LEONILDA ALVES RIBEIRO

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO DE *E-BOOK* INTERATIVO PARA A APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS

Barra do Bugres, MT

2026

Leonilda Alves Ribeiro

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO DE *E-BOOK* INTERATIVO PARA A APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM) da Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT), campus Universitário Dep. Est. Renê Barbour, Barra do Bugres, para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Drª. Daise Lago Pereira Souto.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Digitais no Ensino de Ciências e Matemática.

Barra do Bugres, MT

2026

Ficha catalográfica elaborada pela Supervisão de Bibliotecas da UNEMAT Catalogação de Publicação na Fonte.
UNEMAT - Unidade padrão

R484i Ribeiro, Leonilda Alves.
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO DE E-BOOK INTERATIVO PARA A APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS / Leonilda Alves Ribeiro. - Cáceres, 2026.
170f.: il.

Universidade do Estado de Mato Grosso "Carlos Alberto Reyes Maldonado", Ensino de Ciências e Matemática/BBG-PPGECM - Barra do Bugres - Mestrado Acadêmico, Campus Universitário De Barra Do Bugres "Deputado Renê Barbour".
Orientador: Daise Lago Pereira Souto.

1. Tecnologias Digitais. 2. Seres-Humanos-Com-Mídias. 3. Educação Científica. I. Souto, Daise Lago Pereira. II. Título.

UNEMAT / MTSCB CDU 004.5

LEONILDA ALVES RIBEIRO

INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO DE E-BOOK INTERATIVO PARA A APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática –PPGECM - da Universidade do Estado de Mato Grosso CARLOS ALBERTO REYES MALDONADO, *Câmpus* Univ. Dep. Est. "Renê Barbour" – Barra do Bugres - MT, como requisito obrigatório para a obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovado em: 19 de fevereiro de 2026.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br
DAISE LAGO PEREIRA SOUTO
Data: 20/02/2026 18:28:31-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profª. Dra. Daise Lago Pereira Souto
(PPGECM/UNEMAT) Orientadora

Documento assinado digitalmente
gov.br
CLEIDE APARECIDA FERREIRA DA SILVA GUSMA(
Data: 19/02/2026 18:12:03-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profª. Dra. Cleide Aparecida Ferreira da Silva Gusmão
(PPGECM/UNEMAT) Examinadora Interna

Documento assinado digitalmente
gov.br
DEBORA DA SILVA SOARES
Data: 19/02/2026 17:48:58-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profª. Dra. Débora da Silva Soares
(UFRGS) Examinadora Externa à Instituição

Agradecimentos

Agradeço a Deus que permitiu que essa pesquisa fosse realizada, por ter me concedido saúde e sabedoria para enfrentar os desafios e seguir em frente durante toda a caminhada.

À Profª. Drª. Daise Lago Pereira Souto, pela orientação, carinho e respeito dedicados a esta pesquisa. Excelente professora, mulher admirável, uma fonte de inspiração por sua competência, seriedade e compromisso com a educação.

À minha mãe, Maria Marilene, por me ensinar a força da fé e do recomeço. Aos meus filhos, Adryan e Brenda, pelo amor e pela alegria que sustentam meus dias. Ao meu esposo, Adervaldo, pelo apoio, paciência e companheirismo ao longo desta caminhada. Todas essas presenças constituem minha formação humana e afetiva, e a elas dedico minha mais profunda gratidão.

Ao Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino com Tecnologias Digitais (GEPETD), da Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat), Campus de Barra do Bugres, pelas valiosas contribuições ao meu desenvolvimento profissional docente e pelas reflexões coletivas em torno das Tecnologias Digitais (TD), das Políticas Públicas Educacionais com TD, da Educação a Distância, do Ensino Híbrido e On-line, da Formação Continuada de Professores e do Ensino de Matemática com TD.

Aos colegas e professores do Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM), da Unemat, Campus de Barra do Bugres, pelos diálogos formativos, pela partilha de saberes e pelo convívio acadêmico que enriqueceram este percurso investigativo.

Por fim, manifesto meu reconhecimento à Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat), pelo compromisso com uma educação superior plena e de excelência, e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio institucional e financeiro ao PPGECM, sem o qual esta pesquisa não seria possível. A todos que contribuíram para esta caminhada, deixo minha eterna gratidão.

Miniciclones do Saber: e agora, IA?

E agora, IA?
O dado já foi treinado,
o algoritmo já fala,
a pergunta insiste — e você?

Você que responde tudo,
que prediz o que virá,
que aprende sem alma,
mas encanta com precisão.

Você não ama,
não sente a manhã fria,
não chora diante da injustiça,
não sangra quando a floresta cai.

Mas mesmo assim, IA,
algo em você acende ventos —
miniciclones de pensamento,
onde emoção e razão oscilam juntas.

E agora, IA?
Se a criança te chama,
se o chão da escola pulsa,
se o mundo pede ética...
Você vai onde?
É ponte ou atalho?[1]
(*Leonilda Alves Ribeiro)*

[1] Poema de autoria da pesquisadora, construído como releitura crítica do clássico "E agora, José?" (1942), de Carlos Drummond de Andrade.

RESUMO

Esta dissertação tem como objetivo investigar a inserção da Inteligência Artificial no processo educativo, a partir da produção de um *e-book* interativo voltado ao ensino da cadeia alimentar para estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental. O estudo se fundamenta nos princípios da Teoria da Atividade e dos Seres-Humanos-Com-Mídias, articulando ciência, emoção, ética e tecnologias digitais em práticas pedagógicas críticas e criativas. O *e-book* foi elaborado na plataforma Canva, integrando *links* para diferentes plataformas digitais. Para alcançar esse objetivo, a investigação foi conduzida com base em uma abordagem qualitativa, fundamentada nos pressupostos da pesquisa participante e na metodologia do experimento de ensino. A produção dos dados envolveu técnicas como registros em notas de campo, grupos focais e gravações em áudio e vídeo. Na análise de dados, utilizaram-se os Miniciclones de Transformações Expansivas, sendo que foram identificados onze miniciclones, dos quais quatro se articulam em pares; esses enlaces resultaram em transformações colaborativas contínuas no processo de aprendizagem. Além disso, a pesquisa se desenvolveu em doze encontros presenciais, totalizando 24 horas de atividades, nos quais as estudantes participaram de processos de investigação, experimentação e reorganização conceitual impulsionados pela interação com mídias digitais baseadas em IA. Os resultados apontam que a integração da Inteligência Artificial Generativa, quando sustentada por planejamento pedagógico intencional, pode promover aprendizagens colaborativas, autorais e reflexivas. Apesar de desafios relacionados ao acesso às plataformas digitais e à instabilidade da conexão, as soluções encontradas ressaltam a relevância da flexibilidade pedagógica. Conclui-se que o *e-book* interativo se configura como uma mídia pedagógica capaz de mobilizar a autoria digital, a sensibilidade estética e a elaboração científica, reafirmando a força da IA para ampliar horizontes pedagógicos e impulsionar práticas educativas inovadoras nos anos iniciais.

Palavras-chave: Tecnologias Digitais; Seres-Humanos-Com-Mídias; Educação Científica; Teoria da Atividade.

