura 1.b).

Para as conexões da antena receptora prosseguiremos da seguinte maneira: o pino digital 8 do Arduino foi utilizado para o acionamento do buzzer. O terminal positivo (ou a maior perna, caso não haja marcação) foi conectado ao pino 8, enquanto o terminal negativo foi ligado ao GND do Arduino. O cátodo do LED foi conectado ao pino digital 13, enquanto o ânodo foi ligado a um resistor de 1 k $\Omega$ , cujo outro terminal foi conectado ao GND. A conexão do módulo Bluetooth requer atenção especial devido à diferença de tensão entre os dispositivos: o pino RXD do módulo opera em 3,3 V, enquanto as saídas digitais do Arduino fornecem 5 V. A ligação direta poderia danificar o módulo. O diagrama completo das conexões está representado na Figura 2.

**Figura 2** - Diagrama de conexões do arduino

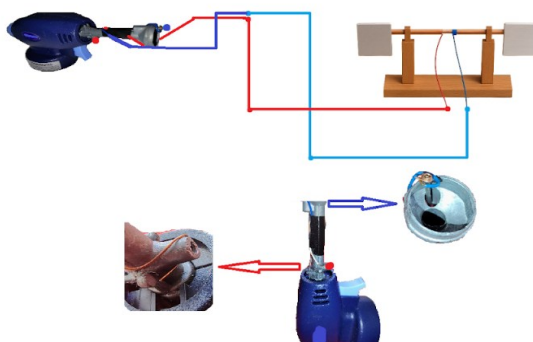


Fonte: elaborado pelos autores.

Dessa forma, para evitar esse problema, foi implementado um divisor de tensão, seguindo o procedimento descrito a seguir. O pino de 5 V do Arduino foi conectado ao terminal VCC do módulo, enquanto o GND do Arduino foi ligado ao GND do módulo, garantindo o mesmo potencial de referência. O pino digital 7 foi configurado como saída de sinal do Arduino. A partir desse pino, conectou-se um resistor de 1 k $\Omega$ , cuja outra extremidade formou um nó onde foram ligados o cátodo de um LED e o pino RXD do módulo. Por fim, o ânodo do LED foi conectado ao nó de GND, comum tanto ao Arduino quanto ao módulo.

Já para a antena emissora, as extremidades internas foram conectadas diretamente à fonte de pulsos, conforme ilustrado na Figura 3.

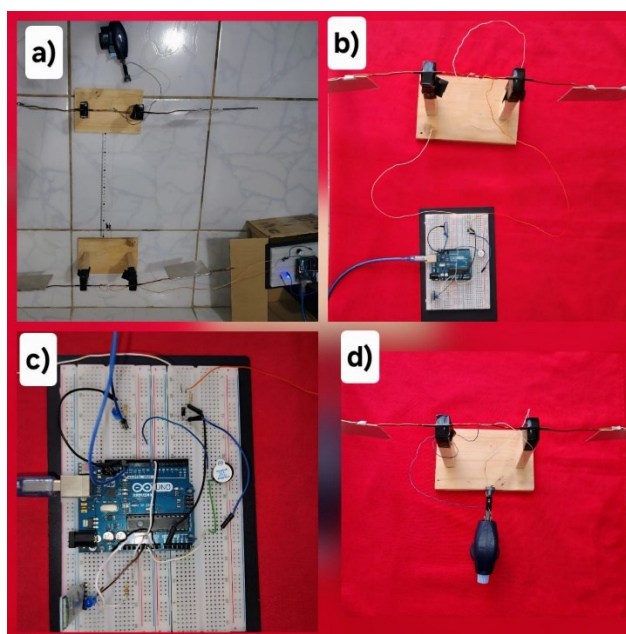
**Figura 3** - Diagrama de ligação da antena emissora



Fonte: elaborado pelos autores.

Após seguir todos os passos de montagem descritos e ilustrados nas figuras anteriores, haverá um projeto físico montado similar ao desenvolvido neste trabalho que está registrado na Figura 04 a seguir.

