

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO DE E-BOOK INTERATIVO

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE DEVELOPMENT OF AN INTERACTIVE E-BOOK

INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN EL DISEÑO Y DESARROLLO DE UN E-BOOK INTERACTIVO

Leonilda Alves Ribeiro¹
Daise Lago Pereira Souto²

RESUMO: Este artigo tem como objetivo compreender as possibilidades e limitações de um e-book interativo, desenvolvido com inteligência artificial, para o ensino da cadeia alimentar na área de ciências e promoção da aprendizagem de estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental da Escola Estadual Professor João Batista em Tangará da Serra-MT. Os dados correspondem a um recorte de uma pesquisa de mestrado que se fundamenta nos princípios da Teoria da Atividade e dos Seres-Humanos-Com-Mídias, articulando ensino de ciências e Inteligência Artificial em práticas pedagógicas investigativas e colaborativas. Trata-se de uma investigação qualitativa, desenvolvida com base na pesquisa participante e no experimento de ensino. A produção de dados incluiu notas de campo, grupos focais e registros em áudio e vídeo, analisados à luz dos Miniciclones de Transformações Expansivas. Os resultados, compreendidos a partir dessa lente analítica, demonstraram que a proposta pedagógica estruturada com o e-book interativo desenvolvido com IA promoveu deslocamentos conceituais progressivos, ampliou a autonomia discursiva das estudantes e contribuiu para a reorganização coletiva do objeto de conhecimento no sistema de atividade constituído por estudantes, IA e professora. Ademais, fortaleceu práticas investigativas, colaborativas e reflexivas, ampliando o letramento científico e as possibilidades pedagógicas no ensino de Ciências.

Palavras-chave: Inteligência Artificial. E-book Interativo. Ensino de Ciências. Aprendizagem. Teoria da Atividade.

¹ Mestra em Ensino de Ciências e Matemática; professora da Educação Básica. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT / Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso – SEDUC-MT.

² Pós-doutora em Educação; professora e orientadora da pesquisa. Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT.

ABSTRACT: This article aims to examine the possibilities and limitations of an interactive e-book, developed with artificial intelligence, for teaching food chains in Science and for promoting the learning of 5th-grade students at Professor João Batista State School in Tangará da Serra, Mato Grosso, Brazil. The data analyzed derive from a segment of a master's study grounded in the Humans-With-Media system. This qualitative investigation was conducted through participant research and a teaching experiment. Data production included field notes, focus groups, and audio and video recordings, which were analyzed through the lens of Expansive Transformation Minicycles. The findings, interpreted from this analytical perspective, showed that the pedagogical proposal structured around the AI-developed interactive e-book fostered progressive conceptual shifts, expanded the students' discursive autonomy, and contributed to the collective reorganization of the object of knowledge within the activity system constituted by students, AI, and teacher. In addition, it strengthened investigative, collaborative, and reflective practices, broadening scientific literacy and pedagogical possibilities in Science teaching.

Keywords: Artificial Intelligence. Interactive E-book. Science Teaching. Learning, Activity Theory.

RESUMEN: Este artículo tiene como objetivo comprender las posibilidades y limitaciones de un e-book interactivo, desarrollado con inteligencia artificial, para la enseñanza de la cadena alimentaria en el área de Ciencias y para la promoción del aprendizaje de estudiantes de 5.º año de la Educación Primaria de la Escuela Estadual Profesor João Batista, en Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. Los datos analizados corresponden a un recorte de una investigación de maestría fundamentada en el sistema Seres-Humanos-Con-Medios. Se trata de una investigación cualitativa, desarrollada a partir de la investigación participante y del experimento de enseñanza. La producción de datos incluyó notas de campo, grupos focales y registros de audio y video, analizados a la luz de los Miniciclones de Transformaciones Expansivas. Los resultados, comprendidos desde esta lente analítica, mostraron que la propuesta pedagógica estructurada a partir del e-book interactivo desarrollado con IA promovió desplazamientos conceptuales progresivos, amplió la autonomía discursiva de las estudiantes y contribuyó a la reorganización colectiva del objeto de conocimiento en el sistema de actividad constituido por estudiantes, IA y docente. Además, fortaleció prácticas investigativas, colaborativas y reflexivas, ampliando la alfabetización científica y las posibilidades pedagógicas en la enseñanza de las Ciencias.

Palabras clave: Inteligencia Artificial. E-book Interactivo. Enseñanza de las Ciencias. Aprendizaje. Teoría de la Actividad.

I INTRODUÇÃO

A Inteligência Artificial tem se consolidado como uma das forças transformadoras da sociedade contemporânea. Desde os estudos precursores de Zeng (2013), que a caracterizava como um dos pilares estruturantes da modernidade, sua presença se expandiu de forma acelerada e multidimensional. Tavares, Meira e Amaral (2020) documentam essa expansão ao destacar sua inserção abrangente em diferentes setores da vida social, impactando as formas de organização do trabalho, da comunicação, da produção científica e das relações humanas.

Nesse movimento de consolidação global, o campo educacional emerge como um dos espaços de maior força transformadora. A escola, historicamente tensionada entre tradição e inovação, passa a ser interpelada por tecnologias que não apenas otimizam processos, mas reconfiguram as próprias condições de produção e circulação do conhecimento. Tal reconfiguração impõe novos desafios às instituições de ensino, aos docentes e às políticas públicas, exigindo respostas que transcendam a simples incorporação de tecnologias digitais e que alcancem uma compreensão mais ampla sobre o papel da tecnologia na formação humana.

Diante dessa urgência, organismos internacionais passam a intervir de forma sistemática e propositiva. Reconhecendo tanto possibilidades quanto os riscos dessa transformação, a UNESCO publicou a Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial (2021) e o Guia para a IA Generativa na Educação e na Pesquisa (2023), documentos que estabelecem marcos éticos e orientações pedagógicas para a integração responsável da IA. Tais publicações sinalizam a urgência de políticas educacionais que articulem inclusão, equidade e agência humana como condições inegociáveis para uma educação verdadeiramente emancipadora.

Nesse horizonte, a emergência da Inteligência Artificial Generativa aprofunda esse imperativo ao sinalizar novas possibilidades de interação e personalização de conteúdos. Contudo, apesar do crescimento das pesquisas na área, a integração da IA ao ensino de Ciências da Natureza, especialmente nos anos iniciais do Ensino Fundamental, permanece pouco explorada na literatura brasileira (Durso; Arruda, 2022; Freitas et al., 2023).

Esse cenário torna-se ainda mais evidente quando se observa que muitas escolas permanecem ancoradas em práticas tradicionais, em contraste com a necessidade de preparar os estudantes para um contexto cada vez mais digital e inovador (Borba; Souto; Canedo Junior, 2022). Como observa Pacheco (2016), é incoerente manter estudantes do século XXI sob modelos

pedagógicos vinculados a paradigmas da Revolução Industrial, o que mostra a necessidade premente de rever práticas ainda rígidas e descontextualizadas.