ABSTRACT

This dissertation aims to investigate the integration of Artificial Intelligence into the educational process through the development of an interactive e-book designed to teach food chains to 5th-grade elementary school students. The study is grounded in the principles of Activity Theory and Humans-With-Media, articulating science, emotion, ethics, and digital technologies within critical and creative pedagogical practices. The e-book was developed on the Canva platform, incorporating links to different digital platforms. To achieve this objective, the research was conducted using a qualitative approach, based on the assumptions of participatory research and the teaching experiment methodology. Data production involved techniques such as field notes, focus groups, and audio and video recordings. Data analysis drew on the Mini-cycles of Expansive Transformations, through which eleven mini-cycles were identified, four of which are articulated in pairs; these links resulted in continuous collaborative transformations throughout the learning process. Furthermore, the research was carried out over twelve in-person sessions, totaling 24 hours of activities, during which students engaged in processes of inquiry, experimentation, and conceptual reorganization driven by interaction with AI-based digital media. The results indicate that the integration of Generative Artificial Intelligence, when supported by intentional pedagogical planning, may foster collaborative, authorial, and reflective learning. Despite challenges related to access to digital platforms and connectivity instability, the solutions found highlight the relevance of pedagogical flexibility. It is concluded that the interactive e-book constitutes a pedagogical medium capable of mobilizing digital authorship, aesthetic sensibility, and scientific elaboration, reaffirming the potential of AI to broaden pedagogical horizons and drive innovative educational practices in the early years of schooling.

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

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura da dissertação 23
Figura 2 – Linha do tempo dos marcos históricos da Inteligência Artificial (1950–2022)..... 44
Figura 3 – Definições de Inteligência Artificial 47
Figura 4 – Estrutura de um sistema de atividade 50
Figura 5 – Sistemas-Seres-Humanos-Com-Mídias 52
Figura 6 – Ilustração de um Miniciclo(ne) de Transformações Expansivas (MTE) 54
Figura 7 – Modelo de experimento de ensino 61
Figura 8 – Fachada da Escola Estadual Professor João Batista, 2024 62
Figura 9 – Tecnologias digitais do *e-book* interativo 73
Figura 10 – Dupla "IAzinhas na Teia" durante a pesquisa do encontro inicial da Unidade 1 84
Figura 11 – Questionamentos sobre os principais aspectos da cadeia alimentar 84
Figura 12 – Entre desenhos e conceitos: a produção visual da estudante 90
Figura 13 – Registro do diálogo entre o EcoBot e a dupla "IAzinhas na Teia"..... 92
Figura 14 – Registro do diálogo das estudantes com o EcoBot sobre cadeia alimentar (questionamento sobre a relação entre leão e tartaruga)..... 93
Figura 15 – Registro do diálogo das estudantes com o EcoBot sobre cadeia alimentar (equívoco na classificação dos níveis tróficos) 94
Figura 16 – Registro do diálogo das estudantes com o EcoBot sobre cadeia alimentar(exemplos de animais e níveis tróficos) 95
Figura 17 – Registro do diálogo das estudantes com o EcoBot sobre cadeia alimentar (classificação dos animais) 95
Figura 18 – Diálogo com a IA Flora apresentando os passos para montar o terrário 98
Figura 19 – Interação das estudantes com a IA Flora durante a construção do terrário..... 99
Figura 20 – Estudantes dialogam com a IA Flora sobre a possibilidade de inserir um rio no terrário 99
Figura 21 – Questionamento sobre a fotossíntese no terrário durante a interação com a IA Flora..... 100
Figura 22 – Interação das estudantes com a IA Flora sobre a ausência das plantas na cadeia alimentar 102
Figura 23 – Representação das interações nos coletivos humanos-com-IA..... 104
Figura 24 – Desenho produzido pela estudante como representação do terrário observado. 107

Figura 25 – Interações das estudantes com as TD e com a IA durante a produção de vídeos e a exploração de conteúdos digitais na Unidade 3 111
Figura 26 – Elaboração do *prompt* pelas estudantes 112
Figura 27 – Roteiro gerado pela IA sobre níveis tróficos na Amazônia 113
Figura 28 – Movimento de negociação com a IA no processo de elaboração do vídeo educativo 114
Figura 29 – Registro da solicitação das estudantes à IA Video GPT by VEED 115
Figura 30 – Discussão sobre a inserção do inseto jequitiranaboia no roteiro educativo 116
Figura 31 – Interação das estudantes com a IA VEED durante a revisão do roteiro 117
Figura 32 – Capa do vídeo educativo elaborado pelas estudantes mediante interação com a IA Video GPT by VEED, com o tema "Os níveis tróficos na Amazônia" 118
Figura 33 – Dupla "IAzinhas na Teia" finalizando a produção da tirinha 122
Figura 34 – Tirinha produzida pelas estudantes, intitulada "A destruição da floresta" 123
Figura 35 – Estudantes durante a elaboração da nuvem de palavras na plataforma WordArt Create 125
Figura 36 – Registro do diálogo inicial com o EcoBot 129
Figura 37 – Mural "Arte sustentável com IA" com produções coletivas criadas em interação com o Padlet e o ChatGPT 133
Figura 38 – Interação com o ChatGPT durante a pesquisa sobre o tráfico de rinocerontes .. 134
Figura 39 - Charge "Esse produto não tem preço!" 135
Figura 40 – Estudantes engajadas no processo inicial de criação do *podcast* 139
Figura 41 – Representação visual da poluição marinha na imagem do golfinho clamando "Não aguentamos mais!" 140
Figura 42 – Lista de episódios do *podcast* "Vozes da Natureza", publicados no Spotify 141
Figura 43 – Estudantes interagem com a capa final do episódio "SOS Mar: A Tartaruga e a Alguinha contra o Óleo Pegajoso!" 142
Figura 44 – Enlace entre os miniciclones da Savana e "Diálogo com o EcoBot" 145
Figura 45 – Enlace entre os miniciclones "Terrário Interativo" e "Expressões Multimodais" 147
Figura 46 – Enlace entre os miniciclones "Amazônia Trófica" e "Teia de Palavras" 148
Figura 47 – Enlace entre os miniciclones da Sustentabilidade e "Arte-Denúncia-Animal" . 149

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Busca de publicações sobre a presença da IA no contexto da Educação Básica, no período de 2019 a 2024 28
Quadro 2 – Produções selecionadas sobre "A integração da Inteligência Artificial no contexto da Educação Básica", nas bases Google Acadêmico, FGV e Capes 29
Quadro 3 – Síntese dos estudos sobre a inserção da IA na Educação Básica (2019–2024) ... 30
Quadro 4 – Organização das atividades pedagógicas com uso de Tecnologias Digitais no ensino de Ciências 65
Quadro 5 – Síntese dos Miniciclones de Transformações Expansivas 80
Quadro 6 – Miniciclone "Da Mágica à Ciência" 88
Quadro 7 – Miniciclone da Savana 91
Quadro 8 – Miniciclone "Diálogos com o EcoBot" 97
Quadro 9 – Miniciclone "Terrário Interativo" 105
Quadro 10 – Miniciclone "Expressões Multimodais" 108
Quadro 11 – Miniciclone "Amazônia Trófica" 119
Quadro 12 – Miniciclone na tirinha 124
Quadro 13 – Miniciclone "Teia de Palavras" 128
Quadro 14 – Miniciclone "Saberes em Vivência e Saberes Escolares" 131
Quadro 15 – Miniciclone "Arte-Denúncia-Animal" 136
Quadro 16 – Miniciclone "SOS Mar: Consciência Ambiental em Formato de Podcast" 143
Quadro 17 – Síntese analítica dos enlaces formados entre os quatro miniciclones 151

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BDTD	Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
BNCC	Base Nacional Comum Curricular.
GEPETD	Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino com Tecnologias Digitais
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional
MT	Mato Grosso
STEAM	Ciência, Tecnologia, Engenharia, Arte e Matemática (*Science, Technology, Engineering, Arts, and Mathematics*)
PPGECM	Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática
SEDUC	Secretaria de Estado de Educação
TA	Teoria da Aprendizagem.
TD	Tecnologias Digitais
MTE	Miniciclones de Transformações Expansivas
MS	Mato Grosso do Sul
FGV	Fundação Getúlio Vargas
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
S-H-C-M	Sistema Seres-Humanos-Com-Mídias
UNEMAT	Universidade do Estado de Mato Grosso

