

O USO DAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO DE CIÊNCIAS NO ENSINO MÉDIO

**THE USE OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN SCIENCE TEACHING IN UPPER
SECONDARY SCHOOL**

Ciências Exatas e da Terra, Ciências Biológicas, Ciências Humanas •

21/09/2026

REGISTRO DOI: [10.70773/revistatopicos/789974297](https://doi.org/10.70773/revistatopicos/789974297)

David Willames do Rego Coimbra¹

Ana Maria Silva Costa²

Anne Karoline Cardoso Silva³

Cleiton James Gomes⁴

Emilly Karoliny Fontinele de Sampaio⁵

Elvis Presley Teixeira Silva⁶

Gilbert Graciano Silva⁷

Júlio Fernando Sousa de Carvalho⁸

Mariana Lima de Araújo⁹

José Alves dos Reis Neto¹⁰

Juliana Domingues Dowsley¹¹

Emerson Santos de Santana¹²

Francielton Santos Galvão¹³

Jorge Soares Menor Filho¹⁴

João Paulo Lopes Góis¹⁵

Neyciano Sousa Machado¹⁶

RESUMO

Este artigo analisa o uso das tecnologias digitais no ensino de Ciências no Ensino Médio, considerando suas contribuições para a aprendizagem, a alfabetização científica, o ensino por investigação e o desenvolvimento da cultura digital. Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e documental, fundamentada em documentos normativos brasileiros e em estudos nacionais e internacionais sobre tecnologias educacionais, aprendizagem de Ciências, metodologias ativas, dispositivos móveis, realidade aumentada e virtual, simuladores, laboratórios virtuais e inteligência artificial. A discussão parte da compreensão de que a tecnologia não constitui, por si só, uma inovação pedagógica: seus efeitos dependem dos objetivos de aprendizagem, da mediação docente, da qualidade dos recursos, da infraestrutura e das condições de participação dos estudantes. Analisa-se a relação entre a Competência Geral 5 da Base Nacional Comum Curricular e a educação científica, bem como os desafios decorrentes da desigualdade digital, da desinformação, do uso superficial de recursos digitais e da necessidade de formação docente. Estudos recentes indicam resultados positivos associados ao uso de materiais digitais em Ciências, embora a literatura também ressalte que a integração tecnológica precisa estar articulada ao currículo e a práticas investigativas. Ao final, propõe-se um modelo pedagógico em cinco movimentos: problematização, exploração digital, investigação, análise crítica e comunicação científica. Conclui-se que as tecnologias digitais podem ampliar as possibilidades de ensino de Ciências quando utilizadas como instrumentos de investigação, representação, colaboração e produção de conhecimento, e não apenas como substitutas de materiais tradicionais.

Palavras-chave: Tecnologias digitais; Ensino de Ciências; Ensino Médio; Alfabetização científica; Cultura digital.

ABSTRACT

This article analyzes the use of digital technologies in Science education in upper secondary school, considering their contributions to learning, scientific literacy, inquiry-based teaching and digital culture. It is a bibliographic and documentary study based on Brazilian normative documents and national and international research on educational technologies, science learning, active methodologies, mobile devices, augmented and virtual reality, simulations, virtual laboratories and artificial intelligence. The discussion assumes that technology is not, by itself, a pedagogical innovation: its effects depend on learning objectives, teacher mediation, resource quality, infrastructure and students' conditions of participation. The article examines the relationship between General Competence 5 of the Brazilian National Common Curricular Base and scientific education, as well as challenges related to the digital divide, misinformation, superficial technology use and teacher education. Recent studies report positive results associated with digital learning materials in Science, while also emphasizing that technological integration must be connected to curriculum and inquiry practices. Finally, a five-movement pedagogical model is proposed: problematization, digital exploration, investigation, critical analysis and scientific communication. The conclusion is that digital technologies can broaden Science teaching when used as tools for inquiry, representation, collaboration and knowledge production rather than merely replacing traditional materials.

Keywords: Digital technologies; Science education; Upper secondary education; Scientific literacy; Digital culture.

1. INTRODUÇÃO

As tecnologias digitais passaram a integrar de maneira intensa as práticas sociais contemporâneas e, conseqüentemente, o cotidiano escolar. No Ensino Médio, essa transformação assume especial relevância porque os estudantes lidam diariamente com plataformas digitais, dispositivos móveis, vídeos, redes sociais, ambientes virtuais, sistemas de inteligência artificial e diferentes formas de produção e circulação de informação. No ensino de Ciências, esse cenário cria oportunidades para representar fenômenos, coletar e analisar dados, simular situações, explorar modelos, comparar evidências e comunicar resultados.

No contexto brasileiro, a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) estabelece a cultura digital como dimensão formativa explícita. A Competência Geral 5 orienta que o estudante seja capaz de compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de modo crítico, significativo, reflexivo e ético (BRASIL, 2018). Assim, a tecnologia deve ser compreendida simultaneamente como objeto de aprendizagem e como instrumento para aprender.

A própria orientação curricular do Ministério da Educação reforça que a incorporação das tecnologias não deve se limitar ao uso instrumental. O documento do MEC afirma que não se trata de utilizar as TDICs somente como “meio ou suporte” para promover aprendizagens, mas de utilizá-las com os estudantes para que construam conhecimentos com e sobre essas tecnologias (BRASIL, 2018).