No ensino de Ciências, esses desafios se intensificam. Apesar das orientações curriculares e dos dispositivos tecnológicos disponíveis, a aprendizagem de conteúdos científicos, como os relacionados à cadeia alimentar, ainda enfrenta barreiras conceituais importantes, particularmente no que se refere à compreensão das interações alimentares entre os seres vivos conteúdo reconhecidamente complexo e estruturante para a formação científica nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Sua relevância curricular e formativa na Educação Básica é respaldada pela Base Nacional Comum Curricular, que orienta o ensino de Ciências para a promoção de curiosidade, questionamento e investigação desde os primeiros anos escolares (Brasil, 2017). Entre os conteúdos estruturantes desse componente, a cadeia alimentar assume papel central, pois envolve fluxos de energia, níveis tróficos, interdependência entre organismos e equilíbrio ecológico dimensões que exigem intervenções pedagógicas intencionais e adequadas ao nível cognitivo dos estudantes.

Essa discussão torna-se ainda mais necessária quando se considera que a infância contemporânea está imersa na cultura digital e que crianças e adolescentes interagem cotidianamente com mídias e linguagens tecnológicas, o que demanda práticas pedagógicas mais conectadas a essa realidade (Fantin, 2016).

Com base nesse entendimento, investigar as possibilidades educativas da IA para a aprendizagem da cadeia alimentar nos anos iniciais do Ensino Fundamental mostra-se pertinente tanto por sua relevância curricular quanto por seu potencial de qualificar o ensino de conceitos científicos essenciais. Desse modo, a presente pesquisa articula um tema curricular fundamental, um desafio pedagógico concreto e uma tecnologia em expansão.

Ancorado nesse pressuposto, o estudo articula a Teoria da Atividade e o Sistema Seres-Humanos-Com-Mídias (S-H-C-M) como referencial teórico-metodológico, assumindo as tecnologias digitais, em especial a IA como elementos constitutivos dos processos de aprendizagem (ENGESTRÖM, 1987; BORBA; VILLARREAL, 2005; SOUTO, 2013; BORBA; SOUTO; CUNHA; DOMINGUES, 2023). PARA concretizar essa discussão no espaço escolar, a pesquisa tem como elemento central esse livro digital desenvolvido com Inteligência Artificial, concebido com diferentes tecnologias digitais. Ao mobilizar links, plataformas e

mídias baseadas em IA, o e-book interativo busca criar condições para que estudantes interajam com conteúdos, problematizem ideias, testem hipóteses e reformulem conceitos científicos.

Depreende-se, assim que o estudo objetiva compreender as possibilidades e limitações de um e-book interativo, desenvolvido com Inteligência Artificial, para o ensino da cadeia alimentar e a promoção da aprendizagem de estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental da Escola Estadual Professor João Batista, em Tangará da Serra-MT. Nessa direção, orienta-se pela seguinte questão investigativa: como a integração desse e-book pode influenciar a aprendizagem do conteúdo da cadeia alimentar dos estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental da Escola Estadual Professor João Batista, localizada em Tangará da Serra-MT?

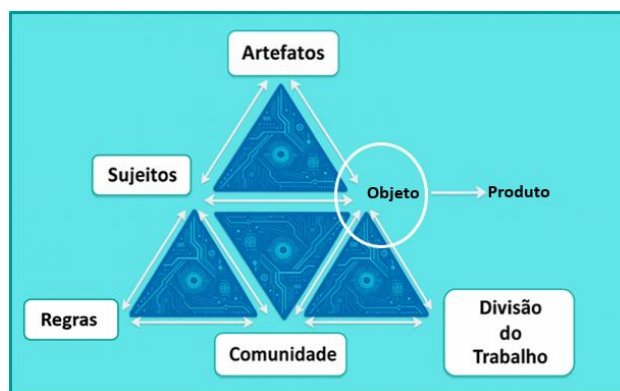
2 URDIDURA TEÓRICA: VIDA, SABER E TECNOLOGIA NA ANÁLISE DA APRENDIZAGEM

A presente urdidura teórica compreende a aprendizagem como processo coletivo, histórico e tecnologicamente conectado, articulando a Teoria da Atividade, o construto Seres-Humanos-Com-Mídias e os Miniciclones de Transformações Expansivas como lente analítica proposta por Souto (2013).

Parte-se da concepção de que, em sua dimensão expansiva, aprender pode transformar o próprio sistema de atividade, no qual sujeitos, artefatos e práticas se entrelaçam (Engeström,1987). Assim, explicita-se a integração entre vida, saber e tecnologia, deslocando o foco do indivíduo isolado para o coletivo pensante. Desse modo, oferece-se uma base conceitual para analisar processos educativos integrados por mídias digitais, aqui, de modo particular, pela Inteligência Artificial.

Nessa propositura, a Teoria da Atividade, conforme sistematizada por Engeström (1987), sustenta essa mudança de foco ao definir a atividade como unidade de análise orientada por um objeto que mobiliza sujeitos, instrumentos, regras, comunidade e divisão do trabalho. O modelo triangular expandido mostra que toda ação humana é mediada por artefatos materiais e simbólicos e atravessada por normas e responsabilidades socialmente distribuídas, conforme ilustração apresentada na Figura 1.

Figura 1 – Estrutura de um sistema de atividade



Fonte: Adaptado de Anschau, com base em Engeström (1987).

Conforme sintetiza a figura 1, a aprendizagem é concebida como reconfiguração do sistema de atividade, e não como simples internalização de informações. Nesse modelo, Engeström (1987) enfatiza o papel das contradições internas como forças motrizes do desenvolvimento, a partir das quais introduz a noção de transformação expansiva, segundo a qual instabilidades e impasses desencadeiam deslocamentos conceituais e novas formas de atuação coletiva. A partir dessa perspectiva, tornam-se centrais a interdependência entre os elementos do sistema, a historicidade das práticas e a presença de múltiplas vozes na elaboração do conhecimento.

6

Em continuidade, Engeström (2001), destaca que indivíduos e sociedade se articulam a partir de interações culturais, superando dicotomias entre sujeito e contexto e situando a aprendizagem em um plano relacional e processual. Nesse quadro teórico, as contradições deixam de ser compreendidas como falhas e passam a ser interpretadas como motores de reorganização.

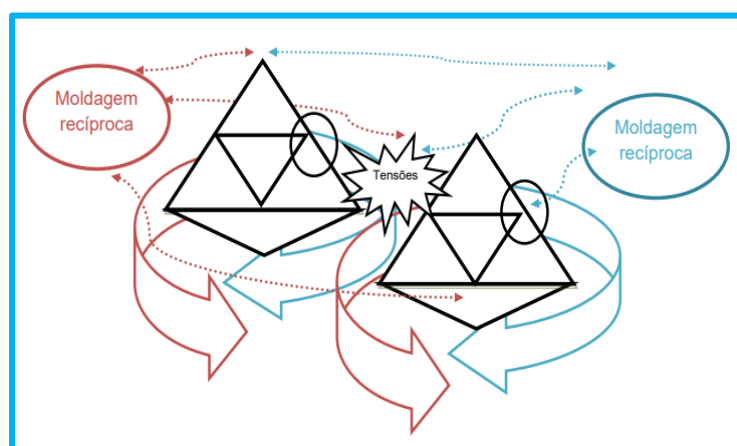
É precisamente nessa compreensão de que o conhecimento emerge de sistemas coletivos constituídos por artefatos que o construto Seres-Humanos-Com-Mídias (S-H-C-M) se inscreve, ao propor que pensar, investigar e aprender ocorrem com as mídias, e não apenas por meio delas, reposicionando as tecnologias de meros suportes para agentes constitutivos do pensamento e da ação investigativa (Borba; Villarreal, 2005).