**Figura 4** – Protótipo físico montado.



Fonte: elaborado pelos autores.

Na figura 04.a) temos uma visão superior do protótipo funcional montado. Na figura 4.b) uma visão superior da antena receptora. Na figura 4.c) uma visão da conexão dos componentes eletrônicos na protoboard. Na figura 4.d) uma visão superior da antena emissora.

No quadro 02 a seguir, consta a programação que deve ser enviada do software Arduino IDE ao microcontrolador Arduino Uno.

**Quadro 02:** sketch do protótipo

```
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial bluetooth(2, 7);
int sensorPin = A0;
int ledPin = 13;
int buzzerPin = 8;
int limiar_adc = 200;
const float V_REFERENCIA = 5.0;
const float FATOR_CONVERSAO =
V_REFERENCIA / 1023.0;
bool alarme_disparado = false;
void setup() {
  pinMode(ledPin, OUTPUT);
  pinMode(buzzerPin, OUTPUT);
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
  Serial.begin(9600);
  bluetooth.begin(9600);
  float limiar_volts_reais = (limiar_adc *
FATOR_CONVERSAO);
  Serial.println("--- Sistema Pronto
(USB) - Monitoramento de Alta Velocidade ---
");
  String msg_pronto = "Monitoramento
Ativo. Alerta (V) acima de: " +
String(limiar_volts_reais, 2) + "V";
  Serial.print("BLUETOOTH (TX): ");
  Serial.println(msg_pronto);
  bluetooth.println(msg_pronto);
}
void loop() {
  int leitura_adc =
analogRead(sensorPin);
float V_lido_Arduino = leitura_adc *
FATOR_CONVERSAO;
float V_real_Antena =
V_lido_Arduino;
if (leitura_adc > limiar_adc &&
alarme_disparado == false) {
  alarme_disparado = true;
  digitalWrite(buzzerPin, HIGH);
  digitalWrite(ledPin, LOW);
  String dados_alerta = "ALERTA!
Pico Maximo: " + String(V_real_Antena, 2) +
"V";
  Serial.print("BLUETOOTH (TX): ");
  Serial.println(dados_alerta);
  bluetooth.println(dados_alerta);
  delay(500);
  digitalWrite(buzzerPin, LOW);
  digitalWrite(ledPin, HIGH);
}
if (leitura_adc < (limiar_adc / 2) &&
alarme_disparado == true) {
  alarme_disparado = false;
}
if (bluetooth.available()) {
  char comando = bluetooth.read();
  Serial.print("Comando Recebido
(Ignorado): ");
  Serial.println(comando);
}
```

Fonte: elaborado pelos autores.

Para a realização dos testes e obtenção dos dados, utilizou-se uma fita métrica para posicionar as antenas em distâncias conhecidas, garantindo precisão nas medições. É importante ressaltar que as distâncias foram medidas a partir das hastes de cobre e não do suporte utilizado.

As antenas foram dispostas de forma paralela, visando maximizar a recepção do sinal. Com o código devidamente carregado no Arduino, a antena conectada e o sistema energizado, foi utilizado o aplicativo “Serial Bluetooth Terminal” no smartphone, que permite a leitura dos dados transmitidos pelo Arduino via Bluetooth.

Após a instalação e o pareamento do dispositivo, a antena emissora foi posicionada a uma distância inicial de 40 cm. Em seguida, foram gerados três pulsos, com intervalo de dois segundos entre cada um, verificando-se a recepção dos dados

no smartphone. Posteriormente, a distância entre as hastes foi reduzida em 5 cm a cada novo teste.

Antes de cada nova medição, realizou-se um breve aterramento das placas de alumínio, a fim de evitar interferências capacitivas. Esse procedimento consistiu em conectar temporariamente um jumper entre a placa e o solo por aproximadamente três segundos. Após o aterramento, aguardou-se de 3 a 5 minutos antes dos próximos disparos. O processo foi repetido até a conclusão de todos os testes previstos.