Esse entendimento desloca o foco de uma visão tecnicista para uma perspectiva pedagógica. Uma aula não se torna necessariamente inovadora porque utiliza projetor, computador, celular ou inteligência artificial. A inovação ocorre quando a tecnologia

modifica ou amplia a qualidade da experiência de aprendizagem, permitindo que o aluno formule perguntas, investigue, modele, argumente, crie e reflita.

No ensino de Ciências, essa discussão é ainda mais importante porque muitos fenômenos estudados são abstratos, microscópicos, macroscópicos, extremamente rápidos, extremamente lentos ou perigosos de observar diretamente. Simuladores, modelos tridimensionais, microscopia digital, sensores e ambientes virtuais podem ampliar o acesso a fenômenos que dificilmente seriam observados em condições escolares convencionais.

Diante desse cenário, este artigo tem como objetivo analisar as possibilidades, os limites e as condições pedagógicas para o uso das tecnologias digitais no ensino de Ciências no Ensino Médio, discutindo contribuições para Física, Química e Biologia e propondo estratégias de integração coerentes com a alfabetização científica.

Como objetivos específicos, busca-se: (a) discutir fundamentos curriculares e pedagógicos para a integração das tecnologias digitais ao ensino de Ciências; (b) analisar possibilidades didáticas de simuladores, laboratórios virtuais, dispositivos móveis, realidade aumentada e virtual e inteligência artificial; (c) discutir limites relacionados à infraestrutura, inclusão, ética, confiabilidade da informação e formação docente; e (d) apresentar uma proposta de integração tecnológica baseada em investigação científica e avaliação formativa.

Nesse sentido, o problema que orienta este estudo pode ser formulado da seguinte maneira: em que condições as tecnologias digitais podem favorecer aprendizagens científicas mais

investigativas, críticas e significativas no Ensino Médio, sem produzir dependência tecnológica ou apenas reproduzir práticas transmissivas? Parte-se da hipótese analítica de que os ganhos educacionais são mais prováveis quando a tecnologia está subordinada a uma intenção pedagógica explícita e quando os estudantes são envolvidos em atividades de problematização, investigação, interpretação de evidências e comunicação.

A expansão das tecnologias digitais também introduz um problema pedagógico: como transformar recursos tecnológicos, que frequentemente chegam à escola associados à rapidez, à conectividade e ao consumo de informação, em instrumentos de aprendizagem científica? A questão não pode ser reduzida à disponibilidade de equipamentos. Ela envolve a qualidade das tarefas propostas, a mediação do professor, a capacidade dos estudantes de interpretar dados e fontes, a acessibilidade e as condições concretas de infraestrutura. Revisões recentes sobre a integração de tecnologias no Ensino Médio reforçam que a articulação entre objetivos de aprendizagem, conhecimento tecnológico e conhecimento pedagógico é decisiva para que a tecnologia produza efeitos educacionais consistentes. (SILVA et al., 2024).

2. METODOLOGIA

Trata-se de uma pesquisa bibliográfica e documental, de natureza qualitativa, com caráter analítico e propositivo. Foram considerados documentos normativos brasileiros, especialmente a Base Nacional Comum Curricular, a Política e a legislação relacionadas à educação digital e normas recentes sobre dispositivos eletrônicos no ambiente escolar. Também foram examinados artigos científicos e revisões

sobre tecnologias digitais, aprendizagem de Ciências, ensino por investigação, dispositivos móveis, realidade aumentada, realidade virtual e inteligência artificial.

A análise foi organizada em quatro eixos: a) fundamentos curriculares e conceituais; b) tecnologias e estratégias didáticas aplicáveis às Ciências; c) desafios relacionados à formação docente, infraestrutura, inclusão e ética; e d) proposição de um modelo pedagógico de integração tecnológica. A seleção privilegiou estudos com relação direta com a educação básica e publicações recentes, sem abandonar autores clássicos necessários à fundamentação teórica.

3. TECNOLOGIAS DIGITAIS E TRANSFORMAÇÕES NO CONTEXTO EDUCACIONAL

As tecnologias digitais da informação e comunicação (TDICs) não podem ser reduzidas aos equipamentos utilizados em sala de aula. Elas envolvem dispositivos, softwares, plataformas, redes, linguagens, bancos de dados, sistemas de comunicação e formas de produção e circulação de conhecimento. Kenski (2012) destaca que as tecnologias transformam as relações com o conhecimento e interferem nos modos de ensinar e aprender.

No campo educacional, a mudança mais significativa não está na simples substituição do quadro por uma tela, mas na possibilidade de alterar as formas de interação com objetos de conhecimento. Uma simulação permite modificar variáveis; um sensor transforma um fenômeno físico em série temporal; uma câmera acoplada a um microscópio permite registrar estruturas; um ambiente virtual

possibilita repetir procedimentos; e uma ferramenta de IA pode apoiar a geração de hipóteses ou a comparação de explicações.

Esse potencial, entretanto, não elimina a necessidade de planejamento. Walan (2020), ao estudar aulas de Ciências em que a tecnologia digital tinha papel predominante, identificou benefícios percebidos pelos professores, como motivação, facilidade de avaliação, ampliação de recursos e individualização. Ao mesmo tempo, foram observadas limitações relacionadas ao apoio a estudantes com baixo desempenho e ao uso efetivo de abordagens investigativas.

Figura 1. Ecossistema de tecnologias digitais aplicáveis ao ensino de Ciências no Ensino Médio.



