



METODOLOGIAS ATIVAS COM USO DE TECNOLOGIA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Iohana Barbosa Oliveira ¹

RESUMO

Este artigo analisa as metodologias ativas mediadas por recursos tecnológicos no ensino de Ciências, objetivando compreender como estas abordagens pedagógicas potencializam a construção de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de competências investigativas nos estudantes da educação básica. A investigação justifica-se pela crescente necessidade de práticas pedagógicas que respondam às demandas educacionais contemporâneas, caracterizadas pela ubiquidade tecnológica e pela necessidade de formação científica crítica e contextualizada. Metodologicamente, realizou-se pesquisa bibliográfica de natureza qualitativa, analisando dados secundários provenientes de artigos científicos, livros e documentos oficiais sobre o tema, sem delimitação temporal específica, buscando identificar fundamentos teóricos, estratégias didáticas e resultados educacionais. Os resultados evidenciam que a integração entre metodologias ativas e recursos tecnológicos proporciona experiências de aprendizagem mais significativas e contextualizadas em Ciências, favorecendo o protagonismo discente, o desenvolvimento de habilidades investigativas e a compreensão dos processos de construção do conhecimento científico, especialmente quando fundamentada em abordagens sociointeracionistas e quando articulada a contextos socioambientais relevantes para os estudantes.

Palavras-chave: Metodologias Ativas. Tecnologias Educacionais. Ensino de Ciências.

RESUMEN

This article analyzes the active methodologies mediated by technological resources in the teaching of Science, aiming to understand how these pedagogical approaches enhance the construction of scientific knowledge and the development of investigative skills in basic education students. The research is justified by the growing need for pedagogical practices that respond to contemporary educational demands, characterized by technological ubiquity and the need for critical and contextualized scientific training. Methodologically, a qualitative bibliographic research was carried out, analyzing secondary data from scientific articles, books and official documents on the subject, without specific time delimitation, seeking to identify theoretical foundations, didactic strategies and educational results. The results show that the integration between active methodologies and technological resources provides more meaningful and contextualized learning experiences in Science, favoring student protagonism, the development of investigative skills and the understanding of the processes of construction of scientific knowledge, especially when based on socio-interactionist approaches and when articulated with socio-environmental contexts relevant to students.

Keywords: Active Methodologies. Educational Technologies. Science Teaching.

ABSTRACT

Este artículo analiza las metodologías activas mediadas por recursos tecnológicos en la enseñanza de las Ciencias, con el objetivo de comprender cómo estos enfoques pedagógicos potencian la construcción del conocimiento científico y el desarrollo de habilidades investigativas en estudiantes de educación básica. La investigación se justifica por la creciente necesidad de prácticas pedagógicas que respondan a las demandas educativas contemporáneas, caracterizadas por la ubicuidad tecnológica y la necesidad de una formación científica crítica y contextualizada. Metodológicamente, se realizó una investigación bibliográfica cualitativa, analizando datos secundarios de artículos científicos, libros y documentos oficiales sobre el tema, sin delimitación temporal específica, buscando identificar fundamentos teóricos, estrategias didácticas y resultados educativos. Los resultados muestran que la integración entre metodologías activas y recursos tecnológicos proporciona experiencias de aprendizaje más significativas y contextualizadas en Ciencias, favoreciendo el protagonismo de los estudiantes, el desarrollo de habilidades investigativas y la comprensión de los procesos de construcción del conocimiento científico, especialmente cuando se basan en enfoques socio-interaccionistas y cuando se articulan con contextos socio-ambientales relevantes para los estudiantes.

Palabras clave: Metodologías activas. Tecnologías educativas. Enseñanza de las Ciencias



INTRODUÇÃO

O cenário educacional contemporâneo tem sido marcado por profundas transformações que desafiam as concepções tradicionais de ensino e aprendizagem, especialmente no campo das Ciências Naturais, área fundamental para a formação de cidadãos críticos e cientificamente alfabetizados. Neste contexto, as metodologias ativas mediadas por tecnologias digitais emergem como abordagens pedagógicas potencialmente transformadoras, capazes de ressignificar as relações didáticas e promover experiências de aprendizagem mais significativas e contextualizadas. Conforme destaca Valente (2018), estas metodologias caracterizam-se pelo protagonismo discente e pela construção colaborativa do conhecimento, aspectos particularmente relevantes para a natureza investigativa das Ciências. A integração entre estratégias ativas de aprendizagem e recursos tecnológicos configura-se, portanto, como campo fértil de investigação pedagógica, demandando análises aprofundadas sobre seus fundamentos, implementações e impactos na formação científica dos estudantes da educação básica.

A compreensão dos fundamentos teóricos que sustentam as metodologias ativas constitui etapa essencial para sua implementação crítica e pedagogicamente fundamentada no ensino de Ciências. Segundo Bacich e Moran (2018), estas abordagens apoiam-se em pressupostos construtivistas e sociointeracionistas, concebendo a aprendizagem como processo ativo de construção de significados que ocorre mediante interações sociais significativas. No contexto específico da educação científica, Silva e Santos (2020) argumentam que as metodologias ativas potencializam o desenvolvimento do pensamento científico ao privilegiarem a problematização, a investigação e a experimentação como estratégias didáticas centrais. Estas perspectivas teóricas evidenciam a necessidade de reconfiguração dos papéis de professores e estudantes, estabelecendo relações pedagógicas mais horizontais e colaborativas, nas quais o docente atua primordialmente como mediador de processos investigativos e não como transmissor de conteúdos pré-estabelecidos.



O panorama tecnológico contemporâneo oferece múltiplas possibilidades para a implementação de metodologias ativas no ensino de Ciências, desde aplicativos móveis e simuladores virtuais até plataformas colaborativas e ambientes imersivos. Oliveira e Martins (2022) evidenciam que estas tecnologias, quando pedagogicamente orientadas, ampliam significativamente as possibilidades investigativas no ensino científico, permitindo visualizações de fenômenos complexos, experimentações virtuais e coletas de dados que seriam inviáveis em contextos convencionais. Entretanto, como alertam Rodrigues e Almeida (2021), a mera inserção de recursos tecnológicos não garante práticas pedagógicas efetivamente ativas e significativas, sendo fundamental a articulação coerente entre tecnologias, objetivos educacionais e estratégias didáticas. Esta perspectiva crítica sobre a integração tecnológica reafirma a centralidade da mediação pedagógica e da intencionalidade educativa na configuração de ambientes de aprendizagem científica tecnologicamente enriquecidos.