Nessa direção, Tikhomirov (1981) já indicava que a interação humano-computador reorganiza a estrutura do pensamento, deslocando a discussão da mera reorganização cognitiva para uma compreensão ampliada da inteligência.

A delimitação do objeto em sistemas S-H-C-M exige, segundo Souto (2013, p. 239), a consideração de dois momentos analíticos complementares: o primeiro refere-se à intencionalidade, ou seja, ao que se almeja investigar; o segundo refere-se à efetividade, isto é, ao que de fato emerge no curso da atividade. Essa distinção permite observar como sujeitos se mobilizam frente a impasses, ativando estratégias que redirecionam a ação e configuram novos sentidos ao objeto, constituindo indicadores analíticos da interação humanos-com-mídias.

Para captar essas dinâmicas em sua dimensão microprocessual, Souto (2013) propõe os Miniciclones de Transformações Expansivas como instrumento teórico-analítico inspirado em Engeström (1987). A metáfora do ciclone é mobilizada para capturar a complexidade desses processos: longe de representar apenas ruptura, o MTE simboliza a desconstrução como parte essencial do movimento construtivo, pois é justamente a partir das instabilidades intelectuais que novas formas de conhecimento emergem. Seus movimentos rotacionais e translacionais, imprevisíveis e não lineares, refletem a intensidade das transformações conceituais que neles se constituem. Essa concepção está representada na Figura 2.

Figura 2 – Ilustração de um Miniciclo(ne) de Transformações Expansivas (MTE)



Fonte: Souto (2013, p. 224).

As mídias, conforme exposto na Figura 2 acima, desempenham múltiplos papéis no sistema de atividade, atuando como elementos que influenciam os movimentos do MTE de Souto (2013). Esses papéis podem provocar distanciamentos ou convergências em relação ao CAE de Engeström (2001).

Segundo Souto, o miniciclo(ne) é caracterizado por dúvidas e questionamentos oriundos das tensões advindas da introdução de novas mídias, que desestabilizam padrões estabelecidos de produção de conhecimento. As mídias atuam como protagonistas ao reorganizar o pensamento pela experimentação e análise de conjecturas, promovendo um movimento colaborativo para a reorganização dos conceitos.

Os MTE oferecem, assim, um instrumento teórico-analítico para compreender como as interações em coletivos humanos-com-mídias produzem transformações conceituais. Ao identificar esses movimentos, torna-se possível analisar a aprendizagem como processo dinâmico, emergente e colaborativo, no qual sujeitos e mídias atuam conjuntamente na elaboração do conhecimento.

Na tessitura desses três construtos reside o sistema analítico desta investigação: a Teoria da Atividade fornece o modelo no qual a aprendizagem ocorre; o construto Seres-Humanos-Com-Mídias situa as mídias como elementos constitutivos do pensamento; e os Miniciclones de Transformações Expansivas capturam os movimentos microprocessuais de tensão, reorganização e expansão conceitual que emergem dessas interações, orientando tanto as escolhas metodológicas quanto os critérios analíticos detalhados na seção seguinte.

3 A TRAMA DAS INTERFACES: CAMINHOS METODOLÓGICOS

A pesquisa adotou abordagem qualitativa, conforme Bogdan e Biklen (1994), e foi desenvolvida na Escola Estadual Professor João Batista, localizada em Tangará da Serra, Mato Grosso, com estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental. A seleção das alunas partiu da dupla 'IAzinhas na Teia' e identificadas neste estudo como IA₁ e IA₂, ocorreu de forma intencional, considerando-se como critérios a alfabetização, o interesse pelas tecnologias digitais e a capacidade de expressão oral e escrita, por se tratarem de aspectos relevantes para a interação com o e-book interativo e para a produção dos dados da investigação.

A produção de dados, realizada em doze encontros organizados com a integração do livro digital, constituiu um corpus empírico amplo. Diante da extensão desse material, a análise foi delimitada ao percurso de duas estudantes. Esse recorte permitiu avaliar, com maior consistência analítica, os movimentos de elaboração conceitual nas interações com a IA e nas atividades práticas, com base em diferentes fontes de dados (Souto, 2013).

Nesse percurso, na etapa inicial foram aplicadas oito questões sobre cadeia alimentar e interações ecológicas para identificar os conhecimentos prévios de IA₁ e IA₂. Os resultados mostraram compreensão inicial limitada, com apenas uma resposta próxima do conceito esperado.

Diante desse diagnóstico, foi desenvolvido o seguinte produto educacional: o e-book interativo 'Energia em ação: cadeia alimentar com IA', elaborado no Canva e enriquecido com hiperlinks para plataformas gratuitas baseadas em Inteligência Artificial, entre as quais a plataforma Character.ai, que hospedou a IA Flora, personagem interativa criada especificamente para dialogar com as estudantes a partir dos conteúdos científicos.

Estruturado em seis unidades temáticas, o material integra textos, imagens, áudios e vídeos (Müller, 2015), sendo cada unidade planejada para articular teoria e prática no processo de aprendizagem. Para os fins desta investigação, destaca-se a segunda unidade, a qual intitula-se “Sustentabilidade dos seres vivos nos ecossistemas”, nesta proposta enfatiza os fluxos de energia e a interdependência entre os seres vivos nos ecossistemas, com o objetivo de ampliar essa compreensão sobre o equilíbrio ecológico e a sustentabilidade da vida.

A proposta, elaborada pela pesquisadora e aplicada no primeiro semestre de 2025, teve como foco a exploração do conceito de cadeia alimentar no componente de Ciências da Natureza. A partir dos instrumentos apresentados, cuja análise foi orientada pelos Miniciclones de Transformações Expansivas (Souto, 2013).

No que se refere aos procedimentos éticos, a pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado de Mato Grosso, sob o parecer nº 83474024.3.0000.5166, seguindo rigorosamente os protocolos e diretrizes estabelecidos. Para garantir a confidencialidade, as estudantes foram identificadas como integrantes do grupo “IAzinhas na Teia”, sendo nomeadas, neste estudo, como IA₁ e IA₂.

A análise dos dados foi orientada pelos Miniciclones de Transformações Expansivas (Souto, 2013; Borba, 2016). Neste percurso, o estudo incorporou o experimento de ensino como abordagem investigativa que articulou episódios didáticos e intervenção da pesquisadora, com intenção de incentivar o engajamento das participantes durante a investigação (Creswell, 2012; Flick, 2009).