#### 4. Resultados e Discussões

Os resultados experimentais coletados estão compilados na tabela 01, eles inicialmente foram expressos no smartphone do usuário a partir do uso do aplicativo “Serial Bluetooth Terminal”, onde estão discriminados pela indicação do número do ensaio ou teste experimental, valores das tensões em cada teste, valor médio encontrado a partir dos três ensaios e a distâncias entra as antenas em que cada ensaio foi realizado.

**Tabela 01:** tensões elétricas coletadas.

		Teste 1			Teste 2			Teste 5					
		Ensaio	Valor	Média	Ensaio	Valor	Média	Ensaio	Valor	Média			
T 1 - 36,7 cm // T 2 - 31,7 cm		I	1,29 V	1,31 V	I	1,00 V	1,26 V	I	1,06 V	1,20 V			
T 3 - 26,7 cm // T 4 - 21,7 cm		II	1,38 V		II	1,36 V		II	1,37 V				
T 5 - 16,7 cm // T 6 - 11,7 cm		III	1,26 V		III	1,43 V		III	1,19 V				
T 7 - 6,70 cm													
		Teste 3			Teste 4			Teste 6			Teste 7		
Ensaio	Valor	Média	Ensaio	Valor	Média	Ensaio	Valor	Média	Ensaio	Valor	Média		
I	1,29 V	1,28 V	I	1,23 V	1,12 V	I	1,61 V	1,40 V	I	1,58 V	1,39 V		
II	1,43 V		II	1,12 V		II	1,20 V		II	1,30 V			
III	1,13 V		III	1,02 V		III	1,40 V		III	1,30 V			

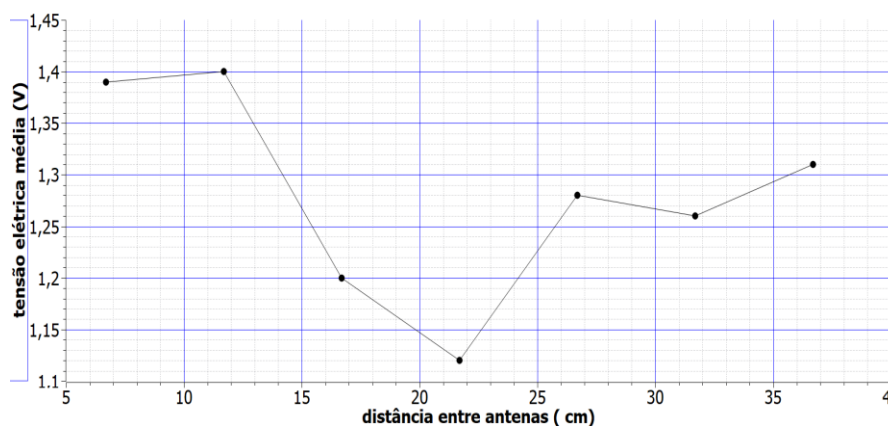
Fonte: elaborado pelos autores.

Os resultados da tabela 01 nos fazem refletir sobre a variabilidade experimental da tensão elétrica induzida a partir de ensaios repetidos de uma distância fixa. A teoria eletromagnética nos diz que esse valor seria dependente de diversas variáveis como o meio, corrente e tensão na antena emissora e distância.

Mantendo a distância fixa e estando sujeito à mesma tensão inicial espera-se resultados similares, no entanto, a variabilidade deles deve-se a fatores como instabilidades do meio, pequenas variações nas condições dos componentes eletrônicos, capacitâncias parasitas presentes no circuito, flutuações ambientais durante os ensaios, variações na corrente da antena emissora, efeitos de histerese em materiais eventualmente utilizados, interferências externas que juntos explicam as diferenças observadas entre os valores medidos e as médias obtidas.

Uma expressão visual dos valores médios das tensões encontradas em função das distâncias pode ser visualizada no gráfico 01 a seguir:

**Gráfico 01:** Tensão elétrica média vs tensão entre antenas.



Fonte: elaborado pelos autores no software SciDaVis.