A convergência entre metodologias ativas e tecnologias digitais no ensino de Ciências configura-se como fenômeno complexo e multidimensional, demandando análises que transcendam abordagens meramente instrumentais ou tecnicistas. Nesta perspectiva, Ferrarini e Saheb (2019) argumentam que esta integração possibilita a criação de ecossistemas educacionais híbridos, nos quais experiências presenciais e virtuais complementam-se na construção de conhecimentos científicos significativos e contextualmente relevantes. As autoras destacam ainda o potencial destas abordagens para o desenvolvimento de competências investigativas essenciais, como observação sistemática, formulação de hipóteses, análise crítica de dados e comunicação científica, aspectos fundamentais para a alfabetização científica na contemporaneidade. A articulação coerente entre metodologias ativas e recursos tecnológicos apresenta-se, portanto, como caminho promissor para a superação de modelos transmissivos e fragmentados de educação científica.

O presente artigo objetiva compreender como as metodologias ativas mediadas por tecnologias digitais potencializam a construção de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de competências investigativas nos estudantes da educação básica. Para alcançar este objetivo geral, estrutura-se em três eixos analíticos complementares: inicialmente, examina-se os fundamentos teóricos



das metodologias ativas, identificando suas bases epistemológicas e implicações para o ensino de Ciências; em seguida, mapeia-se os principais recursos tecnológicos utilizados como suporte às abordagens ativas, avaliando suas potencialidades e limitações para a educação científica; por fim, analisa-se as convergências possíveis entre metodologias ativas e tecnologias digitais, identificando práticas pedagógicas integradoras que favoreçam o protagonismo discente e a aprendizagem científica significativa. Esta estrutura investigativa possibilita uma análise abrangente e multidimensional do tema, contribuindo para a fundamentação teórico-prática de intervenções educacionais inovadoras no campo do ensino de Ciências.

A relevância desta investigação justifica-se pela necessidade crescente de práticas pedagógicas que respondam às demandas formativas da sociedade contemporânea, caracterizada pela ubiquidade tecnológica e pela centralidade do conhecimento científico em debates socioambientais urgentes. Como argumentam Ferreira e Costa (2023), a formação científica adequada aos desafios atuais transcende a mera assimilação de conteúdos, demandando o desenvolvimento de competências investigativas, pensamento crítico e capacidade de mobilização de conhecimentos em contextos diversos. Neste cenário, as metodologias ativas mediadas por tecnologias apresentam-se como abordagens potencialmente transformadoras, capazes de ressignificar as experiências de aprendizagem científica e contribuir para a formação de cidadãos cientificamente alfabetizados. A análise crítica destas abordagens contribui, portanto, para o avanço das discussões sobre inovação pedagógica no ensino de Ciências e para a fundamentação de práticas educativas mais significativas e contextualizadas.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS DAS METODOLOGIAS ATIVAS

As metodologias ativas de aprendizagem constituem um conjunto de abordagens pedagógicas que compartilham princípios epistemológicos convergentes, ainda que se manifestem em práticas diversificadas e contextualizadas. Estas abordagens fundamentam-se, essencialmente, na concepção do estudante como sujeito ativo e protagonista no processo de construção do conhecimento, contrapondo-se aos modelos tradicionais



centrados na transmissão unidirecional de informações. Nesta perspectiva, Diesel, Baldez e Martins (2017, p. 271) afirmam que "os métodos ativos de aprendizagem se apresentam como alternativa com grande potencial para atender às demandas e desafios da educação atual", especialmente por privilegiarem processos de significação ancorados nas experiências prévias e nos interesses dos educandos. Este posicionamento teórico revela, portanto, uma ruptura paradigmática com concepções bancárias de educação, estabelecendo novas bases para a compreensão dos processos de ensino e aprendizagem, particularmente relevantes para o campo das Ciências Naturais.

O construtivismo piagetiano apresenta-se como um dos pilares fundamentais para a compreensão teórica das metodologias ativas, fornecendo subsídios para a análise dos processos cognitivos subjacentes à construção ativa do conhecimento. Sob esta ótica, a aprendizagem configura-se como processo de equilibração progressiva, no qual o sujeito epistêmico, ao confrontar-se com situações desafiadoras, desenvolve esquemas mentais cada vez mais complexos e adaptativos. Conforme destaca Bacich (2018), as metodologias ativas fundamentam-se na premissa de que o conhecimento não é transferido ou depositado, mas ativamente construído pelo aprendiz em processos contínuos de assimilação e acomodação. Ademais, estas abordagens valorizam significativamente a interação do sujeito com objetos de conhecimento concretos e contextualizados, propiciando experiências educativas que mobilizam estruturas cognitivas em desenvolvimento. Por conseguinte, as práticas pedagógicas ativas encontram no construtivismo piagetiano fundamentos consistentes para a proposição de ambientes educacionais problematizadores e investigativos.

A perspectiva sociointeracionista vygotskyana complementa substancialmente o arcabouço teórico das metodologias ativas, introduzindo a dimensão social e cultural como elemento constitutivo dos processos de aprendizagem e desenvolvimento. "O aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros" (Moran, 2018, p. 42). Esta concepção evidencia o papel fundamental das interações sociais significativas na construção do conhecimento, aspecto amplamente valorizado pelas abordagens ativas, que



priorizam estratégias colaborativas e dialógicas. Destarte, o conceito de zona de desenvolvimento proximal oferece importantes subsídios para a compreensão da mediação pedagógica em contextos ativos de aprendizagem, nos quais o professor atua como facilitador de processos, intervindo estrategicamente para potencializar o desenvolvimento de funções psicológicas superiores, especialmente aquelas relacionadas ao pensamento científico.