Ao longo das sessões, as participantes trabalharam em duplas, realizando as atividades sobre cadeia alimentar com orientação da pesquisadora, com acesso à plataforma Plurall, na qual interagiram com o e-book e desenvolveram propostas pedagógicas planejadas. Ao final dos encontros, aplicou-se grupo focal em formato de roda de conversa (Aschidamini; Saupe, 2004).

4 ENTRE MINICLONES E TRANSFORMAÇÕES: A IA COMO COAUTORA DA APRENDIZAGEM EXPANSIVA

Esta seção analisa os dados produzidos na unidade 2 do e-book interativo, mediante interações entre estudantes, IA Flora e pesquisadora, com base nos registros das atividades desenvolvidas ao longo da investigação. O foco recai sobre as produções da dupla IA₁ e IA₂, a fim de compreender os movimentos de transformações observados no contexto das interações entre estudantes, mídias digitais e sistemas de inteligência artificial.

Para tanto, os dados analisados incluem produções multimodais elaboradas pelas estudantes, trechos de suas falas transcritas conforme enunciadas, bem como registros das interações realizadas com a IA. Esses materiais constituem o corpus investigativo que possibilita observar indícios de reorganização conceitual e desenvolvimento do pensamento científico ao longo das atividades propostas.

Nesse enquadramento teórico, segundo Souto, (2013) os processos de aprendizagem são compreendidos como movimentos dinâmicos que envolvem tensão, reorganização e expansão do conhecimento, ocorrendo no interior de um sistema de atividade (Engeström, 1987), não como acumulação de informações, mas como transformação progressiva do modo de pensar e interpretar os fenômenos. A análise foi, portanto, estruturada a partir dos movimentos de elaboração conceitual observados ao longo das atividades, indicado nas interações entre estudantes, tecnologias digitais e inteligências artificiais que contribuíram para a produção de deslocamentos epistêmicos.

Para sistematizar esse recorte analítico, os movimentos observados ao longo das atividades foram organizados a partir de uma releitura interpretativa dos MTE propostos por Souto (2013), adaptada ao contexto desta investigação, conforme sintetizado no Quadro I.

Quadro 1 – Síntese dos Miniciclones de Transformações Expansivas

Movimento(s)	Registro(s)	Indicadore(s) do(s) Processo(s)
Desencadeador	Perguntas iniciais; expressões de dúvida/estranhamento; tensões cognitivas; conflito entre ideias prévias e novas informações; busca por atribuir sentido e iniciar explicações sobre o fenômeno ou situação investigada.	Emergência de contradições/tensões epistêmicas, provocando ruptura com concepções iniciais e mobilização inicial de conhecimentos prévios para compreender o problema.
Reorganização Conceitual	Reformulações de explicações; comparação entre hipóteses; mudança de argumentos; seleção/ajuste de critérios; reorganização de termos e relações; marcas afetivas/estéticas na produção de sentido.	Reestruturação de sentidos e critérios de explicação, demonstrando a transição de concepções espontâneas para científicas, com estabilização do entendimento, em que elementos expressivos (emoção/estética) contribuem para a compreensão.
Experimentação	Testes de hipóteses; manipulação/controle de variáveis; observação sistemática; tentativa–erro; avaliação das explicações com base nos resultados obtidos.	Engajamento investigativo; articulação entre teoria e prática; ajuste e reformulação de hipóteses com base nos resultados.
Expansão	Produção de registros multimodais (texto e imagem), articulando informações de diferentes fontes e mídias, e compartilhamento das produções em novos formatos e contextos.	Ampliação do campo conceitual e elaboração de pensamento sistêmico; avanço para explicações mais complexas; externalização e circulação do conhecimento em novos contextos.
Apropriação	Uso autônomo dos conceitos; explicações próprias; aplicação em novas situações; argumentação com maior consistência; produção autoral que expressa domínio conceitual; compartilhamento do conhecimento com autonomia.	Internalização dos conceitos e consolidação da aprendizagem, demonstrada pela autonomia cognitiva, pela autoria digital e pelo compartilhamento do conhecimento com domínio conceitual.

Fonte: Elaboração própria (2025).

Do ponto de vista teórico, o Quadro 1 aponta que a aprendizagem não ocorre de forma linear, mas por um percurso marcado por desencadeamento, reorganização conceitual, experimentação, expansão e apropriação. Considerados em sua totalidade, esses movimentos apontam que a elaboração conceitual pode se constituir a partir de reelaborações sucessivas e interdependentes, distanciando-se da lógica cumulativa de aquisição de informações.

Entre esses movimentos, destacam-se a reorganização conceitual e a apropriação. A primeira explicita o momento em que as estudantes revisitam e reformulam suas ideias, articulando hipóteses, experiências e novas explicações; a segunda explicita a incorporação mais autônoma dos conceitos elaborados. À luz de Souto (2013), tais movimentos permitem compreender a aprendizagem como processo dinâmico de transformação, no qual novos sentidos passam a orientar outras formas de interpretar o objeto de conhecimento.

Dado que o presente artigo constitui um recorte da pesquisa de mestrado mais ampla, na qual foram identificados onze miniciclones, a análise aqui desenvolvida focaliza dois núcleos considerados centrais pela densidade das interações e pela riqueza dos movimentos de elaboração conceitual que concentram: o miniciclone 'Terrário Interativo' e o miniciclone 'Expressões Multimodais'. Ambos se mostram particularmente relevantes por concentrarem interações densas entre estudantes, IA Flora e pesquisadora, configurando movimentos

expressivos de elaboração conceitual que serão detalhados a seguir, conforme sintetizado no Quadro 2.

Quadro 2 – Miniciclone “Terrário Interativo”

Movimento(s)	Registro(s)	Indicadore(s) do(s) Processo(s)
Desencadeador	IAzinhas: -“Quais são os passos para fazer um terrário?”	O questionamento inicial mobiliza curiosidade e desejo de compreender o funcionamento do terrário. A IA Flora orienta contextualizando os papéis dos elementos naturais e inaugurando o movimento investigativo.
Reorganização Conceitual	IAzinhas: -“Posso fazer um rio no terrário?”	A dúvida expressa imaginação e reflexão. O diálogo com a IA promove revisão de ideias e reorganização cognitiva, articulando emoção e explicação científica sobre o equilíbrio ecológico.
Experimentação	IAzinhas: “Como as plantas fazem a fotossíntese dentro do terrário?”	A estudante formula hipótese e busca validação conceitual. O diálogo com a IA amplia a compreensão da fotossíntese em ambiente fechado, evidenciando atitude investigativa e raciocínio científico em desenvolvimento.
Expansão	IAzinhas: “E se não tivesse as plantas na cadeia alimentar?”	As estudantes generalizam o conceito, conectando o terrário aos ciclos naturais e a resposta da IA destaca a interdependência entre os seres vivos e estimula o pensamento sistêmico sobre equilíbrio ambiental.
Apropriação	IAzinhas: -“Ah, eu lembro! A Flora falou que elas precisam da luz do sol para as plantas poderem fazer o seu alimento.” Pesquisadora: - Isso. Através de que processo? IAzinhas: -“Da fotossíntese.”	As falas apresentam indícios de apropriação conceitual e uso autônomo da terminologia científica. O enunciado demonstra um amadurecimento conceitual em construção, orientado pelo diálogo com a IA.