Fonte: Elaboração própria (2026).

4. FUNDAMENTAÇÃO CURRICULAR: BNCC E EDUCAÇÃO DIGITAL

A BNCC incorpora a cultura digital entre as competências gerais da Educação Básica. A Competência Geral 5 afirma:

“Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.” (BRASIL, 2018, p. 9).

A formulação é particularmente relevante para o ensino de Ciências porque associa tecnologia, produção de conhecimento, resolução de problemas e autoria. Não se trata, portanto, de ensinar apenas a operar ferramentas, mas de desenvolver competências para avaliar informações, interpretar dados, compreender modelos e produzir conhecimento de maneira ética.

A Política Nacional de Educação Digital, instituída pela Lei nº 14.533/2023, amplia esse marco. A legislação define a política como articulação de programas e ações destinados a potencializar o acesso da população a recursos, ferramentas e práticas digitais, com prioridade para populações vulneráveis (BRASIL, 2023).

“Esta Lei institui a Política Nacional de Educação Digital (PNED), estruturada a partir da articulação entre programas, projetos e ações de diferentes entes federados, áreas e setores governamentais, a fim de potencializar os padrões e incrementar os resultados das políticas públicas relacionadas ao acesso da população brasileira a recursos, ferramentas e práticas digitais, com prioridade para as populações mais vulneráveis.” (BRASIL, 2023, art. 1º).

5. O ENSINO DE CIÊNCIAS NA CULTURA DIGITAL

O ensino de Ciências possui uma especificidade: não basta memorizar conceitos; é necessário compreender como o conhecimento científico é produzido, validado, comunicado e utilizado socialmente. Por isso, a tecnologia digital pode contribuir quando aproximada de práticas de investigação científica. O estudante pode coletar dados, formular hipóteses, confrontar resultados, analisar gráficos, identificar padrões e defender conclusões com base em evidências.

Chassot (2018) compreende a alfabetização científica como uma condição importante para a leitura crítica do mundo. Em uma sociedade marcada por grande volume de informações digitais, essa alfabetização passa a incluir a capacidade de avaliar fontes, reconhecer argumentos sem evidência, distinguir correlação de causalidade e compreender limites de modelos e representações.

A cultura digital também modifica a natureza dos objetos de estudo. Um gráfico produzido por sensores, por exemplo, não é apenas uma imagem: é uma representação de dados que exige interpretação.

Uma simulação não é simplesmente uma animação: é um modelo que possui pressupostos, variáveis e limites. Uma resposta produzida por inteligência artificial não é automaticamente conhecimento confiável: precisa ser verificada.

6. SIMULADORES VIRTUAIS E MODELAGEM CIENTÍFICA

Simuladores virtuais permitem explorar fenômenos por meio de modelos computacionais. No Ensino Médio, podem ser utilizados em situações envolvendo movimento, circuitos elétricos, ondas, transformações químicas, equilíbrio, genética, ecologia e outros conteúdos.

O principal valor didático dos simuladores está na manipulação de variáveis. Em uma aula convencional, o professor pode apresentar uma relação matemática; no simulador, os estudantes podem alterar parâmetros e observar as consequências. Essa possibilidade favorece a construção de relações entre representação matemática, fenômeno e explicação conceitual.

Contudo, uma simulação não deve substituir indiscriminadamente a experimentação real. Quando possível, a comparação entre modelo e fenômeno real pode ser pedagogicamente mais rica. O professor pode solicitar que os estudantes identifiquem o que o modelo representa, o que ele simplifica e em quais condições suas previsões deixam de ser válidas.

7. LABORATÓRIOS VIRTUAIS E EXPERIMENTAÇÃO

Laboratórios virtuais ampliam as possibilidades de experimentação em situações nas quais equipamentos, reagentes, tempo ou segurança constituem limitações. Na Química, por exemplo, podem

apoiar a visualização de estruturas moleculares, titulações, equilíbrio químico e propriedades de substâncias. Na Física, podem auxiliar em circuitos, óptica e movimento. Na Biologia, podem favorecer a observação de estruturas e processos em diferentes escalas.

O uso desses ambientes deve preservar a lógica da investigação. Em vez de apresentar uma sequência de cliques, o professor pode propor um problema e solicitar que os estudantes planejem quais variáveis observarão, registrem dados e apresentem uma interpretação. A tecnologia, nesse caso, torna-se parte do método de investigação.

Liu et al. (2021), em revisão sobre aprendizagem móvel baseada em investigação no ensino secundário de Ciências, apontam potencial para engajamento e investigação, mas ressaltam a necessidade de uso pedagogicamente fundamentado. Essa conclusão reforça que o valor educacional não está no dispositivo em si, mas no desenho da atividade.

8. DISPOSITIVOS MÓVEIS, SENSORES E COLETA DE DADOS

Celulares e tablets podem funcionar como instrumentos de coleta, registro e análise. Sensores disponíveis em smartphones, acessórios de baixo custo e microcontroladores permitem desenvolver experiências envolvendo aceleração, luminosidade, som, temperatura, movimento e outras grandezas.

Essa abordagem aproxima o ensino de Ciências da prática científica porque produz dados a partir de situações reais. Uma atividade sobre movimento, por exemplo, pode utilizar o sensor de aceleração do telefone para registrar uma trajetória. Os dados podem ser

exportados para uma planilha, representados graficamente e interpretados pelos estudantes.