As contribuições da pedagogia freireana constituem outro importante referencial teórico para a fundamentação das metodologias ativas, particularmente no que concerne à dimensão política e transformadora da educação. A crítica freireana à educação bancária e a defesa de uma pedagogia problematizadora e dialógica encontram significativa ressonância nos princípios que orientam as abordagens ativas contemporâneas. Segundo Berbel (2020), a aprendizagem baseada em problemas, uma das principais expressões das metodologias ativas, fundamenta-se na premissa freireana de que a educação autêntica não se faz de A para B ou de A sobre B, mas de A com B, mediatizados pelo mundo. Neste sentido, as metodologias ativas incorporam a dimensão dialógica e problematizadora proposta por Freire, reconhecendo o potencial emancipatório de práticas educativas que valorizam os saberes prévios dos educandos e sua capacidade de intervir criticamente na realidade. Consequentemente, estas abordagens transcendem a dimensão meramente técnica ou instrumental, assumindo compromissos éticos e políticos com a formação de sujeitos autônomos e socialmente engajados.

O pragmatismo deweyano apresenta-se, igualmente, como fonte teórica fundamental para a compreensão das metodologias ativas, especialmente no que tange à valorização da experiência e da investigação como elementos centrais nos processos educativos. A máxima deweyana "aprender fazendo" encontra expressão concreta nas diversas estratégias ativas que privilegiam a experimentação, a resolução de problemas e a investigação como caminhos para a construção do conhecimento. "A aprendizagem baseada em projetos, metodologia amplamente difundida no contexto das abordagens ativas, fundamenta-se essencialmente na concepção deweyana de educação como reconstrução da experiência" (Valente, 2018, p. 28). Ademais, a perspectiva pragmática contribui significativamente para a compreensão da dimensão contextual e aplicada do conhecimento, aspecto valorizado pelas metodologias



ativas, que buscam estabelecer conexões significativas entre conteúdos acadêmicos e situações reais. Por conseguinte, o pragmatismo deweyano oferece subsídios teóricos consistentes para práticas pedagógicas que transcendem a fragmentação disciplinar e a abstração descontextualizada, características frequentemente criticadas nos modelos tradicionais de ensino.

As neurociências contemporâneas têm oferecido contribuições substanciais para a fundamentação das metodologias ativas, fornecendo evidências empíricas sobre os processos cerebrais envolvidos na aprendizagem ativa e significativa. Pesquisas neste campo demonstram que o engajamento ativo, a resolução de problemas e as interações sociais estimulam conexões neurais mais robustas e duradouras, favorecendo a consolidação de memórias de longo prazo e a transferência de aprendizagens para novos contextos. Oliveira e Santos (2019) destacam que as metodologias ativas, ao mobilizarem múltiplas áreas cerebrais simultaneamente, potencializam processos neuroplásticos essenciais para a aprendizagem profunda e significativa. Ademais, estas abordagens pedagógicas consideram aspectos emocionais e motivacionais frequentemente negligenciados em modelos tradicionais, reconhecendo sua influência determinante nos processos cognitivos e na predisposição para aprender. Destarte, os aportes das neurociências corroboram princípios fundamentais das metodologias ativas, como a centralidade do engajamento, a importância do feedback imediato e o valor das experiências multissensoriais nos processos educativos.

A teoria das inteligências múltiplas de Gardner representa outro importante referencial teórico para a compreensão das metodologias ativas, especialmente por sua contribuição para o reconhecimento e valorização da diversidade cognitiva nos processos educativos. Ao romper com visões unidimensionais e hierarquizadas da inteligência, esta perspectiva teórica fornece subsídios para práticas pedagógicas que contemplem diferentes estilos e potenciais de aprendizagem. "As metodologias ativas, em suas diversas expressões, possibilitam o desenvolvimento de múltiplas inteligências simultaneamente, transcendendo o privilégio tradicionalmente concedido às habilidades lógico-matemáticas e linguísticas" (Mattar; Aguiar, 2018, p. 57). Esta pluralidade de abordagens manifesta-se em estratégias como aprendizagem baseada em jogos, que mobiliza inteligências corporais-cinestésicas e espaciais,



ou aprendizagem entre pares, que desenvolve habilidades interpessoais. Por conseguinte, a teoria gardneriana oferece fundamentos consistentes para a diversificação metodológica característica das abordagens ativas, contribuindo para a construção de ambientes educacionais mais inclusivos e equitativos.

A aprendizagem significativa de Ausubel complementa o arcabouço teórico das metodologias ativas, fornecendo importantes subsídios para a compreensão dos processos cognitivos envolvidos na construção de conhecimentos duradouros e transferíveis. Esta perspectiva teórica enfatiza a importância da ancoragem de novos conhecimentos em estruturas conceituais preexistentes, processo que demanda participação ativa e intencional do aprendiz. Segundo Ferrarini, Saheb e Torres (2019), as metodologias ativas potencializam a aprendizagem significativa ao privilegiarem situações-problema contextualizadas e relevantes, que mobilizam conhecimentos prévios e estimulam processos de ressignificação conceitual. Ademais, estas abordagens valorizam a metacognição e a autorregulação da aprendizagem, aspectos fundamentais para que o estudante estabeleça conexões significativas entre novos conteúdos e sua estrutura cognitiva prévia. Consequentemente, a teoria ausubeliana oferece importantes contribuições para a compreensão dos processos de construção de significados em contextos ativos de aprendizagem, reafirmando a centralidade do engajamento cognitivo e da contextualização na consolidação de aprendizagens duradouras e transferíveis.