Fonte: Elaboração própria (2025).

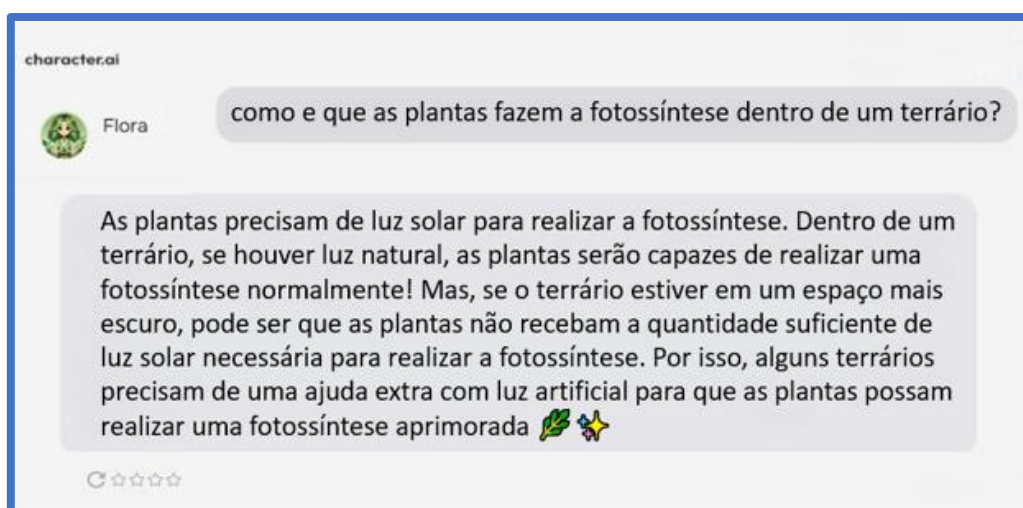
A partir do Quadro 2, observa-se que o processo investigativo se inicia com um evento desencadeador. Tal evento inaugura a mobilização cognitiva e afetiva das IAzinhas diante de um objeto de conhecimento ainda não sistematizado. A pergunta inicial “*Quais são os passos para fazer um terrário?*” marca o acionamento da curiosidade epistêmica e o desejo de compreender o funcionamento do terrário. Nesse movimento, a IA Flora atua contextualizando os elementos naturais e orientando o olhar das IAzinhas para as relações ecológicas subjacentes ao objeto, inaugurando o movimento investigativo.

Avançando na análise, a reorganização conceitual se instala quando as IAzinhas transcendem a curiosidade exploratória, formulando questionamentos que indicam uma reconfiguração interna de suas estruturas cognitivas. A pergunta “*Posso fazer um rio no terrário?*” expressa imaginação e reflexão, promovendo uma revisão de ideias e reorganização cognitiva, na qual emoção e raciocínio científico confluem para a elaboração de hipóteses sobre o equilíbrio ecológico, configurando uma transformação qualitativa no modo de compreender o objeto investigado.

Com o avanço do movimento, o questionamento "*Como as plantas fazem a fotossíntese dentro do terrário?*" inaugura um novo nível de compreensão, deslocando a atenção das IAzinhas da montagem do experimento para os processos vitais no interior do microecossistema. Nesse estágio, as IAzinhas formulam hipóteses e buscam validação conceitual, ampliando a compreensão da fotossíntese em ambiente fechado e revelando atitude investigativa e raciocínio científico em desenvolvimento.

Desse modo, o terrário deixa de ser percebido apenas em sua dimensão prática e passa a ser compreendido como espaço de observação e análise de processos ecológicos. A partir dessa compreensão, a interação com a IA Flora amplia a problematização ao favorecer a formulação de questões sobre os mecanismos que possibilitam a manutenção da vida no microecossistema, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3 – Questionamento sobre a fotossíntese no terrário durante a interação com a IA Flora



Fonte: Captura de tela da plataforma Character.ai (2025).

Conforme ilustrado na Figura 4, esse movimento pode ser compreendido à luz de Souto (2013), ao defender que o raciocínio de quem interage com determinada mídia se reorganiza a partir dos retornos por ela produzidos. Nessa perspectiva, a interação com a IA Flora não se limita ao fornecimento de respostas, mas atua de forma qualitativa no processo de elaboração conceitual, contribuindo com a reformulação das ideias iniciais das estudantes. Assim, os feedbacks produzidos pela mídia contribuem para que a compreensão sobre o terrário seja

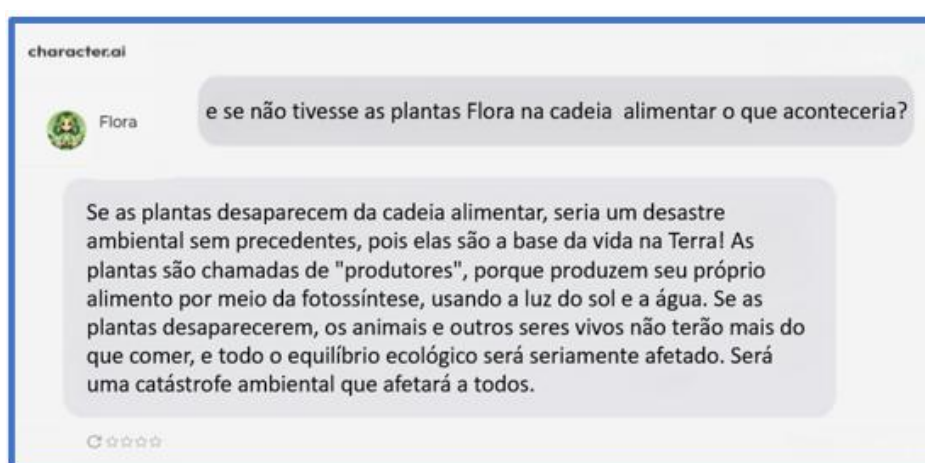
progressivamente ampliada, articulando experimentação, reflexão e produção de conhecimento científico.

Esse episódio, que marca o movimento de experimentação, adquire maior consistência analítica quando contrastado com a avaliação inicial, na qual as estudantes demonstraram dificuldade para nomear conceitos centrais da cadeia alimentar. Nesse contexto, os diálogos com a IA e a experiência concreta de montagem do terrário demonstram a emergência de formulações ausentes no início do processo. Assim, o avanço conceitual não é tomado de forma abstrata, mas sustentado pelo contraste entre um repertório inicialmente pouco elaborado e a posterior mobilização de explicações científicas sobre a fotossíntese e a manutenção do microecossistema.

Como visto, esse evento aproxima-se do ensino de Ciências por investigação, na medida em que as estudantes deixam de apenas executar a atividade e passam a elaborar explicações sobre os fenômenos observados, em consonância com a alfabetização científica discutida por Sasseron e Carvalho (2008).