O dispositivo móvel também pode ampliar o registro do processo científico. Fotografias, vídeos, áudios e anotações digitais permitem construir portfólios de investigação. Entretanto, o uso do celular precisa respeitar as regras institucionais e a legislação vigente.

“Em sala de aula, o uso de aparelhos eletrônicos é permitido para fins estritamente pedagógicos ou didáticos, conforme orientação dos profissionais de educação.” (BRASIL, 2025, art. 2º, § 1º).

A Lei nº 15.100/2025 restringe o uso de aparelhos eletrônicos pessoais durante aulas, recreios e intervalos, mas preserva hipóteses pedagógicas e de inclusão. O Decreto nº 12.385/2025 regulamenta a matéria e atribui às escolas a tarefa de estabelecer critérios para o uso pedagógico. Assim, a discussão sobre celulares na escola deve superar a oposição simplista entre liberar e proibir: é necessário construir usos intencionais, supervisionados e vinculados aos objetivos de aprendizagem.

9. REALIDADE AUMENTADA, REALIDADE VIRTUAL E VISUALIZAÇÃO

Realidade aumentada e realidade virtual podem contribuir para a visualização de objetos e fenômenos difíceis de representar em duas dimensões. Em Biologia, modelos tridimensionais podem auxiliar na compreensão de órgãos e estruturas celulares; em Química, podem

apoiar a visualização espacial de moléculas; em Física, podem representar campos, trajetórias e sistemas complexos.

Entretanto, a visualização não deve ser confundida com compreensão. Uma representação tridimensional pode facilitar a percepção espacial, mas exige perguntas que levem o estudante a interpretar relações, propor explicações e comparar diferentes representações.

10. METODOLOGIAS ATIVAS E APRENDIZAGEM POR INVESTIGAÇÃO

Metodologias ativas colocam o estudante em posição mais participativa na construção do conhecimento. Aprendizagem baseada em problemas, projetos, investigação, estudo de caso e sala de aula invertida podem ser potencializadas por recursos digitais.

No ensino por investigação, a tecnologia pode aparecer em todas as etapas: levantamento de informações, construção de hipóteses, planejamento, experimentação, coleta de dados, modelagem, análise, comunicação e avaliação. O professor continua responsável pela mediação, pela seleção de fontes e pela organização das condições de aprendizagem.

Figura 2. Ciclo de investigação científica mediado por tecnologias digitais.



Fonte: Elaboração própria (2026).

11. TECNOLOGIAS DIGITAIS E ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

A alfabetização científica em ambientes digitais exige competências que vão além da leitura de conceitos. O estudante precisa saber localizar fontes, avaliar autoria, identificar evidências, compreender gráficos, interpretar incertezas e reconhecer estratégias de desinformação.

A Competência Geral 7 da BNCC, ao enfatizar a argumentação baseada em fatos, dados e informações confiáveis, dialoga diretamente com esse desafio (BRASIL, 2018). Em Ciências, essa competência pode ser trabalhada a partir de notícias sobre vacinas, mudanças climáticas, energia, alimentação, saúde, biodiversidade e outras questões sociocientíficas.

Uma atividade digital pode solicitar que os estudantes comparem três fontes sobre um mesmo tema, identifiquem afirmações verificáveis, localizem evidências e produzam uma síntese argumentativa. Nesse caso, o objetivo não é apenas aprender a usar um mecanismo de busca, mas aprender a raciocinar cientificamente em um ambiente de abundância informacional.

12. INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NO ENSINO DE CIÊNCIAS

A inteligência artificial generativa introduziu novas possibilidades para planejamento, produção de materiais, tutoria, geração de exemplos, elaboração de perguntas e apoio à escrita. No ensino de Ciências, pode ser utilizada para gerar hipóteses alternativas, comparar explicações, produzir perguntas investigativas e simular diferentes perspectivas sobre um problema.

Entretanto, respostas geradas por IA podem conter erros, informações inventadas e simplificações inadequadas. Por isso, o uso pedagógico deve transformar a IA em objeto de análise, e não em autoridade. O estudante pode receber uma resposta gerada por IA sobre um fenômeno químico e ser solicitado a verificar cada afirmação em livros, artigos ou fontes institucionais.

A UNESCO (2023) recomenda uma abordagem centrada no ser humano, com atenção à privacidade, à segurança, à equidade, à formação docente e à validação pedagógica. Essa perspectiva é especialmente importante no Ensino Médio, em que o desenvolvimento da autonomia intelectual deve permanecer no centro do processo.

A literatura recente reforça que essa cautela não significa rejeitar a inteligência artificial. Uma revisão sistemática de 74 estudos empíricos sobre IA no ensino de Ciências identificou usos relacionados ao apoio à aprendizagem, avaliação, criação de atividades e personalização, mas também destacou desafios de implementação e a necessidade de evidências contextualizadas. (ALMASRI, 2024).

No campo específico de Ciências e Química, revisões publicadas em 2025 apontam crescimento expressivo das pesquisas com IA, ao

mesmo tempo em que registram limitações relacionadas a alucinações, confiabilidade, plágio, vieses, direitos autorais, infraestrutura e dependência excessiva das respostas automatizadas. Esses resultados reforçam a necessidade de formar estudantes capazes de verificar, contestar e complementar a produção algorítmica, em vez de simplesmente aceitá-la. (ERÜMIT; ÖZDEMİR SARIALIOĞLU, 2025).