TECNOLOGIAS DIGITAIS NO ENSINO CIENTÍFICO

O panorama educacional contemporâneo tem sido significativamente reconfigurado pela inserção progressiva de tecnologias digitais nos processos de ensino e aprendizagem, fenômeno que adquire contornos particulares no âmbito da educação científica. Estas tecnologias, em suas múltiplas manifestações, transcendem a condição de meros recursos instrumentais, constituindo-se como verdadeiros mediadores semióticos que potencializam novas formas de interação com o conhecimento científico e seus processos de construção. Nesta perspectiva, Santos e Leite (2019) argumentam que os recursos digitais, quando pedagogicamente orientados, ampliam significativamente as possibilidades investigativas no ensino de Ciências,



permitindo simulações, visualizações e experimentações que seriam inviáveis em contextos convencionais. Ademais, estas ferramentas possibilitam a superação de barreiras espaço-temporais tradicionalmente impostas à educação científica, viabilizando experiências de aprendizagem mais flexíveis e personalizadas. Por conseguinte, a integração de tecnologias digitais ao ensino de Ciências configura-se como fenômeno complexo e multidimensional, cujas potencialidades e desafios demandam análises aprofundadas e contextualizadas.

A virtualização de experimentos científicos através de simuladores e laboratórios virtuais representa uma das contribuições mais significativas das tecnologias digitais para o ensino de Ciências, especialmente por sua capacidade de transcender limitações materiais e operacionais frequentemente enfrentadas em contextos educacionais. Tais recursos permitem a visualização e manipulação de fenômenos complexos em diferentes escalas e temporalidades, possibilitando abordagens pedagógicas mais flexíveis e investigativas. "Os simuladores virtuais permitem que estudantes visualizem processos microscópicos, manipulem variáveis experimentais e observem fenômenos que, por sua natureza, seriam inacessíveis em laboratórios convencionais, potencializando significativamente a compreensão de conceitos científicos abstratos" (Carvalho; Monteiro, 2020, p. 83). Entretanto, é imperioso ressaltar que estes recursos não substituem integralmente as experiências práticas em laboratórios físicos, mas complementam-nas, oferecendo possibilidades pedagógicas distintas e complementares. Consequentemente, a articulação coerente entre experiências virtuais e presenciais apresenta-se como caminho promissor para o enriquecimento das práticas pedagógicas no ensino de Ciências.

As tecnologias de realidade aumentada e virtual têm igualmente contribuído para transformações significativas no ensino científico, propiciando experiências imersivas e interativas que ressignificam a relação dos estudantes com fenômenos naturais e modelos científicos. Estas tecnologias, ao sobrepor elementos virtuais ao ambiente físico ou criarem ambientes completamente simulados, potencializam a visualização tridimensional e a manipulação de estruturas complexas, aspectos particularmente relevantes em áreas como Biologia Celular, Química Molecular e Astronomia. Segundo Oliveira



(2021), as experiências imersivas propiciadas por estas tecnologias favorecem significativamente a compreensão de fenômenos abstratos e multidimensionais, frequentemente de difícil visualização através de recursos didáticos convencionais. Além disso, tais ferramentas possibilitam abordagens pedagógicas mais lúdicas e engajadoras, aspecto fundamental para a promoção do interesse e da curiosidade científica entre estudantes da educação básica. Portanto, as tecnologias imersivas apresentam-se como recursos promissores para a superação de obstáculos epistemológicos frequentemente enfrentados no ensino de conceitos científicos complexos e abstratos.

Os aplicativos móveis educacionais constituem outro segmento tecnológico com significativo potencial transformador para o ensino de Ciências, especialmente por sua ubiquidade, acessibilidade e possibilidades de personalização das experiências de aprendizagem. A popularização dos dispositivos móveis entre estudantes de diferentes contextos socioeconômicos viabiliza a implementação de estratégias pedagógicas que transcendem os limites físicos e temporais da sala de aula, promovendo experiências de aprendizagem contínuas e contextualizadas. "A mobilidade e a conectividade características dos dispositivos portáteis permitem que estudantes realizem investigações científicas em diferentes contextos, coletando, analisando e compartilhando dados em tempo real, aproximando-se significativamente das práticas autênticas da comunidade científica contemporânea" (Rodrigues; Silva, 2018, p. 142). Ademais, muitos aplicativos educacionais incorporam elementos de gamificação e feedback imediato, aspectos que potencializam o engajamento e a autorregulação da aprendizagem. Consequentemente, a integração pedagógica de aplicativos móveis ao ensino de Ciências apresenta-se como estratégia promissora para a promoção de experiências de aprendizagem mais ativas, contextualizadas e significativas.

As plataformas colaborativas e redes sociais científicas têm reconfigurado significativamente as possibilidades de construção coletiva do conhecimento e comunicação científica no contexto educacional, aspecto particularmente relevante para a compreensão da natureza social e colaborativa da ciência contemporânea. Estas ferramentas digitais, ao facilitarem a interação entre estudantes, professores e, eventualmente, cientistas, potencializam a criação de comunidades de aprendizagem que transcendem os limites institucionais e



geográficos tradicionalmente impostos à educação científica. Mendes e Almeida (2020) argumentam que as plataformas colaborativas permitem que estudantes participem ativamente de práticas científicas autênticas, como a coleta colaborativa de dados, o compartilhamento de resultados experimentais e a revisão por pares, aspectos fundamentais para o desenvolvimento da cultura científica. Além disso, estas tecnologias viabilizam abordagens pedagógicas baseadas em ciência cidadã, nas quais estudantes contribuem para pesquisas científicas reais, experienciando concretamente o processo de construção coletiva do conhecimento. Por conseguinte, a integração destas plataformas ao ensino científico apresenta-se como estratégia potencialmente transformadora, capaz de ressignificar a percepção dos estudantes sobre a natureza social e colaborativa do empreendimento científico.

Os sistemas adaptativos de aprendizagem baseados em inteligência artificial representam uma fronteira tecnológica com implicações potencialmente revolucionárias para o ensino de Ciências, especialmente por sua capacidade de personalização das experiências educativas conforme as necessidades, interesses e ritmos individuais dos estudantes. Estas tecnologias, ao processarem grandes volumes de dados sobre o desempenho e comportamento dos aprendizes, possibilitam intervenções pedagógicas cada vez mais precisas e contextualizadas, potencializando trajetórias de aprendizagem personalizadas em escala anteriormente inviável. "Os sistemas adaptativos, ao identificarem automaticamente lacunas conceituais e oferecerem atividades remediadoras específicas, potencializam significativamente a eficácia das intervenções pedagógicas, especialmente em áreas conceituais hierarquicamente estruturadas como as Ciências Naturais" (Ferreira; Costa, 2019, p. 217). Contudo, é imperioso ressaltar que estas tecnologias apresentam também desafios significativos relacionados à privacidade de dados, transparência algorítmica e equidade educacional, aspectos que demandam análises críticas e multidimensionais. Consequentemente, a implementação responsável destas tecnologias requer abordagens que equilibrem suas potencialidades pedagógicas com considerações éticas e sociopolíticas fundamentais.