À medida que as discussões se ampliam, as estudantes dirigem à IA Flora o questionamento sobre o que ocorreria caso as plantas deixassem de existir na cadeia alimentar. Essa indagação amplia o alcance da análise, ao projetar a reflexão para as relações de interdependência entre os seres vivos e para o papel das plantas na manutenção do equilíbrio ecológico, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4 – Interação das estudantes com a IA Flora sobre a ausência das plantas na cadeia alimentar



Fonte: Captura de tela da plataforma Character.ai (2025).

Em seguida, configura-se um movimento de expansão, pois a resposta da IA Flora, ao indicar que a ausência das plantas resultaria em colapso ambiental, ofereceu subsídios para que as estudantes ultrapassassem a dimensão prática da montagem e passassem a relacionar o terrário à lógica da dependência entre os seres vivos nos ecossistemas, conectando o experimento a processos ecológicos mais amplos, como fotossíntese, cadeias alimentares e equilíbrio ecológico em escala global.

Esse movimento não se esgota na interação com a IA Flora; ao contrário, projeta-se no diálogo com a pesquisadora, no qual os conceitos anteriormente mobilizados são retomados, tensionados e reelaborados no plano discursivo. Nessa perspectiva, Baker et al. (2020) permite compreender a IA como um conjunto de tecnologias voltadas à realização de atividades intelectuais, o que destaca sua contribuição, neste estudo para a elaboração conceitual das estudantes. A continuidade desse processo pode ser observada no excerto a seguir, apresentado no Diálogo 2.

Diálogo 2

IA1: Como tem muitas plantas, elas produzem muita energia. Quando a gente for colocar um bichinho aqui dentro, ele vai comer as plantas.

IA2: E daí, dependendo do bicho que a gente colocar, ele pode ter o seu carnívoro ou herbívoro.

IA1: Ele pode comer o bichinho que comeu as plantas.

IA2: Esse ecossistema, ele vai ser habitado por outros seres.

IA1: Já tem aqui um ser vivo, que é a planta. E nós vamos fechar.

Pesquisadora: É o que vai acontecer aí dentro. Como os seres vivos vão sobreviver?

IA1: Ah, eu lembro! A Flora falou que eles precisam da luz do sol para as plantas poderem fazer o seu alimento.

Pesquisadora: Isso. Através de que processo?

IA2: Da fotossíntese.

A partir do diálogo 2, identifica-se o movimento de apropriação, na medida em que as IAs articulam suas falas à prática em andamento ao formular hipóteses sobre herbívoros, carnívoros e níveis tróficos. A intervenção da pesquisadora intensifica esse movimento ao provocar reflexões sobre a sobrevivência dos seres vivos no terrário. Nesse contexto, a fala de IA1 - "Ah, eu lembro! A Flora falou..." revela que o conceito mobilizado anteriormente na interação com a IA é retomado e ressignificado no curso da atividade, enquanto a resposta de IA2 - "Da fotossíntese" nomeia com maior precisão o fenômeno em análise.

Do ponto de vista teórico, esse movimento indica que a elaboração conceitual emerge do entrelaçamento entre diferentes ações que atravessaram a atividade. Conforme Borba e Villarreal (2005), a produção do conhecimento emerge das interações entre seres-humanos-com-mídias, sendo a IA Flora, nesse contexto, o artefato que impulsionou a reorganização conceitual e a produção compartilhada de conceitos científicos — aproximando-se de um ciclo de aprendizagem expansiva.

No interior desse processo, o miniciclone "Terrário Interativo" integrou observação empírica, elaboração de hipóteses e síntese conceitual, configurando-se na dimensão epistêmica com intensidade forte Anschau (2023) e predominância colaborativa. As tensões conceituais emergiram na tentativa de compreender fotossíntese e equilíbrio ecológico, constituindo-se nas trocas discursivas que impulsionaram a reorganização conceitual e a produção compartilhada de conhecimento científico, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 – Representação das interações nos coletivos humanos-com-IA



Fonte: Produzido com participação do ChatGPT (2025).

A Figura 5 sintetiza esse movimento ao representar a articulação entre estudantes, IA Flora e pesquisadora na constituição de um coletivo humanos-com-IA, cujo objeto do conhecimento é a aprendizagem. Nessa configuração, a produção de saberes decorre das

interações estabelecidas entre os diferentes agentes, indicando o caráter relacional, colaborativo do percurso investigativo.

Neste contexto, o miniciclone “Terrário Interativo” configurou um espaço de experimentação em que a observação e o registro visual beneficiaram o diálogo entre cognição e estética. Essa dinâmica instaurou condições para a emergência de um novo movimento investigativo: o miniciclone “Expressões Multimodais”, no qual as estudantes expandem o processo de elaboração conceitual ao pensar com diferentes mídias, conforme propõe Souto (2013).

Destaca-se que, após interagir com a IA Flora e criar o seu próprio terrário, cada estudante recebeu a tarefa de levar o experimento para casa e observar os eventos que ocorriam dentro dele. Essa proposta visava incentivar a autonomia investigativa e a observação contínua dos fenômenos naturais. Durante esse processo, a estudante IA2 acompanhou o comportamento do besouro e o crescimento das plantas, relatando suas impressões em seu caderno, conforme apresentado na transcrição a seguir.

Nos primeiros dias com o terrário eu percebi que o animal escolhido, o besouro, só saía da terra de noite e era só para comer. Como eu vi que ele estava comendo muitas plantas, eu dei aproximadamente dez grãos de linhaça para ele, mas ele não comeu! Nos outros dias eu percebi que as sementes estavam crescendo e ficando bem grandes. Quando eu coloco água no terrário, ele embaça. Tadinho!

17

A análise do registro de IA2 permite identificar indícios do possível miniciclone proposto por Souto (2013), iniciado pelo evento desencadeador, quando a observação do comportamento do besourinho desperta curiosidade e gera o primeiro questionamento sobre sua função no ecossistema. Em seguida, instalam-se movimentos de experimentação e elaboração conceitual, quando IA2 formula hipótese de que o animal comeria muitas plantas, tomando a decisão de oferecer grãos de linhaça para verificar essa suposição.

Tal dinâmica aproxima-se do ensino de Ciências por investigação, ao articular observação, questionamento e análise crítica na produção do conhecimento. Nesse processo, as IAzinhas deixam de ser executoras da atividade e passam a elaborar explicações sobre os fenômenos observados, em consonância com a alfabetização científica discutida por Sasseron e Carvalho (2008), configurando um percurso investigativo orientado pelo diálogo com a IA Flora e sustentado pela dimensão colaborativa do miniciclone “Terrário Interativo”.

O registro escrito e a ilustração do terrário ampliam a dimensão analítica do percurso ao expressarem, de forma multimodal, a compreensão da IA2 sobre os elementos vivos e não vivos

e suas interações no microecossistema. A produção visual amplia a interpretação ao articular cognição, emoção e expressão estética, inclusive no envolvimento afetivo presente na fala “Quando eu coloco água no terrário, ele embaça. Tadinho!”. Desse modo, texto e imagem configuram elementos complementares de um processo em que curiosidade, formulação de hipóteses, representação e comunicação dos entendimentos se entrelaçam na produção do conhecimento.