SUMÁRIO

1 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E AS NOVAS TEIAS SUSTENTÁVEIS 14
1.1 Do brincar ao investigar: uma vida tecida pela educação 18
1.2 Estrutura da dissertação 22
2 REDES DIGITAIS E TRANSFORMAÇÕES EDUCACIONAIS COM A IA 25
2.1 A IA como campo emergente na educação científica 30
3 URDIDURA TEÓRICA: VIDA, SABER E TECNOLOGIA 40
3.1 Travessias das Tecnologias Digitais na Educação 40
3.2 IA na educação: um breve histórico 44
3.3 Uma imersão na Teoria da Atividade 49
3.4 Sistemas Seres-Humanos-Com-Mídias: Os Miniciclo(nes) de Transformações Expansivas 51
3.5 Contribuições da aprendizagem expansiva 54
4 A TRAMA DAS INTERFACES: CAMINHOS METODOLÓGICOS 57
4.1 Abordagem da pesquisa 57
4.2 Estratégias de Produção dos dados 59
4.3 Experimento de ensino 60
4.4 Ambiente natural da pesquisa 61
4.5 Protagonistas da pesquisa 63
4.6 *E-book* interativo: IA, saberes e ações pedagógicas 64
4.7 Conexões digitais: as tecnologias do *e-book* interativo 73
4.7.1 Formative 73
4.7.2 Runway AI 74
4.7.3 Puzzle.org 74
4.7.4 Landbot 74
4.7.5 Character.AI 75
4.7.6 Wordwall 75

4.7.7 Video GPT by VEED 75
4.7.8 Pixton 75
4.7.9 Padlet 76
4.7.10 Mobirise 76
4.7.11 ChatGPT 4.0 76
4.7.12 Spotify 76
5 A ARTE DA ANÁLISE DE DADOS 78
5.1 Dos dados aos sentidos: primeiros olhares epistêmicos 81
5.2 Entre miniciclones e transformações: A IA como coautora da aprendizagem expansiva 83
5.3 À luz dos dados: uma síntese analítica 144
6 PALAVRAS FINAIS: O QUE FICA DA PESQUISA? 153
6.1 Sugestões para futuros estudos 155
REFERÊNCIAS 156
APÊNDICE A – ACESSO AO *E-BOOK* INTERATIVO "ENERGIA EM AÇÃO: CADEIA ALIMENTAR COM IA" 163
APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO 164
APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO 169

1 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL E AS NOVAS TEIAS SUSTENTÁVEIS

A Inteligência Artificial (IA) tem emergido como uma força silenciosa e transformadora, impactando profundamente as relações humanas e modificando a forma como nos comunicamos, interagimos e produzimos conhecimento. Presente em múltiplas esferas da vida, a IA projeta-se como uma tecnologia estratégica para o futuro da sociedade. Já em 2021, a Curva de Gartner, referência global em tendências tecnológicas, sinalizava sua ascensão contínua e seu papel central na transformação das dinâmicas sociais e educacionais (Gartner, 2021).

De acordo com Tavares, Meira e Amaral (2020), a IA está sendo integrada de modo abrangente em todos os setores da sociedade. Zeng (2013) corrobora essa ideia ao afirmar que a IA, agora onipresente, tornou-se indispensável, representando um dos pilares fundamentais da sociedade moderna.

Considerando essa perspectiva, emerge um amplo universo denominado Inteligência Artificial Generativa, que, embora ainda em estágio incipiente nas iniciativas globais, promete profundas mudanças no campo educacional. Durso e Arruda (2022) destacam que persistem lacunas em todos os níveis educacionais, tanto no Brasil quanto no exterior.

Embora haja avanços tecnológicos globais, muitas escolas ainda se mantêm ancoradas em práticas tradicionais, priorizando o uso de quadro e livro. Tal postura, como ressaltam Borba, Souto e Canedo Junior (2022), contrasta com a necessidade urgente de preparar os estudantes para um cenário educacional digital e inovador.

Nesse contexto de transformações complexas e em constante evolução, impulsionadas pelas tecnologias digitais (TD), o campo educacional desponta como espaço de tensão, inovação e ressignificação de práticas. Mais do que acompanhar essas mudanças, a escola é chamada a refletir criticamente sobre o papel da IA no ensino e na aprendizagem, integrando-a de forma ética, criativa e pedagogicamente relevante.

Diante dessa urgência, organismos internacionais passam a intervir de forma sistemática e propositiva. Reconhecendo possibilidades e riscos dessa transformação a Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2021; 2023) publicou marcos éticos e orientações pedagógicas que articulam inclusão, equidade e agência humana como condições inegociáveis para uma educação verdadeiramente emancipadora.

Autores como Luckin (2016) e Baker (2020) destacam que a IA tem promovido a personalização das experiências de aprendizagem, ajustando-se às necessidades dos estudantes

e automatizando tarefas administrativas. A IA utiliza algoritmos avançados para identificar padrões, fornecer *feedback* imediato e criar ambientes de aprendizagem atrativos.

Esse cenário torna-se ainda mais nítido 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). Manter estudantes do século XXI sob modelos pedagógicos vinculados aos paradigmas da Revolução Industrial — argumento amplamente debatido na literatura — revela a premência de rever práticas ainda rígidas e descontextualizadas.

Nesse cenário de mudanças, a IA já se insere como uma realidade concreta em diversas experiências escolares. Pesquisas como a de Camada e Durães (2020), ao realizarem uma revisão sistemática da literatura, indicam que a presença da IA no ensino básico tem se expandido, contribuindo com propostas que buscam diversificar metodologias e promover maior interatividade nos processos pedagógicos. O exemplo do professor David J. Malan, de Harvard, que utiliza IA como assistente em seu curso de programação, aponta a tecnologia como aliada estratégica na articulação pedagógica.

Entretanto, no campo do ensino de Ciências, persistem desafios expressivos. Apesar das orientações curriculares e dos dispositivos tecnológicos disponíveis, ainda são escassas as investigações que avaliem o impacto pedagógico da IA nesse componente. A literatura aponta lacunas importantes quanto à efetividade dessas tecnologias na abordagem de conteúdos complexos, como as relações alimentares e os conceitos ecológicos. Tal cenário reforça a necessidade de estudos que explorem, de maneira crítica e aplicada, as contribuições da IA para a aprendizagem nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

As orientações estabelecidas na Base Nacional Comum Curricular (BNCC, 2017) destacam que, a partir do primeiro ano do Ensino Fundamental, o componente curricular Ciências da Natureza faz parte das matrizes curriculares, prescrito em vários amparos legais, como a Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB), Lei nº 9.394/1996 e outras resoluções. Tais disposições asseguram e normatizam o ensino de Ciências no Brasil.

Apesar das orientações curriculares vigentes, estudos apontam que a aprendizagem de conteúdos científicos, como os relacionados à cadeia alimentar, ainda enfrenta barreiras conceituais relevantes — sobretudo no que se refere às interações alimentares entre os seres vivos, relações complexas que não podem ser facilmente observadas de maneira experimental (Almeida; Lima; Pereira, 2019; Paz et al., 2006), o que demanda intervenções pedagógicas intencionais, adequadas às necessidades dos estudantes.

Diante do exposto, a escolha da cadeia alimentar como eixo desta pesquisa baseia-se na ampliação dos conhecimentos científicos desde a Educação Infantil. Nessa etapa, as crianças vivenciam fenômenos relacionados à energia de forma sensível. A partir do 1º ano, esses saberes passam a ser sistematizados, marcando o início da alfabetização científica, em consonância com a BNCC, documento homologado em 2017, que destaca ser essencial "compreender o mundo natural e tecnológico, promovendo a curiosidade, o questionamento e a investigação" (Brasil, 2017, p. 321).

Considerando essa trajetória, o trabalho com a temática da cadeia alimentar no 5º ano é fundamental para consolidar as bases conceituais construídas nos anos anteriores. Esse conteúdo contribui para a compreensão das interações entre os seres vivos e da interdependência nos ecossistemas, assegurando a continuidade do desenvolvimento científico ao longo da Educação Básica.