13. AUTORIA, ÉTICA E USO CRÍTICO DA IA

O principal desafio não é impedir todo uso de IA, mas construir critérios de autoria e transparência. Em atividades avaliativas, o professor pode exigir que o estudante declare quando utilizou uma ferramenta, apresente as fontes consultadas, registre os comandos relevantes e explique como verificou as respostas.

Em Ciências, essa estratégia pode gerar uma prática pedagógica produtiva: a IA fornece uma hipótese ou explicação; o estudante testa a consistência dessa resposta; identifica erros; busca evidências; corrige o texto; e apresenta uma conclusão fundamentada. A atividade desloca o foco da reprodução para a crítica.

14. PAPEL DO PROFESSOR E CONHECIMENTO TECNOLÓGICO-PEDAGÓGICO

A integração das tecnologias exige articulação entre conhecimento do conteúdo, conhecimento pedagógico e conhecimento tecnológico. O modelo TPACK, desenvolvido por Mishra e Koehler (2006), contribui para compreender essa integração como uma combinação dinâmica de saberes.

O professor de Ciências precisa saber, por exemplo, não apenas explicar movimento uniformemente variado, mas decidir quando uma simulação, um sensor, uma atividade experimental ou uma representação gráfica oferece melhores condições para que os estudantes construam o conceito.

Formação continuada deve, portanto, superar cursos centrados apenas em ferramentas. É mais importante discutir sequências didáticas, avaliação, investigação, ética, acessibilidade, segurança digital e análise da qualidade dos recursos.

15. DESIGUALDADE DIGITAL, INCLUSÃO E ACESSIBILIDADE

O acesso desigual a equipamentos, conectividade e ambientes adequados constitui um dos principais obstáculos à integração das tecnologias. A existência de um celular na mão de parte dos estudantes não significa igualdade de condições. Há diferenças de plano de internet, memória do dispositivo, qualidade da conexão, ambiente doméstico e familiaridade com ferramentas digitais.

A inclusão digital precisa considerar também acessibilidade. Recursos digitais devem, quando possível, oferecer legendas, descrição de imagens, contraste adequado, navegação por teclado, leitores de tela e alternativas para estudantes com diferentes necessidades.

A PNED estabelece prioridade para populações mais vulneráveis (BRASIL, 2023). No ambiente escolar, isso implica planejar atividades que possam ser realizadas em grupos, utilizar recursos disponíveis institucionalmente e evitar que o sucesso acadêmico dependa da aquisição de equipamentos particulares.

16. AVALIAÇÃO DA APRENDIZAGEM EM AMBIENTES DIGITAIS

A tecnologia permite ampliar a avaliação formativa. Questionários digitais, portfólios, mapas conceituais, registros de experimentos, vídeos explicativos e relatórios colaborativos podem produzir diferentes evidências de aprendizagem.

Em Ciências, uma avaliação digital de qualidade deve verificar não apenas se o aluno chegou a uma resposta correta, mas como interpretou dados, justificou hipóteses, selecionou fontes, representou informações e comunicou conclusões.

Ferramentas digitais também podem oferecer retorno rápido, mas o feedback automatizado não substitui a análise docente. O professor deve interpretar os resultados e decidir quais conceitos precisam ser retomados ou aprofundados.

16.1. Critérios para Uma Integração Tecnológica Pedagogicamente Significativa

Também é necessário considerar a possibilidade de transferência. A aprendizagem não deve permanecer restrita ao ambiente digital utilizado na aula. Ao interpretar dados produzidos por sensores, por exemplo, o estudante precisa relacionar a representação gráfica ao fenômeno físico; ao utilizar uma simulação química, deve reconhecer as hipóteses e simplificações do modelo; ao consultar uma ferramenta de inteligência artificial, deve avaliar a consistência da resposta com base em fontes científicas. Assim, a tecnologia passa a integrar uma cadeia de raciocínio que ultrapassa a própria ferramenta.

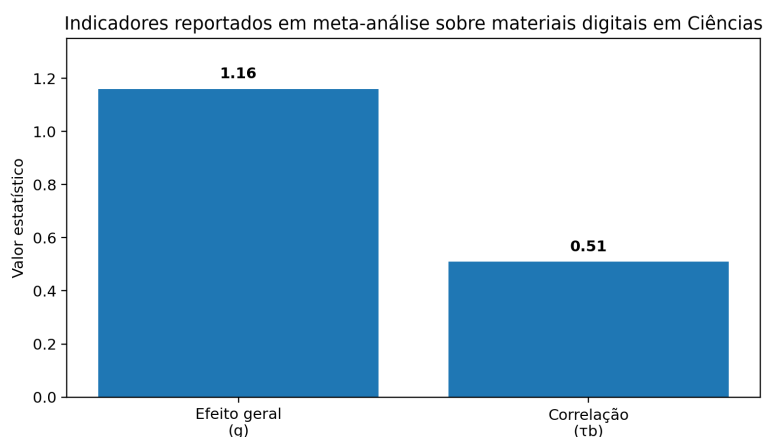
Um critério relevante é a centralidade do objetivo de aprendizagem. O professor deve perguntar inicialmente qual conceito, habilidade ou prática científica pretende desenvolver e somente depois selecionar o recurso tecnológico. Outro critério é a atividade cognitiva exigida do estudante: recursos que permitem comparar variáveis, construir modelos, interpretar dados e justificar conclusões tendem a oferecer oportunidades mais ricas do que aqueles utilizados apenas para apresentar informação pronta.