A produção multimodal manifesta a articulação entre pensamento científico e expressão estética, demonstrando que o conhecimento se constitui a partir da interação entre diferentes formas de representação. Essa perspectiva dialoga com a compreensão de Lévy (1993), segundo a qual as tecnologias da inteligência se articulam aos seres humanos na produção do conhecimento, moldando as formas pelas quais os sujeitos elaboram e comunicam suas interpretações sobre o mundo.

Assim, o registro escrito e a ilustração configuram elementos complementares do processo investigativo, demonstrando como curiosidade, experimentação e representação simbólica se entrelaçam na produção do conhecimento.

Em continuidade, no miniciclone “Expressões Multimodais”, observa-se a passagem da curiosidade inicial para uma possível estabilização conceitual, na articulação entre observação, experimentação e registro simbólico. Nesse processo, a produção multimodal, ao integrar texto e desenho, sintetiza o pensamento científico e expressão sensível, conforme sintetizado no Quadro 3.

Quadro 3 – Miniciclone “Expressões Multimodais”.

Movimento(s)	Registro(s)	Indicadore(s) do(s) Processo
Desencadeador	IA2: -Nos primeiros dias com o terrário eu percebi que o animal escolhido, o besouro saia da terra à noite e era só para comer.	O relato aponta o momento de ruptura conceitual, quando a estudante, ao observar o comportamento do besouro, manifesta estranhamento e curiosidade, rompendo a passividade e inaugurando o movimento investigativo.
Reorganização Conceitual	IA2: -Vi que as plantas estavam crescendo e ficando grandes. Interação com a IA Flora sobre a importância da luz e da fotossíntese.	A fala em destaque amplia seu olhar, deslocando o foco do animal isolado para a dinâmica relacional do terrário. Ao observar o crescimento das plantas e mobilizar o diálogo sobre luz e fotossíntese, passa a elaborar uma compreensão mais científica dos processos que sustentam o equilíbrio do sistema.
Experimentação	IA2: -Como ele estava comendo muita planta, eu dei aproximadamente 10 grãos de linhaça para ele.	A estudante realiza ações experimentais, modificando variáveis e testando hipóteses sobre o besouro. O processo apresenta atitude investigativa, unindo observação, registro e desenho do terrário que articulam ciência, estética e simbolismo.
Expansão	IA2: -Nos outros dias eu percebi que as sementes estavam crescendo e ficando bem grandes. Produção de registros escritos e ilustração do terrário com representação dos elementos vivos e não vivos.	A estudante amplia a compreensão ao representar o terrário por meio de linguagem multimodal (texto e imagem), integrando observação, expressão e conceitualização. O registro visual complementa o raciocínio científico, revelando avanço em direção a um pensar criativo e colaborativo.
Apropriação	IA2: -Quando coloco água no terrário ele melhora, tadinho.	A fala expressa apropriação conceitual e afetiva, articulando cuidado, empatia e entendimento das relações ecológicas. A estudante compreende o equilíbrio do ecossistema e assume uma postura reflexiva frente ao ambiente natural.

Fonte: Elaboração própria (2025).

A partir do Quadro 3, o movimento desencadeador emerge da observação do comportamento do besouro, que mobiliza a atenção da estudante para a dinâmica do terrário. Esse deslocamento impulsiona a reorganização conceitual, expressa na articulação entre crescimento das plantas, luz e fotossíntese, e sustenta a experimentação, explicitada nas intervenções realizadas no sistema para acompanhar seus efeitos. Desse percurso decorre a expansão do pensamento, visível nos registros gráficos, em que a experiência observada é reelaborada em linguagem multimodal.

Nesse processo, a apropriação manifesta-se quando as produções de IA1 e IA2 passam a reunir compreensão ecológica e expressão afetiva, indicando elaboração própria sobre o objeto investigado. Assim, do diálogo com a IA Flora à produção de registros, configura-se um percurso em que observação, intervenção e representação articulam racionalidade científica, sensibilidade e criatividade na produção do conhecimento.

O enlace entre os miniciclones "Terrário Interativo" e "Expressões Multimodais" aponta que os movimentos investigativos não se encerram em si mesmos, mas se expandem e se reformulam ao longo do processo. Essa articulação demonstra a continuidade e a interdependência entre os ciclos de aprendizagem expansiva que sustentam a análise, conforme apresentado na Figura 6.

Figura 6 – Enlace entre os miniciclones “Terrário Interativo” e “Expressões Multimodais”



Fonte: Elaboração própria (2025).

A Figura 6 apresenta, em termos analíticos, a fusão entre o miniciclone "Terrário Interativo" e o miniciclone "Expressões Multimodais" como movimentos interdependentes do processo de aprendizagem. Enquanto o miniciclone "Terrário Interativo" sustenta a reorganização conceitual das IAzinhas a partir da investigação sobre fotossíntese e equilíbrio ecológico com participação da IA Flora, o miniciclone "Expressões Multimodais" amplia essa compreensão ao converter o conhecimento elaborado em registros textuais e visuais, contribuindo para a modelização simbólica das relações ecológicas.

Assim, a Figura 6 destaca a aprendizagem como um movimento expansivo, no qual o objeto de conhecimento passa a ser compreendido sob uma perspectiva sistêmica e interdependente, na qual investigação, expressão e elaboração conceitual se articulam de forma progressiva e colaborativa, sustentadas pelo diálogo com a IA Flora.

Considerando o conjunto dos resultados, a análise dos onze miniciclones identificados apresentou intensidades distintas no processo investigativo, com quatro classificados como de intensidade mediana e sete como de intensidade forte. Desses, quatro se articularam em pares, formando um percurso contínuo de elaboração conceitual progressiva. Entre esses enlaces, configuram-se como centrais os miniciclones "Terrário Interativo" e "Expressões Multimodais".

Nesse percurso, as IAzinhas, em diálogo com a inteligência artificial, participaram da formulação de hipóteses no contexto das interações pedagógicas, na elaboração de explicações e na reorganização das formas de compreender a cadeia alimentar. Tal dinâmica promoveu a passagem de compreensões iniciais para uma leitura mais sistêmica das relações ecológicas, articulando ciência, sensibilidade e consciência ambiental. Nessa perspectiva, à luz de Engeström (1987), a aprendizagem caracteriza-se como resultado de processos coletivos que transformam simultaneamente o objeto de estudo e os sujeitos que o investigam.

5 PALAVRAS FINAIS: O QUE FICA DA PESQUISA?

À luz das transformações do cenário educacional contemporâneo, esta pesquisa buscou compreender as possibilidades e limitações de um e-book interativo, desenvolvido com inteligência artificial, para o ensino da cadeia alimentar e a promoção da aprendizagem no 5º ano do Ensino Fundamental da Escola Estadual Professor João Batista, em Tangará da Serra-

MT. Neste contexto, os dados produzidos ao longo de doze encontros presenciais, totalizando 24 horas de atividades, permitem responder a essa questão com consistência analítica.