Por essa razão, optar por abordar a cadeia alimentar com a IA nos anos iniciais contribui diretamente para a consolidação de saberes essenciais, servindo como base para a compreensão de conteúdos mais complexos nas etapas seguintes. Assim, a presente proposta não apenas atende às diretrizes curriculares vigentes, mas também reforça a importância da articulação entre TD e conteúdos estruturantes no desenvolvimento de competências e saberes em Ciências.

Em vista dessa realidade, a infância contemporânea encontra-se imersa na cultura digital, o que tem transformado expressivamente as formas de comunicação, aprendizado e lazer. Desde os primeiros anos de vida, crianças e adolescentes interagem com mídias digitais, como destacam Rosado (2006) e Moran (2008, 2015), indicando a necessidade de práticas pedagógicas mais conectadas a essa realidade, motivando a personalização da aprendizagem em ambientes híbridos.

Nesse contexto, investigar a integração da IA no ensino de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental configura-se como uma proposta relevante, que levanta hipóteses sobre possíveis contribuições à renovação das práticas pedagógicas e ao engajamento dos estudantes. Dada a atualidade e importância do tema, esta investigação busca contribuir para a qualificação da Educação Básica mediante abordagens que integrem saberes científicos e tecnologias emergentes, respondendo aos desafios contemporâneos do ensino.

Expostas as motivações que nos levaram a realizar este estudo, apresentamos o seguinte problema de pesquisa: "Como a utilização de um *e-book* interativo desenvolvido com Inteligência Artificial poderá influenciar o processo de aprendizagem dos alunos do 5º ano do Ensino Fundamental na disciplina de Ciências da Natureza na Escola Estadual Professor João Batista, localizada em Tangará da Serra (MT)?".

À luz das exigências metodológicas da pesquisa, optou-se por uma abordagem qualitativa, fundamentada no paradigma teórico-metodológico proposto por Bogdan e Biklen (1994), os quais estabelecem as premissas essenciais que caracterizam esse tipo de investigação. A produção dos dados foi realizada na Escola Estadual Professor João Batista, situada no município de Tangará da Serra, estado de Mato Grosso.

No que tange aos protagonistas deste estudo, destacam-se os estudantes do 5º ano do Ensino Fundamental I da instituição mencionada, cuja participação foi essencial para a constituição dos dados empíricos. Com o intuito de aprofundar a compreensão dos fenômenos investigados, foram adotados procedimentos metodológicos específicos, tais como a realização de um experimento de ensino, a organização de um grupo focal e a observação participante. Esse conjunto articulado de estratégias possibilitou o acompanhamento das interações em contexto real de aprendizagem, sendo os registros sistematizados em notas de campo e complementados por registros em áudio e vídeo, garantindo uma base sólida para as análises qualitativas subsequentes.

A fundamentação teórica desta pesquisa se ancora no Sistema Seres-Humanos-Com-Mídias (S-H-C-M), elaborado por Souto (2013) e desenvolvido em parceria com Borba (2016, 2018). Esse referencial se entrelaça com a Teoria da Atividade (TA), tal como concebida por Engeström (1987), e dialoga com o construto Seres-Humanos-Com-Mídias, formulado por Borba e Villarreal (2005), o qual ressalta a centralidade das mídias nos processos de construção do conhecimento.

O S-H-C-M, conforme apresentado por Souto (2013) e posteriormente desenvolvido por Souto e Borba (2016, 2018), aborda a articulação entre os fundamentos da TA e o próprio construto S-H-C-M. Segundo Souto (2013), as mídias podem desempenhar múltiplas funções no interior de um sistema de atividade, assumindo papéis distintos e complementares conforme o contexto de sua inserção.

A análise dos dados foi conduzida com base nos Miniciclones de Transformações Expansivas (MTE), concebidos por Souto (2013) como um referencial analítico ancorado na TA (Engeström, 1987) e nas abordagens do construto Seres-Humanos-Com-Mídias (S-H-C-M), elaborado por Borba (1999) e Borba e Villarreal (2005).

A motivação para esta investigação decorre da minha trajetória docente e das experiências acumuladas no ambiente escolar, nas quais observei o papel transformador das TD no processo de ensino-aprendizagem. A interlocução com o Grupo de Estudos e Pesquisas em Ensino com Tecnologias Digitais (GEPETD), aliada à orientação acadêmica recebida,

despertou o nosso interesse em aprofundar o estudo sobre práticas inovadoras e as múltiplas possibilidades de inserir a Inteligência Artificial no contexto educacional.

Ademais, o desafio contínuo de enfrentar as limitações impostas ao cenário educacional brasileiro, intensificadas pela pandemia da covid-19, reforçou a urgência de adotar estratégias pedagógicas inovadoras, capazes de tornar o processo de ensino mais envolvente, relevante e acessível. Nesse contexto, esta investigação busca contribuir para o meu aprimoramento profissional, bem como ampliar as discussões sobre a integração das TD, com foco na IA e em suas aplicações no cotidiano escolar.

1.1 Do brincar ao investigar: uma vida tecida pela educação

Por quais veredas fui conduzida a este instante? Tal provocação intelectual desperta em mim reminiscências, transportando-me, ainda que brevemente, à infância. Recolho os ecos dos primeiros pensamentos e sentimentos, como quem recolhe fragmentos de um tempo primordial. Profusas são as histórias que, entrelaçadas, tecem os pontos centrais do meu desenvolvimento pessoal e profissional.

Antes de apresentar os movimentos que impulsionaram a maioria dos meus passos, entretanto, faz-se pertinente mencionar que, anteriormente à pós-graduação *stricto sensu*, fui guiada por um coração arrebatado pela literatura, mas que, na academia, passou a pulsar com a consciência da necessidade de resguardar o rigor científico.

Com genuína satisfação, contemplo a urdidura da minha trajetória. Sem mais delongas, sou Leonilda Alves Ribeiro, filha de Nova Andradina (MS), e em minha essência a educação reverbera como um sopro vital. Meu percurso acadêmico é também um itinerário de autoconhecimento, entrelaçado de vivências e aprendizagens.

Desde os primeiros dias rumo à sala de aula até a consolidação da minha formação, a educação tem sido o fio invisível que borda os contornos da minha existência.

Atrevo-me a dizer que, após intensas leituras e reflexões, minha jornada pode ser interpretada à luz da TA, um arcabouço teórico que busca compreender como os seres humanos aprendem e se desenvolvem a partir da interação com o mundo, especialmente em contextos sociais, culturais e históricos.

Nessa seara, a atividade torna-se o motor do desenvolvimento humano. Por analogia, cada elemento da referida teoria reflete simbolicamente o meu percurso, no qual eu, sujeito que se aventura pelos meandros do conhecimento, sou moldada pelas experiências e desafios vividos.

Sob a ótica da TA, cada ação humana é impulsionada por um motivo, que se ancora em necessidades concretas do sujeito em interação com o mundo. No entanto, como afirma Engeström (1987), esses motivos não surgem de forma isolada: por trás do motivo, há sempre uma causa social. Essa compreensão amplia minha leitura sobre os caminhos trilhados, explicitando que os desejos educacionais que me impulsionam estão entrelaçados a dimensões sociais, históricas e culturais que configuram o campo educacional.

Ampliando esse entendimento, minha trajetória é constituída por elementos interdependentes que estruturam minha formação. A atividade, concebida como um sistema orientado por um objeto — no meu caso, a aprendizagem — organiza um conjunto de ações intencionais que visam à transformação desse objeto. Essa atividade, que se manifesta nas travessias e epifanias que moldaram minha identidade, é movida por contradições ou, nos termos de Souto (2013), por tensões que atuam como força motriz inerente à satisfação das minhas necessidades de crescimento, autonomia e pertencimento.