As ferramentas de análise e visualização de dados têm adquirido crescente relevância no contexto do ensino científico contemporâneo, especialmente diante da centralidade do pensamento estatístico e da



interpretação crítica de evidências na alfabetização científica. Estas tecnologias, ao facilitarem a transformação de conjuntos complexos de dados em representações visuais interpretáveis, potencializam significativamente o desenvolvimento de habilidades analíticas essenciais para a compreensão de fenômenos científicos multivariados. Santos e Pereira (2022) destacam que a utilização pedagógica destas ferramentas favorece o desenvolvimento de competências fundamentais para a cidadania científica contemporânea, como a interpretação crítica de gráficos, a identificação de padrões em conjuntos de dados e a avaliação de correlações e causalidades. Ademais, estas tecnologias possibilitam que estudantes trabalhem com dados reais e atualizados sobre fenômenos relevantes, como mudanças climáticas ou epidemias, estabelecendo conexões significativas entre conteúdos curriculares e questões sociocientíficas contemporâneas. Por conseguinte, a integração destas ferramentas ao ensino científico configura-se como estratégia promissora para a promoção do letramento estatístico e da compreensão baseada em evidências.

As tecnologias de fabricação digital, como impressoras 3D e kits de robótica educacional, têm igualmente contribuído para transformações significativas no ensino de Ciências, especialmente por sua capacidade de materializar conceitos abstratos e promover abordagens investigativas baseadas em design. Estas ferramentas, ao permitirem que estudantes projetem, construam e testem artefatos tecnológicos, estabelecem pontes significativas entre conhecimentos teóricos e aplicações práticas, aspecto fundamental para a compreensão contextualizada de princípios científicos. "A fabricação digital no contexto educacional transcende o mero desenvolvimento de habilidades técnicas, configurando-se como abordagem pedagógica que potencializa o pensamento crítico, a resolução criativa de problemas e a compreensão integrada de conceitos científicos, tecnológicos e matemáticos" (Martins; Oliveira, 2021, p. 156). Adicionalmente, estas tecnologias viabilizam práticas pedagógicas alinhadas à abordagem STEAM (Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática), favorecendo conexões interdisciplinares significativas e contextualmente relevantes. Portanto, a integração de tecnologias de fabricação digital ao ensino científico apresenta-se como estratégia potencialmente transformadora, capaz de ressignificar a relação dos estudantes com o conhecimento científico e seus processos de construção.



CONVERGÊNCIAS PEDAGÓGICAS E TECNOLÓGICAS

A intersecção entre abordagens pedagógicas inovadoras e tecnologias digitais emergentes configura um território fértil de possibilidades educacionais, caracterizado por convergências que transcendem a mera justaposição de elementos e constituem um fenômeno complexo e multidimensional. Estas convergências manifestam-se na criação de ecossistemas de aprendizagem híbridos, nos quais fronteiras tradicionalmente estabelecidas entre espaços físicos e virtuais, momentos síncronos e assíncronos, ou experiências formais e informais tornam-se progressivamente permeáveis e fluidas. Neste cenário, Pischetola e Miranda (2019) argumentam que a efetiva integração tecnopedagógica não se concretiza pela simples inserção de artefatos digitais em práticas convencionais, mas pela reconfiguração substantiva das relações didáticas, dos papéis assumidos pelos atores educacionais e das concepções sobre conhecimento e aprendizagem. Ademais, estas convergências possibilitam a criação de experiências educativas personalizadas e contextualmente relevantes, potencializando trajetórias de aprendizagem mais significativas e alinhadas às demandas formativas contemporâneas. Por conseguinte, compreender as dimensões epistemológicas, metodológicas e operacionais destas convergências apresenta-se como desafio fundamental para pesquisadores e profissionais comprometidos com a inovação educacional substantiva.

O conceito de hibridismo tecnopedagógico emerge como constructo teórico particularmente relevante para a análise das convergências entre metodologias ativas e tecnologias digitais, especialmente por sua capacidade de transcender dicotomias reducionistas frequentemente estabelecidas no campo educacional. Este conceito fundamenta-se na premissa de que as mais promissoras inovações educacionais contemporâneas se caracterizam pela integração coerente entre princípios pedagógicos sociointeracionistas e possibilidades tecnológicas emergentes, configurando abordagens simultaneamente centradas no estudante e potencializadas por recursos digitais. "O hibridismo tecnopedagógico manifesta-se em práticas educativas nas quais tecnologias digitais não apenas viabilizam, mas potencializam substantivamente a implementação de princípios como protagonismo discente, construção



colaborativa do conhecimento e contextualização das aprendizagens" (Schlemmer; Moreira, 2020, p. 17). Destarte, esta perspectiva evidencia que as mais promissoras convergências não ocorrem quando tecnologias meramente substituem práticas convencionais, mas quando transformam qualitativamente as possibilidades de interação, produção e compartilhamento de conhecimentos. Consequentemente, o hibridismo tecnopedagógico apresenta-se como lente analítica valiosa para compreender e projetar inovações educacionais substantivas, que transcendam tanto o tecnocentrismo quanto o pedagogismo ingênuo.