A análise das tecnologias educacionais permite distinguir disponibilidade tecnológica de integração pedagógica. A primeira diz respeito à presença de equipamentos, conectividade e plataformas; a segunda envolve a capacidade de utilizar esses recursos para modificar a qualidade das experiências de aprendizagem. Essa distinção é fundamental porque uma aula digitalizada pode continuar baseada em exposição, reprodução e memorização. Em contrapartida, uma atividade simples, realizada com um único dispositivo compartilhado, pode apresentar elevado potencial formativo quando mobiliza investigação, argumentação e produção de evidências.

17. EVIDÊNCIAS RECENTES SOBRE APRENDIZAGEM COM MATERIAIS DIGITAIS

Uma meta-análise publicada por Aligo e Prudente (2025) reuniu 14 estudos envolvendo 789 estudantes e encontrou associação positiva entre materiais digitais de aprendizagem e desempenho em Ciências. O estudo reportou efeito geral corrigido $g = 1,16$ e correlação $r_b = 0,51$, além de observar que os resultados dependem de características dos materiais, como interação, variedade, desafios e estímulos multissensoriais.

Figura 3. Indicadores estatísticos destacados por Aligo e Prudente (2025).



Fonte: Aligo e Prudente (2025). Os indicadores têm naturezas estatísticas diferentes e não devem ser comparados como se fossem a mesma medida.

Fonte: Elaboração própria com dados reportados por Aligo e Prudente (2025).

Os resultados são promissores, mas não autorizam concluir que qualquer tecnologia produzirá ganhos equivalentes. Os indicadores apresentados possuem naturezas estatísticas distintas e devem ser interpretados no contexto da meta-análise. A literatura reforça a importância do desenho pedagógico e das condições de implementação.

17.1. Integração Interdisciplinar e Situações Sociocientíficas

Essa perspectiva também favorece a alfabetização científica porque desloca o ensino de uma organização exclusivamente disciplinar para situações em que o estudante precisa mobilizar diferentes conhecimentos para interpretar problemas complexos. A tecnologia, nesse contexto, funciona como infraestrutura cognitiva para organizar dados, comparar fontes, modelar situações e comunicar conclusões.

Em uma investigação sobre qualidade da água, por exemplo, a Química pode contribuir para a discussão de pH, concentração de

íons e presença de contaminantes; a Biologia pode abordar indicadores biológicos e impactos sobre ecossistemas; e a Física pode participar da análise de propriedades relacionadas à temperatura, turbidez, luz ou condutividade. Planilhas, sensores, mapas digitais e bancos de dados podem apoiar a organização das evidências. O elemento central, contudo, permanece sendo a pergunta científica e a interpretação dos resultados.

A integração das tecnologias digitais pode ser especialmente produtiva quando problemas reais são tratados de maneira interdisciplinar. Questões como qualidade da água, mudanças climáticas, produção e consumo de energia, poluição atmosférica, alimentação e saúde mobilizam conceitos de diferentes áreas das Ciências da Natureza e permitem que os estudantes percebam a complementaridade entre modelos e métodos.

18. TECNOLOGIAS APLICADAS À FÍSICA, À QUÍMICA E À BIOLOGIA

Em Física, as tecnologias podem apoiar estudos de movimento, energia, eletricidade, ondas e óptica. Sensores e aplicativos de coleta de dados permitem aproximar conceitos matemáticos de fenômenos observáveis.

Em Química, modelos moleculares digitais, tabelas periódicas interativas, laboratórios virtuais e simulações podem favorecer a compreensão de estruturas, interações e transformações. A tecnologia também pode apoiar a análise de espectros, gráficos e dados experimentais.

Em Biologia, microscopia digital, bancos de imagens, modelos tridimensionais e ambientes imersivos podem ampliar a observação

de células, tecidos, sistemas anatômicos, ecossistemas e processos evolutivos.

Figura 4. Exemplos de integração tecnológica por área das Ciências da Natureza.



Fonte: Elaboração própria (2026).

19. PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA INTEGRADA

Como síntese das discussões, propõe-se uma sequência didática em cinco movimentos: 1) problematização; 2) exploração digital; 3) investigação; 4) análise crítica; e 5) comunicação científica. A proposta pode ser adaptada a diferentes conteúdos.

Etapa	Ação do estudante	Tecnologia possível	Evidência de aprendizagem
1. Problematização	Formula perguntas sobre fenômeno real.	Vídeo, notícia, imagem, banco de dados.	Pergunta investigável.
2. Exploração	Testa ideias e variáveis.	Simulador, AR/VR, modelo digital.	Hipóteses e previsões.
3. Investigação	Coleta e organiza dados.	Sensores, celular, laboratório virtual.	Tabela, registro ou série temporal.
4. Análise	Interpreta evidências e	Planilha, gráfico, IA para	Argumento baseado em

	confronta fontes.	comparação crítica.	evidências.
5. Comunicação	Apresenta conclusão e limitações.	Infográfico, vídeo, apresentação, relatório.	Produto científico autoral.