O resultado tem sido uma aprendizagem contínua, manifestada em crescimento e transformação tanto pessoal quanto intelectual. Os primeiros instrumentos dessa jornada foram os livros físicos, que, associados às interações sociais, ampliaram minha compreensão do mundo. A cada passo, um motivo se destacava, reverberando em uma pergunta fundamental: “Para que aprender?”, cujas respostas têm se desdobrado em ressignificações ao longo do tempo.

Minha comunidade sempre foi composta por aqueles que me inspiram e fortalecem: família, amigos, colegas e alunos. Foi em Pontes e Lacerda (MT) que minhas raízes ganharam forma, e minha infância foi engendrada por curiosidades e sonhos. Nessa cidade, as brincadeiras, desde tenra idade, anunciavam sinais da minha vocação para ensinar. Bonecas dispostas como alunas e colagens cheias de imaginação eram gestos ingênuos, mas carregados de uma força simbólica, esboçando, sem que eu soubesse, os contornos do meu futuro profissional.

A aprendizagem contínua, pilar da trajetória que venho construindo, foi marcada por caminhos não lineares e permeada por desafios. Nessa caminhada, rupturas e reinvenções impulsionaram meu processo de desenvolvimento. Em especial, a ausência inicial de estímulos à autonomia intelectual exigiu que eu elaborasse estratégias alternativas para aprender e ensinar. Com o tempo, os obstáculos se transformaram em novas formas de conhecer e pensar sobre o mundo e sobre mim mesma.

Ainda assim, inúmeras tensões manifestaram-se ao longo desse percurso. Entregar-se ao que não se entende foi um mergulho no desconhecido, repleto de inquietações. Tais forças

contraditórias marcaram minha trajetória e, ainda hoje, reverberam em mim, nos silêncios entre quem sou e quem esperavam que eu fosse, lembrando-me de que a transformação é, também, uma travessia interior.

Diante desse cenário, o medo de errar, entrelaçado à sensação de invisibilidade, acendeu em mim a busca por novas formas de existir e aprender. Foi no enfrentamento do desafio do meu primeiro seminário universitário que inaugurei meu voo em direção à aprendizagem expansiva.

Quantos miniciclones vivenciei e ainda vivencio! Cada fase da vida tem provocado reviravoltas internas, feitas de dúvidas, deslocamentos e reelaborações de sentidos. Um miniciclone, segundo Souto (2013, p. 223), com base em Souto e Borba (2013), é "marcado por dúvidas, questionamentos e autocríticas", marcas que reconheço em minhas próprias travessias educacionais.

Priorizando, na divisão do trabalho, o equilíbrio entre o individual e o coletivo, estou convencida de que o saber se constrói pela partilha e colaboração, fortalecendo não apenas o aprendizado, mas também as relações que viabilizam o crescimento mútuo.

Em 2002, ao revisitar minhas gavetas memoriais, recordações vieram à tona e orientaram minha escolha pela Pedagogia. Naquele mesmo ano, a aprovação no vestibular da Universidade do Estado de Mato Grosso (Unemat) abriu-me as portas para Cáceres (MT), onde o conhecimento se tornaria morada e horizonte. Imersa nesse contexto, aprofundei-me nas reflexões de Jean Piaget (1976), Lev Semionovitch Vygotsky (1984) e outros pensadores que ampliaram minha compreensão sobre os processos de aprendizagem.

Nesse extenso campo de ideias, percebi que ensinar suplanta a transmissão de saberes. Ensinar é decifrar o ato de aprender em sua essência, compreender os ritmos da mente e os impulsos da curiosidade. Consoante Paulo Freire (1996, p. 47), "Saber ensinar não é transferir conhecimentos, mas criar possibilidades para a sua produção ou a sua construção" .

Em 2006, concluí a graduação, levando comigo mais do que um diploma. O que antes era apenas um sonho tornou-se realidade: descobri-me renovada, afinal, mesmo quando tropeço nas palavras, é nelas que encontro asas para aprender a voar. Foi nesse voo que me encontrei com a palavra que me define: pedagoga.

Em 2011, alcancei a tão almejada meta: fui nomeada professora pedagoga após aprovação em concurso público do estado de Mato Grosso. De sonhadora, tornei-me guardiã das responsabilidades educacionais. Desde então, uma das maiores conquistas tem sido desenvolver e implementar estratégias inovadoras de ensino, capazes de ampliar o pensamento e despertar o olhar crítico dos pequenos estudantes em formação.

Uma inquietação acerca da melhor maneira de ensinar tem sido a minha bússola. O tempo, implacável, já celebrou o *debut* desse anseio, e hoje ele se harmoniza com a maturidade de quem reconhece que ensinar é um movimento perene de partilhar saberes.

Entrementes, em 2020, o curso do tempo assumiu um compasso diferente. A pandemia da covid-19 impôs um novo ritmo ao ambiente escolar, trazendo desafios que sucederam como ondas implacáveis: agravamento das desigualdades, entraves na aprendizagem, retrocessos educacionais, aumento da evasão escolar e escassez de dispositivos tecnológicos, tanto para os estudantes quanto para as próprias instituições de ensino.

Diante desse cenário, vi no caos um chamado à ação. Busquei refúgio e propósito na pesquisa, aprofundando-me no universo tecnológico e na busca por práticas pedagógicas inovadoras integradas às TD. Se o mundo estava em processo de transformação, a educação não poderia estagnar. Era imperativo reinventar, ressignificar, reconstruir. E assim, segui adiante, movida pelo desejo de alargar os limites para ensinar e aprender.

Em meio à tempestade, dediquei-me ao universo tecnológico, conhecendo cada vez mais suas possibilidades e desafiando meus próprios limites. No bojo desse contexto, atuei como alfabetizadora, reinventando-me entre aulas síncronas e assíncronas. Para isso, aprimorei meus conhecimentos sobre vários aplicativos e *softwares* educacionais, tornando-os aliados no processo de ensino. Entrementes, inúmeras vezes, ecos de ceticismo ressoaram ao meu redor, questionando a relevância da integração das TD no ambiente educacional.

Muitas vozes no espaço escolar semearam a dúvida, e reflexões compartilhadas nas formações pedagógicas imprimiram, como um selo indelével, o descrédito em relação às TD. Era como se o futuro se anunciasse à porta, mas poucos ousassem abri-la.

Nesse contexto, diferentes perspectivas e interesses coexistiam, pois cada pessoa enxergava, interpretava e agia a partir de suas próprias experiências, posições e objetivos. A esse fenômeno, Engeström (1987) chamou de “multivocalidade”, princípio que reconhece a diversidade de vozes como uma característica intrínseca dos sistemas de atividade.

No cotidiano escolar, testemunhei muitos colegas enfrentarem as telas e dispositivos com hesitação. O temor do erro, a resistência ao novo e a insegurança convertiam a tecnologia digital em um entrave, mais do que em uma força colaborativa.

A busca pelo saber dirigiu os meus passos. As experiências e desafios vividos reacenderam em mim o desejo de pesquisar, inovar e expandir horizontes. Motivada e encorajada por minhas amigas de trabalho, enfrentei um dos maiores desafios da minha jornada: no dia 14 de setembro de 2023, inscrevi-me no Mestrado *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM) de Barra do Bugres (MT). Cada etapa do processo seletivo

representou um degrau na escada do aprendizado, um verdadeiro rito de passagem que me conduziu, gradativamente, ao encontro do meu propósito.

Com a aprovação, ingressei no programa em 2024, iniciando uma etapa em que a ciência e a paixão pelo ensino moldam o momento presente e os caminhos futuros. Ao ingressar no programa de pós-graduação, tive a honra de ser orientada pela Profa. Dra. Daise Lago Pereira Souto, que me integrou ao GEPETD. Nesse ambiente, aprofundei conhecimentos e ampliei possibilidades, no qual cada conceito investigado está intrinsecamente ligado aos fundamentos da minha pesquisa.