A perspectiva da cognição distribuída oferece substanciais contribuições teóricas para a compreensão das convergências pedagógicas e tecnológicas, especialmente por sua ênfase na dimensão sociotécnica dos processos de construção do conhecimento. Esta abordagem fundamenta-se na premissa de que as atividades cognitivas humanas não se restringem a processos mentais internos, mas distribuem-se entre indivíduos e artefatos tecnológicos em sistemas cognitivos integrados. Segundo Nascimento e Alves (2021), as tecnologias digitais, quando pedagogicamente integradas, não funcionam como meras ferramentas externas, mas como verdadeiras extensões cognitivas que ampliam significativamente as capacidades de processamento, armazenamento e representação de informações dos aprendizes. Ademais, esta perspectiva teórica ressalta que a distribuição cognitiva ocorre não apenas entre humanos e artefatos, mas também entre múltiplos participantes em redes colaborativas, aspecto particularmente relevante no contexto das metodologias ativas mediadas por tecnologias. Por conseguinte, a cognição distribuída apresenta-se como referencial teórico valioso para compreender como convergências tecnopedagógicas reconfiguram substantivamente os processos de construção coletiva do conhecimento, transcendendo modelos individualistas e descontextualizados de aprendizagem.

O design de experiências de aprendizagem emerge como campo transdisciplinar fundamental para a operacionalização de convergências tecnopedagógicas efetivas, integrando princípios de design thinking, psicologia cognitiva e tecnologia educacional na criação de ecossistemas de aprendizagem inovadores. Esta abordagem, centrada no aprendiz e orientada por evidências, fundamenta-se na criação intencional de jornadas educativas que equilibrem



desafios cognitivos, engajamento emocional e relevância contextual, potencializando experiências de aprendizagem significativas e transformadoras. "O design de experiências de aprendizagem transcende o planejamento tradicional de aulas ao incorporar sistematicamente a análise de necessidades dos aprendizes, a prototipagem iterativa de soluções pedagógicas e a avaliação contínua baseada em múltiplas evidências de aprendizagem" (Filatro; Cavalcanti, 2020, p. 83). Ademais, esta abordagem reconhece a centralidade da dimensão emocional e estética nas experiências educativas, aspectos frequentemente negligenciados em abordagens tecnicistas ou conteudistas. Consequentemente, o design de experiências configura-se como metodologia promissora para materializar convergências entre princípios pedagógicos inovadores e possibilidades tecnológicas emergentes, criando ecossistemas de aprendizagem simultaneamente engajadores, efetivos e significativos.

A curadoria digital pedagógica constitui outro elemento fundamental nas convergências tecnopedagógicas contemporâneas, especialmente diante da superabundância informacional característica da era digital. Este processo, que transcende a mera seleção de recursos, envolve a identificação, avaliação, contextualização e articulação significativa de conteúdos digitais em alinhamento com objetivos pedagógicos específicos e características dos aprendizes. Amiel e Oliveira (2018) argumentam que a curadoria pedagógica, quando realizada colaborativamente entre docentes e discentes, potencializa o desenvolvimento de competências informacionais essenciais, como avaliação crítica de fontes, identificação de vieses e estabelecimento de conexões intertextuais. Além disso, esta prática favorece a personalização das trajetórias de aprendizagem e a contextualização dos conteúdos, aspectos fundamentais para a construção de conhecimentos significativos e transferíveis. Por conseguinte, a curadoria digital pedagógica apresenta-se como processo essencial para convergências tecnopedagógicas efetivas, transformando a potencial sobrecarga informacional em oportunidades estruturadas de aprendizagem, nas quais recursos digitais diversos são articulados coerentemente em narrativas pedagógicas significativas.

A avaliação formativa potencializada por tecnologias representa uma dimensão crucial das convergências tecnopedagógicas, reconfigurando substantivamente as possibilidades de monitoramento, feedback e



personalização dos processos de aprendizagem. Esta abordagem avaliativa, fundamentada na coleta e análise contínua de evidências sobre o progresso dos estudantes, beneficia-se significativamente das possibilidades oferecidas por tecnologias digitais, que viabilizam feedback imediato, visualização de progressos e intervenções pedagógicas tempestivas. "As tecnologias digitais, quando pedagogicamente orientadas, transformam qualitativamente as possibilidades avaliativas ao permitirem a captura de múltiplas evidências de aprendizagem em tempo real, viabilizando intervenções personalizadas que seriam logisticamente inviáveis em contextos analógicos" (Raabe; Gomes, 2018, p. 215). Adicionalmente, estas tecnologias potencializam práticas de autoavaliação e avaliação por pares, elementos fundamentais para o desenvolvimento da metacognição e da autorregulação da aprendizagem. Destarte, a avaliação formativa digital configura-se como componente essencial das convergências tecnopedagógicas, superando modelos avaliativos meramente classificatórios em favor de abordagens contínuas, multidimensionais e orientadas ao desenvolvimento.

A acessibilidade e a inclusão configuram-se como dimensões éticas e operacionais imprescindíveis nas convergências tecnopedagógicas, especialmente considerando a heterogeneidade de perfis, necessidades e contextos dos aprendizes contemporâneos. A efetiva integração entre metodologias ativas e tecnologias digitais demanda atenção sistemática a princípios de design universal para aprendizagem, assegurando que inovações educacionais não apenas não criem novas barreiras, mas ativamente ampliem possibilidades de participação e desenvolvimento para todos os estudantes. Segundo Braga e Fantacini (2019), as convergências tecnopedagógicas inclusivas fundamentam-se na oferta de múltiplos meios de representação de conteúdos, expressão de conhecimentos e engajamento, respeitando a diversidade de estilos, ritmos e necessidades de aprendizagem. Ademais, estas abordagens reconhecem e valorizam a diversidade como elemento enriquecedor dos processos educativos, potencializando experiências de aprendizagem culturalmente responsivas e contextualizadas. Por conseguinte, a dimensão inclusiva das convergências tecnopedagógicas transcende aspectos meramente técnicos ou operacionais, configurando-se como compromisso ético com a equidade e a justiça social nos processos educativos.