20. RISCOS DO USO SUPERFICIAL DAS TECNOLOGIAS

O uso superficial ocorre quando a tecnologia apenas reproduz práticas transmissivas. Uma apresentação de slides que substitui o quadro, mas mantém o estudante passivo, pode ter baixo valor inovador. O mesmo ocorre quando vídeos são utilizados sem questões orientadoras ou quando simuladores são tratados como demonstrações sem investigação.

Há também riscos relacionados à distração, dependência de plataformas, coleta de dados pessoais, exposição a desinformação e uso acrítico de inteligência artificial. A resposta pedagógica não deve ser simplesmente retirar a tecnologia, mas ensinar os estudantes a utilizá-la com critérios.

21. FORMAÇÃO CONTINUADA E CULTURA DIGITAL DOCENTE

Uma política de integração tecnológica exige formação continuada articulada ao currículo. Professores precisam experimentar ferramentas, analisar evidências, compartilhar sequências didáticas e refletir sobre problemas reais de sala de aula.

A formação também deve contemplar ética e segurança. Questões como direitos autorais, privacidade, proteção de dados, acessibilidade, desinformação e uso responsável de IA passaram a

integrar a competência profissional necessária à docência contemporânea.

22. DISCUSSÃO

Outro aspecto que emerge da literatura é que os resultados da integração tecnológica dependem do contexto de implementação. Infraestrutura, formação docente, tempo para planejamento, acesso dos estudantes e políticas institucionais podem favorecer ou limitar a efetividade de uma mesma ferramenta. Por isso, comparações entre experiências precisam considerar não apenas qual tecnologia foi utilizada, mas como foi incorporada à sequência didática e quais atividades cognitivas foram solicitadas aos estudantes.

A evidência disponível também recomenda prudência diante de interpretações causais simplificadas. Resultados positivos em uma experiência não significam que a ferramenta, isoladamente, seja responsável pela aprendizagem observada. Em muitos casos, o efeito pode decorrer da combinação entre novidade, desenho da atividade, interação social, feedback, mediação docente e oportunidade de prática. O desafio da pesquisa educacional é, portanto, compreender quais componentes da intervenção produzem determinado resultado e em quais condições esse resultado pode ser reproduzido.

Dessa forma, a principal contribuição das tecnologias digitais para o ensino de Ciências não deve ser medida pelo número de ferramentas utilizadas, mas pela qualidade das práticas científicas e pedagógicas que elas tornam possíveis. Essa perspectiva aproxima a cultura digital da própria natureza da ciência: formular problemas,

produzir evidências, avaliar modelos, comunicar argumentos e revisar conclusões.

A literatura analisada permite sustentar três argumentos centrais. Primeiro, tecnologias digitais ampliam as possibilidades de representação e experimentação em Ciências. Segundo, os benefícios dependem da integração entre tecnologia, conteúdo e pedagogia. Terceiro, a cultura digital exige que a escola ensine não apenas a operar ferramentas, mas a produzir e avaliar conhecimento em ambientes digitais.

Walan (2020) mostra que professores podem perceber ganhos de motivação, avaliação e individualização, mas também encontrar dificuldades para integrar investigação e atender estudantes com diferentes níveis de desempenho. Aligo e Prudente (2025), por sua vez, identificam resultados positivos em materiais digitais, mas ressaltam características de design e interação. Esses achados convergem para uma conclusão importante: a tecnologia é uma condição potencial, não uma garantia de aprendizagem.

No Brasil, o marco normativo reforça essa compreensão. A BNCC estabelece competências digitais; a PNED cria uma política nacional de educação digital; e a legislação recente sobre aparelhos pessoais delimita condições de uso pedagógico. O desafio das escolas é transformar essas orientações em práticas curriculares concretas.

23. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As tecnologias digitais representam uma oportunidade relevante para renovar o ensino de Ciências no Ensino Médio, especialmente quando associadas à investigação, à experimentação, à análise de dados, à modelagem e à comunicação científica. Simuladores,

laboratórios virtuais, sensores, dispositivos móveis, realidade aumentada e virtual, plataformas colaborativas e inteligência artificial podem ampliar as formas de acesso e interação com o conhecimento.

Entretanto, o uso tecnológico precisa estar subordinado a objetivos pedagógicos claros. A presença de equipamentos não garante aprendizagem e não substitui o professor. A mediação docente continua essencial para selecionar recursos, formular problemas, orientar investigações, questionar evidências e avaliar argumentos.

Também é necessário enfrentar desigualdades de acesso, assegurar acessibilidade e construir políticas de formação continuada. A legislação brasileira recente reforça que a educação digital deve estar associada à cidadania, à proteção e ao uso responsável.

Conclui-se que a tecnologia digital pode contribuir significativamente para o ensino de Ciências quando deixa de ser tratada como adereço e passa a integrar a própria lógica de produção e validação do conhecimento científico. Nesse sentido, a escola pode formar estudantes capazes não apenas de consumir informações digitais, mas de investigar, questionar, criar, argumentar e tomar decisões fundamentadas em evidências.

YIM, I. H. Y.; SU, J. Artificial intelligence (AI) learning tools in K-12 education: a scoping review. *Journal of Computers in Education*, v. 12, p. 93-131, 2025. DOI: 10.1007/s40692-023-00304-9.

LIU, X.; ZHONG, B. A systematic review on how educators teach AI in K-12 education. *Educational Research Review*, v. 45, art. 100642, 2024. DOI: 10.1016/j.edurev.2024.100642.