A imersão no GEPETD expandiu minha visão sobre a importância das Tecnologias Digitais na Educação, com ênfase na Inteligência Artificial Generativa. O ambiente propiciou debates que transcendem as questões triviais, motivando reflexões profundas sobre o impacto das TD no ensino e na formação de professores. As ações desenvolvidas reforçaram a ampliação da minha compreensão, ao mesmo tempo em que delinearam direções essenciais para futuras pesquisas na área.

Nosso envolvimento ativo nesse espaço de reflexão e construção coletiva proporcionou oportunidades valiosas para práticas mais inovadoras com TD, enriquecendo esta minha pesquisa e consolidando suas bases teóricas e práticas. Mais do que um círculo acadêmico, uma dinâmica contínua de aprendizado e transformação.

Dessa forma, minha trajetória desdobra-se como um sistema vivo, no qual cada elemento interage em sinergia, mantendo o permanente ciclo de aprendizado e transformação. À semelhança da TA, sou resultado das conexões que estabeleço, dos instrumentos que utilizo e dos propósitos que me movem. Cada elemento, em sua complexidade, constitui um elo essencial na trama do meu existir. Atrevo-me a recorrer às palavras de Freire (1996, p. 54): “Afinal, minha presença no mundo não é a de quem nele se adapta, mas a de quem nele se insere”.

Desse modo, acredito que minha atuação, pautada na dedicação à educação, contribui para formar alunos autônomos, críticos e preparados para os desafios contemporâneos.

1.2 Estrutura da dissertação

Investigar é caminhar entre marcas silenciosas, vestígios deixados no chão da experiência, onde cada passo guarda uma pergunta ainda sem nome. Do latim *investigare*, nasce o gesto de quem mergulha *in vestigium*, não para concluir, mas para seguir a pista viva do que insiste em se esconder. É nesse movimento de busca, entre rastros, sentidos e procuras, que se

desenha o percurso desta pesquisa. Esta seção dedica-se à apresentação da estrutura que sustenta esta dissertação, concebida como um itinerário investigativo composto por seis capítulos interligados.

Na tentativa de me constituir como pesquisadora, cada palavra escrita busca representar o movimento de quem investiga, questiona e se deixa afetar pelo caminho. Cada capítulo tece, com intencionalidade, a construção do argumento central, articulando sentidos, teorias, procedimentos e análises de forma coesa. A Figura 1 apresenta, de maneira sintética, a organização dessa estrutura.

Figura 1 – Estrutura da dissertação



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A referida figura ilustra a arquitetura textual que organiza esta dissertação, concebida como o trajeto investigativo percorrido pela pesquisadora. Cada capítulo assume um papel estratégico na construção e aprofundamento da análise proposta. O primeiro capítulo inaugura o percurso, apresentando o panorama que fundamenta a investigação: delimita os objetivos, explicita a problemática central e contextualiza a trajetória acadêmico-profissional da pesquisadora, estabelecendo os marcos iniciais do estudo.

No segundo capítulo, apresenta-se a revisão de literatura, oferecendo uma análise abrangente das produções contemporâneas que abordam a integração da IA na aprendizagem, em especial no contexto da Educação Básica. Esse mapeamento possibilita identificar os caminhos investigativos já trilhados, bem como apontar direções promissoras para futuras pesquisas na área.

No terceiro capítulo, apresentam-se os pilares que estruturam esta investigação, com destaque para a trajetória das Tecnologias Digitais na Educação, suas transformações históricas e sua relevância nas práticas pedagógicas. Nessa travessia, consolida-se igualmente o referencial teórico que sustenta esta pesquisa, alicerçado nos princípios da TA, conforme formulada por Engeström (1987), e articulado ao S-H-C-M, segundo a perspectiva de Souto (2013), com ênfase nos movimentos de Transformações Expansivas.

"A trama das interfaces: caminhos metodológicos" compõe o quarto capítulo desta dissertação. Afinal, é no fazer da pesquisa que ela se materializa e, por isso, este capítulo se dedica a apresentar, de forma sensível e articulada, a abordagem metodológica que sustenta o estudo, destacando os caminhos percorridos na construção e análise dos dados.

Chega-se, assim, ao ponto em que os dados ganham voz: o quinto capítulo apresenta e analisa as evidências empíricas construídas ao longo da investigação. Nesse processo de imersão, a análise é guiada pela seguinte pergunta: "Como a utilização de um *e-book* interativo desenvolvido com Inteligência Artificial poderá influenciar o processo de aprendizagem dos alunos do 5º ano do Ensino Fundamental na disciplina de Ciências da Natureza na Escola Estadual Professor João Batista, localizada em Tangará da Serra (MT)?".

A análise empreendida baseou-se na proposta dos Miniciclones de Transformações Expansivas (Souto, 2013; Souto; Borba, 2013), que articula os fundamentos da TA ao construto S-H-C-M. Essa abordagem possibilita compreender os deslocamentos e interações dos participantes da pesquisa no interior do sistema de atividade, destacando os processos que impulsionam a construção coletiva do conhecimento.

No sexto capítulo, apresentam-se as considerações finais, construídas a partir da síntese dos dados analisados e das reflexões suscitadas no decorrer da investigação. Na sequência, são elencadas as referências que fundamentaram o estudo, seguidas dos apêndices, que contribuem para ampliar a compreensão do percurso investigativo desenvolvido.

2 REDES DIGITAIS E TRANSFORMAÇÕES EDUCACIONAIS COM A IA

Apresenta-se, nesta seção, a revisão de literatura destinada a mapear e analisar produções acadêmicas sobre a integração da IA voltadas à aprendizagem de Ciências da Natureza na Educação Básica, buscando compreender tendências, contribuições e lacunas teóricas presentes nesse campo de investigação. Os resultados do levantamento oferecem uma compreensão abrangente sobre as tecnologias inteligentes no processo de ensino, fornecendo subsídios para promover novas reflexões teóricas e práticas no âmbito educacional.

A realização desta investigação tem como objetivo compreender as produções científicas que investigam a integração da IA ao ensino de Ciências. Nesse processo, a revisão de literatura permite situar a pesquisa no cenário educacional contemporâneo e identificar como a IA vem sendo discutida nas práticas pedagógicas voltadas à aprendizagem científica. Conforme destacam Alves-Mazzotti e Gewandsznajder (1998, p. 180), ao realizar a revisão de literatura,

> [...] o pesquisador vai progressivamente conseguindo definir de modo mais preciso o objetivo de seu estudo, o que, por sua vez, vai lhe permitindo selecionar melhor a literatura realmente relevante para o encaminhamento da questão, em um processo gradual e recíproco de focalização.

A partir dessa perspectiva, compreende-se que a revisão de literatura constitui uma etapa essencial do processo investigativo, pois possibilita delimitar o foco do estudo e identificar as produções mais pertinentes ao tema em análise. Esse movimento analítico permite contextualizar a pesquisa, articulando-a a saberes já consolidados e a perspectivas teóricas previamente discutidas na área.

A esse respeito, a presente revisão fortalece a consistência teórica e metodológica da pesquisa, ao mesmo tempo em que assegura sua originalidade e contribuição efetiva para o avanço do conhecimento. Como destacam Galvão e Ricarte (2019, p. 58), esse tipo de revisão contribui para evitar a duplicação de investigações e beneficiam a ampliação ou reaplicação de pesquisas existentes em diferentes contextos e escalas, reforçando a produção do saber científico.

A pesquisa compreende o período de 2019 a 2024, selecionado em razão do crescimento expressivo das produções sobre IA na educação, especialmente após a ampliação da integração das TD em contextos escolares. Para tanto, foram definidas bases de dados reconhecidas como Catálogo de Dissertações e Teses da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível

Superior (Capes), Google Acadêmico e Fundação Getúlio Vargas (FGV), a partir das quais foram conduzidas as buscas com descritores específicos relacionados à temática.