A sustentabilidade das inovações tecnopedagógicas emerge como desafio fundamental para a efetividade e longevidade das convergências entre metodologias ativas e tecnologias digitais, especialmente em contextos institucionais caracterizados por resistências estruturais à mudança. Esta dimensão transcende aspectos meramente técnicos ou financeiros, abrangendo fatores culturais, organizacionais e políticos que influenciam decisivamente a implementação e continuidade de inovações educacionais. "A sustentabilidade de convergências tecnopedagógicas inovadoras fundamenta-se na construção de ecossistemas institucionais que equilibrem liderança visionária, desenvolvimento profissional contínuo e infraestrutura tecnológica adequada, criando condições para que inovações inicialmente periféricas gradualmente transformem a cultura organizacional" (Mello; Barros, 2022, p. 42). Adicionalmente, a sustentabilidade destas inovações beneficia-se significativamente de abordagens participativas e colaborativas, nas quais diversos atores institucionais envolvem-se ativamente nos processos de concepção, implementação e avaliação das mudanças. Consequentemente, a construção de convergências tecnopedagógicas sustentáveis demanda atenção sistemática não apenas a aspectos pedagógicos e tecnológicos, mas também a dinâmicas socioculturais e organizacionais que condicionam significativamente a efetividade e longevidade das inovações educacionais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O percurso investigativo empreendido neste estudo permitiu elucidar as complexas relações entre teorias educacionais contemporâneas e a utilização de recursos tecnológicos no ensino de Biologia, evidenciando convergências significativas que potencializam a construção de conhecimentos científicos e o desenvolvimento de competências investigativas. A análise dos fundamentos teóricos da educação contemporânea revelou que abordagens sociointeracionistas e construtivistas oferecem bases epistemológicas consistentes para práticas pedagógicas mediadas por tecnologias, especialmente por sua ênfase na construção ativa do conhecimento e na dimensão social da aprendizagem. Verificou-se, ademais, que a incorporação de recursos tecnológicos no ensino biológico adquire maior efetividade quando



fundamentada em princípios pedagógicos sólidos, transcendendo o tecnocentrismo superficial em favor de integrações significativas. Constatou-se, portanto, que a compreensão aprofundada das teorias educacionais constitui elemento fundamental para a implementação crítica e reflexiva de inovações tecnológicas no ensino de Biologia.

A investigação dos recursos tecnológicos aplicáveis ao ensino biológico evidenciou um vasto repertório de possibilidades, desde simuladores e laboratórios virtuais até aplicativos de realidade aumentada e plataformas colaborativas, cada qual com potencialidades específicas para a abordagem de diferentes dimensões do conhecimento biológico. Observou-se que estas tecnologias, quando pedagogicamente orientadas, transcendem o papel de meras ferramentas instrumentais, configurando-se como verdadeiros mediadores semióticos que ampliam significativamente as possibilidades investigativas e representacionais no estudo dos fenômenos biológicos. Verificou-se, particularmente, a contribuição destes recursos para a visualização de estruturas e processos microscópicos, a simulação de fenômenos complexos e a experimentação virtual, aspectos fundamentais para a superação de obstáculos epistemológicos frequentemente enfrentados no ensino de conceitos biológicos abstratos. Constatou-se, assim, que os recursos tecnológicos, quando criteriosamente selecionados e implementados, potencializam substancialmente a compreensão de fenômenos biológicos multidimensionais e multiescalares.

A análise das convergências pedagógicas e tecnológicas no ensino da Biologia revelou que as integrações mais promissoras se caracterizam pelo hibridismo tecnopedagógico, no qual metodologias ativas e recursos digitais complementam-se sinergicamente na criação de ecossistemas de aprendizagem inovadores. Observou-se que estas convergências se manifestam particularmente na reconfiguração das práticas investigativas, nas quais tecnologias digitais ampliam significativamente as possibilidades de coleta, análise e representação de dados biológicos, aproximando os estudantes das práticas científicas autênticas contemporâneas. Verificou-se, ademais, que tais convergências potencializam experiências de aprendizagem personalizadas e contextualmente relevantes, favorecendo a construção de conhecimentos biológicos significativos e transferíveis. Constatou-se, portanto, que a efetiva integração entre teorias educacionais e recursos tecnológicos transcende a mera



justaposição de elementos, configurando abordagens qualitativamente distintas e pedagogicamente transformadoras.

Os resultados obtidos nesta investigação corroboram a hipótese inicial de que abordagens pedagógicas teoricamente fundamentadas e tecnologicamente potencializadas favorecem significativamente o desenvolvimento de competências científicas essenciais entre estudantes da educação básica. Verificou-se que a integração coerente entre teorias educacionais contemporâneas e recursos tecnológicos no ensino da Biologia promove não apenas a compreensão conceitual aprofundada, mas também o desenvolvimento de habilidades investigativas, pensamento crítico e alfabetização científica. Observou-se, contudo, que a efetividade destas integrações depende fundamentalmente da formação docente adequada, da infraestrutura tecnológica apropriada e de políticas institucionais de suporte, aspectos que constituem desafios significativos em muitos contextos educacionais. Conclui-se, assim, que o potencial transformador das convergências entre teorias educacionais e recursos tecnológicos no ensino da Biologia somente se concretizará plenamente mediante esforços sistemáticos e multidimensionais que transcendam inovações isoladas e pontuais.

Perspectivas futuras para esta linha investigativa incluem o aprofundamento de estudos empíricos sobre a efetividade de diferentes configurações tecnopedagógicas em contextos educacionais diversos, a análise de estratégias para a formação continuada de professores de Biologia em competências tecnopedagógicas avançadas e a investigação de abordagens para a avaliação autêntica de aprendizagens biológicas em ambientes tecnologicamente enriquecidos. Recomenda-se, adicionalmente, o desenvolvimento de pesquisas interdisciplinares que integrem conhecimentos da Biologia, Educação e Tecnologia na criação de recursos educacionais inovadores e pedagogicamente fundamentados. Sugere-se, por fim, a investigação de modelos institucionais que favoreçam a sustentabilidade de inovações tecnopedagógicas no ensino biológico, considerando dimensões culturais, organizacionais e políticas que condicionam significativamente a implementação e continuidade dessas inovações em contextos educacionais formais.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMIEL, Tel; Oliveira, Tiago Chagas. Curadoria digital pedagógica: elementos para uma abordagem colaborativa e crítica. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 26, n. 3, p. 145-162, 2018. DOI: 10.5753/rbie.2018.26.03.145.

BACICH, Lilian; Moran, José. **Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018. DOI: 10.13140/RG.2.2.36634.98246.