O gráfico 01 mostra a relação entre a tensão elétrica média gerada e o afastamento entre as antenas, exibindo um padrão que não segue uma progressão constante, o que aponta para alterações inesperadas nos dados coletados. Embora se imagine que a força diminua à medida que a separação entre as antenas cresce, notou-se um aumento da diferença de potencial elétrico em alguns pontos específicos.

Esse efeito pode ser explicado pela ocorrência de interações que somam ou subtraem a intensidade das ondas eletromagnéticas emitidas e recebidas, um aspecto natural dos processos de propagação de ondas. Além disso, elementos do ambiente, como o reflexo e o desvio causados por áreas ou objetos próximos ao sistema de teste, assim como mudanças nos equipamentos, ajudaram a criar esses pontos de alta e baixa intensidade.

Portanto, os dados reunidos estão de acordo com a teoria eletromagnética, que define a criação de modelos de interação em experiências similares. É igualmente essencial levar em conta outras fontes de variação, como a capacitância extra dos circuitos, pequenas mudanças no posicionamento das antenas, variações no ambiente e limitações dos aparelhos de medição, que acentuam o padrão percebido.

A sequência de Fourier representa a função da tensão média conforme a distância, levando em conta até 3 elementos harmônicos, é apresentada na equação 02 a seguir:

$$V(x) = \frac{2,55}{2} + 0,107\cos(x) + 0,017\sin(x) - 0,033\cos(2x) + 0,064\sin(2x) + 0,0083\cos(3x) + \sin(3x) \quad (02)$$

Onde  $V(x)$  é a função da tensão elétrica média induzida pela radiação eletromagnética e  $x$  representa a distância normalizada no intervalo de 0 a  $2\pi$  correspondente à distância real  $d$  (em cm) pelo mapeamento dado pela equação 03:

$$x = 2\pi \frac{d-d_{min}}{d_{max}-d_{min}} \quad (03)$$

Conforme Mota Júnior, Nascimento e Góes (2018), o grande benefício dessa abordagem é gerar um modelo matemático conciso e claro do sistema, o que simplifica a análise e a compreensão das mudanças na tensão. Ela ainda ajuda a atenuar interferências e a realçar os pontos importantes, sendo muito usada em testes eletromagnéticos para examinar e tratar os sinais.

## 5. Considerações Finais

Daí, o objetivo central deste trabalho foi alcançado com o desenvolvimento e utilização de um modelo e protótipo de robótica educacional acessível para demonstrar o experimento de Hertz. Essa ação surge como uma resposta direta à crise no ensino de Física no Brasil, que enfrenta a falta de professores, condições de trabalho ruins e, acima de tudo, a insistência em métodos antigos, como o ensino conteudista e a memorização. A utilização de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC's) e da robótica educacional é fundamental para modernizar o ensino, incentivando o aluno a participar ativamente, estimulando o trabalho em equipe, a criatividade e o pensamento lógico. A prática é essencial para entender fenômenos abstratos como o Eletromagnetismo, um tema muito presente nas provas do ENEM.

De fato, a importância do estudo vai além, atuando como um impulsionador do desenvolvimento regional e da sustentabilidade social. Ao usar materiais reciclados e lixo eletrônico na construção do protótipo, a robótica educacional incentiva a reciclagem, diminui o descarte incorreto de componentes e, conseqüentemente, tem um impacto positivo em questões sociais e ambientais.

Portanto, o baixo custo e a capacidade de desenvolver habilidades importantes nos alunos mostram que o uso das TDIC's capacita o cidadão a transformar o mundo de forma positiva. Para futuras pesquisas, sugere-se a avaliação pedagógica do protótipo em unidades de ensino e a melhoria do design para reduzir interferências. A abordagem sustentável e de baixo custo pode ser expandida para o ensino de outros temas complexos da Física Moderna, seguindo a importância histórica do experimento de Hertz para o desenvolvimento posterior da telegrafia sem fios.

## Referências

ANDRADE, Guilherme Mendes de; CORRÊA, Cristiane Domingues dos Santos. **Promovendo a sustentabilidade social por meio da robótica educacional com alunos do ensino fundamental**. Revista Acervo Educacional, v. 5, e14656, 2023.