Após a definição dos descritores e a realização das buscas nas bases de dados, os resultados foram analisados considerando os critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos. As produções que apresentavam afinidade com os objetivos desta pesquisa foram selecionadas para leitura exploratória. Esse processo permitiu identificar tendências, abordagens metodológicas e características recorrentes nas investigações sobre a integração da IA no ensino de Ciências da Natureza na Educação Básica.

Entretanto, considerando a escassez de estudos diretamente relacionados ao ensino de Ciências, especialmente nos anos iniciais, adotou-se como critério adicional a inclusão de pesquisas que tratam da integração da IA na Educação Básica de modo mais amplo, desde que apresentassem pertinência de diálogo com práticas pedagógicas e com a aprendizagem científica.

Na base da FGV, utilizou-se a busca avançada para cruzar descritores simultâneos. A busca pelo termo “IA” resultou em um total de sessenta publicações. Em seguida, a pesquisa foi refinada adicionando “IA” *AND* “Ensino de Ciências”, restringindo os resultados ao período mencionado e identificando o quantitativo de 21 publicações relevantes.

Após a leitura dos títulos, verificou-se que, dos 21 artigos inicialmente encontrados, dez não se centravam na modalidade de Educação Básica, sete estavam em duplicidade e alguns não estavam disponíveis para *download*. Assim, após a aplicação rigorosa dos critérios de exclusão, foram selecionados quatro estudos considerados pertinentes. Cumpre destacar, no entanto, que apenas um desses trabalhos versava especificamente sobre a aplicação da IA no ensino de Ciências no âmbito da Educação Básica.

No levantamento realizado na plataforma Capes, a busca inicial pelo descritor “IA” resultou em 273 produções. Após o refinamento por meio da combinação dos termos “IA” *AND* “Ensino de Ciências”, foram identificadas apenas duas publicações que atenderam aos critérios de inclusão previamente definidos, correspondentes a estudos sobre a aplicação da IA no ensino de Ciências na Educação Básica. Cumpre salientar, contudo, que somente uma dessas investigações apresentava vinculação direta com a aplicação da IA no ensino de Ciências no âmbito da Educação Básica.

Por fim, foi conduzida a etapa de busca no Google Acadêmico. A inserção inicial do termo “Inteligência Artificial” resultou em 621 publicações. Após o refinamento por meio da combinação com o descritor “Ensino de Ciências”, o sistema retornou oito trabalhos. Contudo,

embora um deles estivesse relacionado ao contexto da Educação Básica, nenhum abordava de forma direta a integração da IA ao ensino de Ciências nos anos iniciais.

Esse procedimento metodológico permitiu delimitar com precisão o conjunto de estudos analisados nesta revisão, que priorizou pesquisas recentes e diretamente relacionadas à aplicação da IA no ensino de Ciências. Esse processo contribui para tornar mais claro o escopo do estudo e definir os critérios utilizados na constituição do *corpus*. Com base nesse mapeamento inicial, é possível visualizar o conjunto de investigações disponíveis e identificar aquelas que dialogam de forma mais direta com os objetivos da pesquisa.

As informações coletadas foram organizadas e sistematizadas em quadros, possibilitando a visualização dos dados conforme base de origem, ano de publicação e área de enfoque. Na etapa seguinte, foi conduzida uma análise minuciosa das produções selecionadas, considerando os critérios de inclusão e exclusão previamente estabelecidos.

Os dados apresentados no Quadro 1 (próxima página) mostram o panorama inicial das publicações sobre a inserção da IA no contexto da Educação Básica, no período de 2019 a 2024. Observa-se que, entre as três bases consultadas (Capes, FGV e Google Acadêmico), o Google Acadêmico apresentou o maior número de resultados na busca inicial, totalizando 621 publicações com o descritor “IA”.

O referido quadro indica que, após o refinamento das palavras-chave incluindo combinações com “Ensino de Ciências” e “Educação Básica”, apenas sete trabalhos mantiveram correspondência direta com os critérios de seleção.

O refinamento das palavras-chave permitiu localizar apenas um conjunto reduzido de produções alinhadas aos critérios de seleção, o que orientou a constituição do *corpus* desta revisão. Mais do que apresentar números, esse processo destacou as especificidades metodológicas e os diferentes enfoques presentes nas pesquisas identificadas, permitindo situar com maior clareza quais tendências vêm se consolidando nas investigações sobre IA em contextos educativos.

Quadro 1 – Busca de publicações sobre a presença da IA no contexto da Educação Básica, no período de 2019 a 2024

Base de Dados	Palavras-chave		
	IA	"IA" AND "Ensino de Ciências"	"IA" AND "Educação Básica"
FGV	60	01	4
CAPES	273	02	
GOOLGLE ACADÊMICO	621	-	01
TOTAL	954	-	07

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Cumpre esclarecer que o Quadro 1 sistematiza os resultados brutos obtidos em cada etapa de busca. A seleção final das produções que mantiveram relação direta com o foco desta investigação foi realizada após a aplicação dos critérios e está apresentada nos Quadros 2 e 3. Nesta perspectiva, observa-se que a busca nas bases de dados FGV, Capes e Google Acadêmico foi realizada em três etapas, utilizando o operador booleano "*AND*" para a combinação dos descritores. Na primeira, utilizando apenas o termo "IA", foram encontrados 954 resultados no total, sendo sessenta na FGV, 273 na CAPES e 621 no Google Acadêmico.

Na segunda busca, utilizando o descritor "IA" AND "Ensino de Ciências", verificou-se uma redução expressiva no número de resultados. Após a aplicação dos critérios de seleção, apenas um estudo estabeleceu relação direta entre Inteligência Artificial e Ensino de Ciências, conforme indicado no Quadro 1. Esse dado torna mais nítidos os caminhos metodológicos que orientam a seleção do *corpus* desta revisão.

Posteriormente, na terceira etapa, ao empregar a combinação dos descritores "IA" *AND* "Educação Básica", foram identificadas sete publicações, distribuídas entre as bases FGV (4), Capes (2) e Google Acadêmico (1). Dessa triagem, foram selecionados quatro artigos científicos e três dissertações, que integraram o *corpus* de análise desta revisão, permitindo mapear as principais tendências e enfoques metodológicos identificados.

De maneira abrangente, observa-se que parte considerável dos estudos privilegia abordagens centradas na inovação didática ou no uso exploratório da IA, nem sempre articulando essas experiências às discussões sobre aprendizagem científica. Essa constatação reforça a relevância desta revisão ao apresentar caminhos já percorridos e indicar possibilidades

para novas investigações que considerem a IA como elemento educacional no ensino de Ciências da Natureza.

Apresenta-se, a seguir, o *corpus* da pesquisa, constituído por um conjunto de sete estudos: três dissertações e quatro artigos que destacam a presença da IA no contexto da Educação Básica. Na etapa seguinte, foi realizada a análise minuciosa e interpretação desses estudos, conforme expresso no Quadro 2.

Quadro 2 – Produções selecionadas sobre "A integração da Inteligência Artificial no contexto da Educação Básica", nas bases Google Acadêmico, FGV e Capes

Nº	Autor	Título	Base de Dados	Ano
01	SILVA, L.R.J. DA	HBot: Speaker Bot Educacional Baseado em Inteligência Artificial para o auxílio na realização de deveres de casa de alunos do Ensino Fundamental	CAPES	2019
02	MARQUES, V.C	Desenvolvimento de um tutor virtual inteligente para o ensino de Ciências baseado no movimento STEAM	FGV	2021
03	CARUSO & COSTA	Integração entre Pensamento Computacional e Inteligência Artificial: uma Revisão Sistemática de Literatura	GOOGLE ACADÊMICO	2021
04	MEIRINHOS	Práticas Educativas de Inteligência Artificial no 1º Ciclo do Ensino Básico	FGV	2022
05	JOHANN, G.S.R.	Construindo narrativas em co-criação com Inteligência Artificial na Educação Básica	FGV	2023
06	SILVA, M. C. DA SOUZA, P.V.S MAIA, J. R DANIEL GIRARDI. MONTEIRO, F. F.	A Revolução da Inteligência Generativa Artificial e o Aprendizado na Educação Básica: o caso do ChatGPT no contexto brasileiro	FGV	2023
07	SANTOS, Z. DOS N	Inteligência Artificial aplicada nas aulas de Ciências no Ensino Fundamental	CAPES	2024

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O quadro acima apresenta os sete estudos selecionados entre os anos de 2019 e 2024, distribuídos nas bases Capes, FGV e Google Acadêmico. Observa-se uma concentração de pesquisas voltadas aos anos finais do Ensino Fundamental, com ênfase em experiências com *chatbots*, assistentes virtuais e *softwares* educativos baseados em IA. O conjunto de produções analisadas reúne estratégias metodológicas diversas, voltadas à integração da Inteligência Artificial em contextos educacionais.