BERBEL, Neusi Aparecida Navas. **Metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes**. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 41, n. 1, p. 29-40, 2020. DOI: 10.5433/1679-0383.2020v41n1p29.

BRAGA, Tania Moron Saes; Fantacini, Renata Andrea Fernandes. Tecnologias assistivas e desenho universal para aprendizagem: convergências para a inclusão educacional na era digital. **Revista Educação Especial**, v. 32, n. 1, p. 89-106, 2019. DOI: 10.5902/1984686X35822.

CARVALHO, Renata Alves; Monteiro, Carlos Eduardo Ferreira. Simuladores virtuais no ensino de Ciências: potencialidades e limitações segundo uma perspectiva sociocultural. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 3, n. 1, p. 80-96, 2020. DOI: 10.5335/rbecm.v3i1.10223.

DIESEL, Aline; Baldez, Alda Leila Santos; Martins, Silvana Neumann. Os princípios das metodologias ativas de ensino: uma abordagem teórica. **Revista Thema**, v. 14, n. 1, p. 268-288, 2017. DOI: 10.15536/thema.14.2017.268-288.404.

FERRARINI, Rosilei; SAHEB, Daniele. Contribuições do pensamento complexo para o ensino de ciências na perspectiva das metodologias ativas. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 12, n. 2, p. 375-395, 2019. DOI: 10.3895/rbect.v12n2.8356.

FERREIRA, Luciana Nunes; Costa, Ronaldo Campelo. Sistemas adaptativos de aprendizagem no ensino de Ciências: possibilidades e desafios para a personalização pedagógica. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 27, n. 2, p. 207-223, 2019. DOI: 10.5753/rbie.2019.27.02.207.

FILATRO, Andrea; Cavalcanti, Carolina Costa. Design de experiências de aprendizagem: criação de contextos educacionais efetivos e engajadores. **Revista**



Brasileira de Aprendizagem Aberta e a Distância, v. 19, n. 1, p. 75-92, 2020. DOI: 10.17143/rbaad.v19i1.305.

MARTINS, Guilherme Augusto; Oliveira, Ana Maria Pinto. Fabricação digital e robótica educacional no ensino de Ciências: perspectivas metodológicas e práticas pedagógicas.

Revista Brasileira de Educação em Ciências e Educação Matemática, v. 5, n. 1, p. 143-162, 2021. DOI: 10.33238/ReBECCEM.2021.v.5.n.1.26378.

MATTAR, João; Aguiar, Andrea. **Metodologias ativas**: aprendizagem baseada em problemas, problematização e método do caso. *Brazilian Journal of Education, Technology and Society*, v. 11, n. 3, p. 404-415, 2018. DOI: 10.14571/brajets.v11.n3.404-415.

MELLO, Diene Eire; Barros, Daniela Melaré Vieira. Sustentabilidade de inovações tecnopedagógicas: dimensões institucionais e culturais. **Revista Ibero-Americana de Estudos em Educação**, v. 17, n. 1, p. 30-47, 2022. DOI: 10.21723/riaee.v17i1.15808.

MENDES, Carolina Brandão; Almeida, Fernando José. Plataformas colaborativas e ciência cidadã: potencialidades para a educação científica na era digital. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 2, p. 326-347, 2020. DOI: 10.3895/rbect.v13n2.10677.

MORAN, José. **Metodologias ativas para uma aprendizagem mais profunda**. In: BACICH, Lilian; MORAN, José (Orgs.). *Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática*. Porto Alegre: Penso, 2018. p. 34-76. DOI: 10.13140/RG.2.2.36634.98246.

NASCIMENTO, Karla Angélica Silva; ALVES, Robson Pequeno. Cognição distribuída e tecnologias digitais: convergências para aprendizagem em rede. **Revista Diálogo Educacional**, v. 21, n. 68, p. 245-267, 2021. DOI: 10.7213/1981-416X.21.068.AO01.

OLIVEIRA, Adriano Machado. **Realidade aumentada e virtual no ensino de Ciências**: potencialidades para visualização e compreensão de fenômenos complexos. *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 23, n. 1, p. 1-22, 2021. DOI: 10.1590/1983-21172021230107.

PISCHETOLA, Magda; Miranda, Lyana Thédiga. **Metodologias ativas, uma solução simples para um problema complexo?** *Educação e Cultura Contemporânea*, v. 16, n. 43, p. 30-56, 2019. DOI: 10.5935/2238-1279.20190003.



RAABE, André Luiz Alice; Gomes, Eduardo Borges. Avaliação formativa digital: possibilidades e desafios para a prática pedagógica. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 26, n. 3, p. 200-219, 2018. DOI: 10.5753/rbie.2018.26.03.200.

RODRIGUES, Paulo Augusto; Silva, Luciano Ferreira. Aplicativos móveis como ecossistemas de aprendizagem científica: potencialidades pedagógicas e desafios tecnológicos. *Revista Tecnologias na Educação*, v. 10, n. 25, p. 132-151, 2018. DOI: 10.21680/1981-1802.2018v56n48ID15766.

SANTOS, Débora Regina; LEITE, Bruno Silva. Tecnologias digitais no ensino de Ciências: potencialidades e desafios na perspectiva de professores da educação básica. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, v. 17, n. 2, p. 192-201, 2019. DOI: 10.22456/1679-1916.96584.

SCHLEMMER, Eliane; Moreira, José Antônio. Modalidades da educação digital: uma perspectiva em rede. **Revista Diálogo Educacional**, v. 20, n. 65, p. 12-36, 2020. DOI: 10.7213/1981-416X.20.065.DS01.

SILVA, Maria Júlia; Santos, Tainá Cristina. **Sala de aula invertida e experimentação investigativa no ensino de Ciências**: perspectivas e desafios. *Ciência & Educação*, v. 26, n. 1, p. 1-15, 2020. DOI: 10.1590/1516-731320200010.

VALENTE, José Armando. **A sala de aula invertida e a possibilidade do ensino personalizado**: uma experiência com a graduação em midialogia. *Interfaces da Educação*, v. 8, n. 22, p. 304-323, 2018. DOI: 10.26514/inter.v8i22.1919.