BALSAS, Álvaro, SJ. **Heinrich Hertz: de la Física a la Filosofía de la Física**. Naturaleza y Libertad, n. 15, p. 24-36, 2021.

CAMARGO, L. F.; MANSANO, S. R. V. **Sustentabilidades social e cultural: desafios para o século XXI**. Revista ORG & DEMO, v. 22, n. 1, p. 1-22, 2021.

DIAS, V. S.; SILVA, F. A.; KITAMURA FILHO, Y. **Análise das questões de Física do Exame Nacional do Ensino Médio na perspectiva da Taxonomia de Bloom Revisada (2014-2019)**. Revista de enseñanza de la Física, v. 33, n. 2, p. 495-502, 2021.

FERNANDES, Nídia Mara Melchiades Castelli; ZANON, Dulcimeire Aparecida Volante. **Integração entre robótica educacional e abordagem STEAM: desenvolvimento de protótipos sobre a temática responsabilidade social e sustentabilidade.** Dialogia, São Paulo, n. 40, p. 1-22, e21600, jan./abr. 2022.

FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido.** 18. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1988. 184 p.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GONZALEZ PÉREZ, Yhonathan Estiven. **Un mundo rodeado por ondas: una secuencia experimental para la comprensión del proceso de emisión y recepción de ondas hertzianas.** Trabalho de Conclusão de Curso - Universidad Pedagógica Nacional de Colombia, Bogotá, 2023.

HAYT JR, William H.; BUCK, John A. **Eletromagnetismo.** 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. 339 p. ISBN 9788521613657.

HERTZ, Heinrich. **Electric Waves** . New York: Dover Publications, 1962.

LIMA, Gylly Peterson Fernandes et al. **O Experimento de Hertz: Uma Proposta de Utilização Objetivando a Aprendizagem Significativa.** Revista Foco, Curitiba (PR), v. 17, n. 3, e4575, p. 01-16, 2024.

MOTA JÚNIOR, José Silvan Batista; NASCIMENTO, Erick Oliveira do; GÓES, Josecley Fialho. **Modelagem de circuito RC através de série de Fourier.** Revista Mundi Engenharia, Tecnologia e Gestão, Paranaguá, PR, v. 3, n. 2, maio de 2018.

SADIKU, Matthew N.O. **Elementos de Eletromagnetismo.** Porto Alegre: Bookman, 5ª ed., 2012.

SEGURA LÓPEZ, Ana Consuelo. **El concepto de onda electromagnética y su medio de propagación a partir de la teoría de Maxwell y los trabajos de Hertz.** Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Pedagógica Nacional, Bogotá, 2015. 77 p.

SEGUÉ EZ ORTIZ, Erikson. **Propuesta de aula desde el experimento de Heinrich Hertz para la construcción de ideas alrededor de la existencia de las ondas electromagnéticas.** Trabalho de Conclusão de Curso - Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá, 2016.

TEIXEIRA, G.; BREMM, L.; DOS SANTOS ROQUE, A. **Educational robotics insertion in high schools to promote environmental awareness about e-waste.** In: LATIN AMERICAN ROBOTIC SYMPOSIUM, 2018, IEEE, 2018. p. 591–597.

TOLEDO, Sérgio S.; CAVALCANTE, Everton. **Construção de uma Unidade de Ensino Potencialmente Significativa para o Experimento de Hertz.** Revista Física no Campus, Campina Grande, PB, v. 1, n. 1, p. 19-24, 2021.

**Como referenciar este artigo:**

CUNHA, Michel Albuquerque da; ARAÚJO, Maicon Maciel Ferreira de; ALMEIDA, Fabrício Moraes de. A robótica de baixo custo como catalisador do desenvolvimento cognitivo no ensino de Eletromagnetismo: da Teoria de Hertz à inovação local. **Revista Tecnologia Educacional [on line]**, Rio de Janeiro, n. 247, p. 60-73, 2025. ISSN: 0102-5503. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.18061603>.

**Submetido em:** out/2025

**Aprovado em:** nov/2025