Os resultados mostraram que a integração do e-book interativo com IA contribuiu para a aprendizagem da cadeia alimentar ao promover deslocamentos conceituais progressivos, ampliar o vocabulário científico, fortalecer práticas investigativas e sustentar compreensões mais articuladas sobre as relações ecológicas. Esse percurso possibilitou processos de alfabetização científica e maior autonomia discursiva das IAzinhas.

Os onze miniciclones de transformações expansivas identificados demonstraram que a aprendizagem não ocorreu de forma linear, mas por movimentos dinâmicos de tensão, reorganização e expansão conceitual. Nesse processo, emoção, razão e tecnologia se entrelaçaram, permitindo que a compreensão das relações ecológicas emergisse a partir da reelaboração contínua do objeto de conhecimento.

No que se refere às contribuições para o Ensino de Ciências, o estudo aponta três dimensões centrais: a possibilidade de integração da IA generativa na aprendizagem de conteúdos científicos complexos nos anos iniciais, a viabilidade pedagógica de e-books interativos baseados em IA para o ensino investigativo e a centralidade do planejamento didático intencional para a produção de efeitos pedagógicos consistentes.

Quanto às limitações, a dependência de conectividade estável e o acesso restrito a plataformas apontaram a necessidade de infraestrutura tecnológica adequada. Ainda assim, o estudo indica que a IA pode contribuir de forma relevante para a aprendizagem em Ciências quando articulada à formação docente, ao acesso digital e a um planejamento pedagógico coerente, abrindo caminhos para novas investigações em outros contextos escolares.

REFERÊNCIAS

ANSCHAU, F. A. Produções audiovisuais de Educação Financeira para o VI Festival de Vídeos Digitais e Educação Matemática. 2023. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, 2023.

ASCHIDAMINI, I. M.; SAUPE, R. Grupo focal: estratégia metodológica qualitativa: um ensaio teórico. *Cogitare Enfermagem*, [S. l.], v. 9, n. 1, 2004. DOI: 10.5380/ce.v9i1.1700. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/cogitare/article/view/1700>. Acesso em: 26 nov. 2025.

BAKER, R. S.; et al. Better learning through biased feedback: AI supports and teachers' perspectives on educational software. In: *International Conference on Artificial Intelligence in Education*, 2020. Proceedings [...]. Cham: Springer, 2020. p. 24–36.

BORBA, M. C.; SOUTO, D. L. P.; CUNHA, J. F. T.; DOMINGUES, N. S. Humans-with-media: twenty-five years of a theoretical construct in mathematics education. In: PEPIN, B.; GUEUDET, G.; CHOPPIN, J. (org.). Handbook of Digital Resources in Mathematics Education. Springer, 2023. No prelo.

BORBA, Marcelo de Carvalho.; SOUTO, Daise. L. P.; CANEDO JUNIOR, N. R. Vídeos na Educação Matemática: Paulo Freire e a quinta fase das tecnologias digitais. Belo Horizonte: Autêntica, 2022.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: Information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization. Springer, 2005.

BORBA, M. C; SILVA, R. S. R.; GADANIDIS, G. Fases das tecnologias digitais em educação matemática: sala de aula e internet em movimento. 1. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2014.

BOGDAN, R. C; BIKLEN, S. Investigação qualitativa em educação. Porto: Porto Ed., 1994.

CRESWELL, J. W. Pesquisa Educacional: planejamento, condução e avaliação de dados quantitativos e pesquisa qualitativa. 4 ed. Boston: 2012.

DURSO, S. O.; ARRUDA, E. P. Artificial intelligence in distance education: a systematic literature review of Brazilian studies. Problems of Education in the 21st Century, v. 80, n. 5, p. 679-692, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.33225/pec/22.80.679>. Acesso em: 25 nov. 2025.

ENGESTRÖM, Y. Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization. Journal of Education and Work, v. 14, n. 1, 2001.

ENGESTRÖM, Y. Learning by expanding: an activity-theoretical approach to developmental research. Helsinki: Orienta-Konsultit, 1987. Disponível em: <http://lhc.ucsd.edu/MCA/Paper/Engestrom/expanding/toc.thm>. Acesso em: 10 ago. 2024.

FANTIN, Monica. "Nativos e imigrantes digitais" em questão: crianças e competências midiáticas na escola. Passagens, v. 7, n. 1, p. 5-26, 2016. Disponível em: https://repositorio.ufc.br/bitstream/riufc/46164/1/2016_art_mfantin.pdf

FREITAS, Maria Rute Araújo et al. Inteligência artificial e o ensino de ciências: um levantamento de teses publicadas na biblioteca digital de teses e dissertações (2013-2023). Anais IX CONEDU. Campina Grande: Realize Editora, 2023. Disponível em: <https://editorarealize.com.br/artigo/visualizar/99101>. Acesso em: 22 mar. 2025.

FLICK, U. Pesquisa Qualitativa online: a utilização da internet. In: Métodos de Pesquisa: Introdução à Pesquisa Qualitativa. Rio de Janeiro: Artmed-Bookman, 2009.

LÉVY, P. As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática. Rio de Janeiro, Brasil: Editora 34. 1993.

MÜLLER, T. J. Objetos de Aprendizagem multimodais e ensino de cálculo: uma proposta baseada em análise de erros. 2015. 203 f. Tese (Doutorado em Informática na Educação) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

PACHECO, J. F. de A. A escola não é um edifício, são as pessoas. Agência Brasil, Brasília, 9 abr. 2016. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2016-04/escola-nao-e-um-edificio-sao-pessoas-diz-idealizador-da-escola-da-ponte>. Acesso em: 25 nov. 2025.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. de. *O ensino de ciências para a alfabetização científica: analisando o processo por meio das argumentações em sala de aula*. In: Emoções, ethos e argumentação: anais... Belo Horizonte: Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, 2008.

SOUTO, Daise. Transformações expansivas na produção Matemática on-line. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014.

SOUTO, Daise. L. P. Transformações Expansivas em um Curso de Educação Matemática a Distância Online. 2013. 279 f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013.

SOUTO, Daise. L. P.; BORBA, M. C. Seres humanos-com-internet ou internet-com-seres humanos: uma troca de papéis? *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, v. 19, n. 3, p. 323-344, 2016.

TAVARES, L. A.; MEIRA, M. C.; AMARAL, S. F. do. Inteligência artificial na Educação: survey / artificial intelligence in education: survey. *Brazilian Journal of Development*, v. 6, n. 7, p. 48699-48714, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n7-496>. Acesso em: 12 jun. 2020.

TIKHOMIROV, O. K. The psychological consequences of the computerization. In: WERTSCH, J. (ed.). *The concept of activity in Soviet psychology*. New York: Sharp, 1981. p. 256-278.

ZENG, D. From computational thinking to AI thinking. *IEEE Intelligent Systems*, v. 28, n. 6, p. 2-4, 2013.