ERÜMIT, A. K.; ÖZDEMİR SARIALIOĞLU, R. Artificial intelligence in science and chemistry education: a systematic review. *Discover Education*, v. 4, art. 178, 2025. DOI: 10.1007/s44217-025-00622-3.

ALMASRI, F. Exploring the impact of artificial intelligence in teaching and learning of science: a systematic review of empirical research. *Research in Science Education*, v. 54, p. 977-997, 2024. DOI: 10.1007/s11165-024-10176-3.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALIGO, Bingo L.; PRUDENTE, Maricar S. Effectiveness of digital learning materials on students' achievement in science: a meta-analysis. *Journal of Global Education and Research*, v. 9, n. 1, p. 55-69, 2025. DOI: 10.5038/2577-509X.9.1.1427.

BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018.

BRASIL. Decreto nº 12.385, de 18 de fevereiro de 2025. Regulamenta a Lei nº 15.100, de 13 de janeiro de 2025. Brasília, DF, 2025.

BRASIL. Lei nº 14.533, de 11 de janeiro de 2023. Institui a Política Nacional de Educação Digital e altera a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Brasília, DF, 2023.

BRASIL. Lei nº 15.100, de 13 de janeiro de 2025. Dispõe sobre a utilização, por estudantes, de aparelhos eletrônicos portáteis pessoais nos estabelecimentos públicos e privados de ensino da educação básica. Brasília, DF, 2025.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, DF: MEC, 2018.

BRASIL. Ministério da Educação. Educação digital e midiática. Brasília, DF: MEC, 2025.

BRASIL. Ministério da Educação. Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação no contexto escolar: possibilidades. Brasília, DF: MEC, [s.d.].

CHASSOT, Attico. Alfabetização científica: questões e desafios para a educação. 8. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2018.

KENSKI, Vani Moreira. Educação e tecnologias: o novo ritmo da informação. 8. ed. Campinas: Papirus, 2012.

LIU, Z.; ZOWGHI, D.; KEARNEY, M.; BANO, M. Mobile learning for science education: a systematic review of inquiry-based approaches in secondary education. *Journal of Computer Assisted Learning*, v. 37, n. 1, p. 1-23, 2021.

MISHRA, Punya; KOEHLER, Matthew J. Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, v. 108, n. 6, p. 1017-1054, 2006. DOI: 10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.

MORAN, José Manuel. A educação que desejamos: novos desafios e como chegar lá. 5. ed. Campinas: Papirus, 2012.

MORAN, José Manuel. Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda. In: BACICH, Lilian; MORAN, José (org.). Metodologias ativas para uma educação inovadora. Porto Alegre: Penso, 2018.

SANTOS, A. P. et al. Tecnologias digitais da informação e comunicação no ensino de Ciências e Matemática: possibilidades a partir da BNCC. *Research, Society and Development*, v. 10, n. 1, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i1.12157.

UNESCO. Guidance for generative AI in education and research. Paris: UNESCO, 2023.

WALAN, Susanne. Embracing digital technology in science classrooms—secondary school teachers’ enacted teaching and reflections on practice. *Journal of Science Education and Technology*, v. 29, p. 431-441, 2020. DOI: 10.1007/s10956-020-09828-6.

¹ Licenciatura Plena em Química, Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Teresina, Piauí, Brasil. Mestre e Doutorando em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Piauí-UFPI, Teresina, Piauí, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-9112-758X>. Lattes: <https://lattes.cnpq.br/0156962783585205>

² Licenciatura Plena em Química, Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Teresina, Piauí, Brasil. Mestre em Química, Universidade Estadual do Piauí – UESPI, Teresina, Piauí, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0565-3302>

³ Mestre em Ensino de Ciências e Matemática - IFCE. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará - IFCE. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2237-2142>

⁴ Mestre e Doutorando em Engenharia de Materiais- UFPI. Lattes: <http://lattes.cnpq.br/450028242947274>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1823-9802>

⁵ Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Federal do Piauí. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9305-3960>

⁶ Licenciatura Plena em Química, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA, São Luís, Maranhão, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7503538036896706>

⁷ Superior completo - Bacharelado em Farmácia e Licenciatura em Química. Universidade Federal do Piauí. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/4181959730099841>

⁸ Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais. Universidade Federal do Piauí - UFPI. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0266227084848647>. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-0442-7742>

⁹ Mestre em Educação- Faculdade Pitágoras. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes: <https://lattes.cnpq.br/4821549997454715>

- ¹⁰ Mestre em Educação- Faculdade Pitágoras. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes: <https://lattes.cnpq.br/9714688104780111>
- ¹¹ Especialista em Ensino de Ciências (IFPI); mestranda em Ensino de Ciências (PPGEnCiNa/UFPI). E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)
- ¹² MESTRADO PROFISSIONAL EM QUÍMICA, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, UESB, Brasil. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/0454284174087976>
- ¹³ Mestre em Química- Universidade Federal do Maranhão. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes: <https://lattes.cnpq.br/8500790232714998>
- ¹⁴ Mestre em Ensino de Matemática- UEPA. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7102-0322>. Lattes: <https://lattes.cnpq.br/0262016537459226>
- ¹⁵ Mestre em física teórica. UFCG - Universidade Federal de Campina Grande. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#)
- ¹⁶ Mestrado em Química. Universidade Estadual do Piauí - UESPI. E-mail: [acesse o artigo original para visualizar o e-mail](#). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/9531688012375910>