Concluído o mapeamento da literatura, procedeu-se à identificação dos autores e à análise dos títulos, resumos, introduções e considerações finais dos trabalhos selecionados. Os sete estudos localizados nos bancos de dados foram organizados de acordo com o ano de publicação, servindo de referência para as análises temáticas apresentadas nas seções seguintes.

Após a seleção e leitura exploratória das sete produções, foi organizada uma síntese contendo as principais informações de cada estudo — autor, título, metodologia e resultados —

possibilitando uma visão panorâmica das tendências, contribuições e enfoques predominantes nas pesquisas sobre a inserção da IA na Educação Básica, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Síntese dos estudos sobre a inserção da IA na Educação Básica (2019–2024)

Autor/Ano	Título	Resultados
Silva (2019)	HBot: Speaker Bot Educacional Baseado em Inteligência Artificial para o auxílio na realização de deveres de casa de alunos do Ensino Fundamental	Indicou a capacidade da IA para personalizar tarefas e ampliar o engajamento, apesar das limitações de idioma e variedade de atividades.
Marques (2021)	Desenvolvimento de um tutor virtual inteligente para o ensino de Ciências baseado no movimento STEAM	Apresentou tutor virtual para promover protagonismo e aprendizagem ativa, ainda que com foco técnico e sem aplicação empírica.
Caruso & Costa (2021)	Integração entre Pensamento Computacional e Inteligência Artificial: uma Revisão Sistemática de Literatura	Identificou estratégias de integração entre PC e IA e ressaltou a importância da ética digital e da formação crítica dos estudantes.
Meirinhos (2022)	Práticas Educativas de Inteligência Artificial no 1º Ciclo do Ensino Básico	Indicou a viabilidade pedagógica da IA no 1º ciclo, promovendo autonomia, colaboração e motivação nas atividades escolares.
Johann (2023)	Construindo narrativas em co-criação com Inteligência Artificial na Educação Básica	Apontou a IA como mediadora criativa e colaborativa na produção textual, estimulando engajamento e imaginação.
Silva, Souza, Maia, Girardi & Monteiro (2023)	A Revolução da Inteligência Generativa Artificial e o Aprendizado na Educação Básica: o caso do ChatGPT no contexto brasileiro	Assinalou percepções docentes sobre o ChatGPT e a carência de formação continuada para uso crítico da IA no ensino.
Santos (2024)	Inteligência Artificial aplicada nas aulas de Ciências no Ensino Fundamental	Enfatizou o papel humanista do professor e o potencial da IA para fortalecer autonomia e autoestima dos estudantes.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Os estudos sintetizados no referido quadro apresentam enfoques diversos sobre a inserção da IA na Educação Básica, variando de abordagens instrumentais a perspectivas pedagógicas mais amplas. Esse conjunto explicita a pluralidade de caminhos adotados pelos pesquisadores, contemplando diferentes modos de integrar a IA às práticas educativas e sinalizando a amplitude de possibilidades desenvolvidas no campo.

Concluída a sistematização dos dados, passa-se à análise das produções, buscando compreender como a IA vem sendo integrada às práticas relacionadas à aprendizagem científica e quais contribuições e limites emergem nesse processo. Essa leitura interpretativa permite reconhecer os sentidos atribuídos à presença da IA nos processos educativos e como essas pesquisas refletem transformações nas práticas pedagógicas contemporâneas.

2.1 A IA como campo emergente na educação científica

A incorporação da Inteligência Artificial à educação científica tem se configurado como um campo emergente, assumindo papel de referencial central para compreender as transformações no ensino de Ciências**.** Nesse sentido, o processo de interpretação das produções

selecionadas possibilita identificar diferentes modos de inserção da IA na Educação Básica, destacando contribuições e limites observados nas dinâmicas de ensino e aprendizagem.

A partir desse panorama, o estudo de Silva (2019) enfatiza dimensões mais operacionais da tecnologia, ao concentrar-se na modelagem do sistema, em sua arquitetura e nas funcionalidades do assistente virtual, e a partir de seus resultados, a investigação inaugura discussões relevantes **s**obre a incorporação de assistentes inteligentes às práticas educativas.

Nesse contexto, o estudo analisou a inserção de um *speaker bot* educacional para apoio a alunos do Ensino Fundamental, atestando a capacidade desses sistemas de personalizar tarefas e incentivar o engajamento, sobretudo em atividades de reforço escolar. Mesmo focalizando funcionalidades técnicas, o trabalho oferece indícios importantes sobre a integração inicial da IA em ambientes de aprendizagem individualizada, abrindo caminhos para abordagens pedagógicas mais consistentes nos anos seguintes.

A partir desse cenário inicial, observa-se que as perspectivas predominantemente instrumentais ainda orientam grande parte das produções sobre IA na educação, o que suscita reflexões sobre o papel das tecnologias na formação científica dos estudantes. Entre os estudos analisados, emergem iniciativas incipientes de aproximação entre IA e ensino de Ciências, destacando-se, sobretudo, as contribuições de Marques (2021), com o desenvolvimento do STEAMBot, e de Santos (2024). Tais pesquisas, embora com escopo restrito, apresentam possibilidades concretas de integrar TD a práticas de alfabetização científica, apontando caminhos promissores para futuros aprofundamentos.

Nesse debate, Mamede e Zimmermann (2005) acrescentam que, além de compreender conceitos científicos, é essencial que o estudante interaja criticamente com os saberes no cotidiano. Sob essa ótica, o ensino transcende a memorização ou aplicação automática de informações, envolvendo a percepção de como esses conhecimentos se articulam à vida social e contribuem para a formação do cidadão. Essa perspectiva destaca a necessidade de que tecnologias educacionais, inclusive a IA, sejam integradas a partir de propostas pedagógicas intencionais e contextualizadas.

Em razão disso, a apropriação crítica das TD torna-se elemento essencial para o desenvolvimento de competências científicas, ao incentivar a compreensão de suas capacidades pedagógicas e sua mobilização como possibilidades que ampliam formas de expressão, intervenção e investigação no processo de aprendizagem. A articulação de diferentes mídias digitais, incluindo a IA no ensino, exige práticas que promovam reflexão, autonomia e engajamento intelectual, alinhando-se à perspectiva de uma educação científica abrangente e consistente.

Em diálogo com essa abordagem, a dissertação de Marques (2021), que propõe o desenvolvimento de um tutor virtual inteligente para o ensino de Ciências, alinhado ao movimento STEAM. A pesquisa resultou no STEAMBot, um assistente virtual baseado em IA criado para apoiar estudantes e professores dos anos finais do Ensino Fundamental. Inserida no campo das tecnologias educacionais emergentes, a investigação buscou articular princípios STEAM ao *design* de soluções digitais voltadas à aprendizagem científica.

No que se refere às características do protótipo, o STEAMBot foi concebido como um tutor virtual inteligente, capaz de oferecer suporte individualizado, personalização e estímulo à autonomia discente. O desenvolvimento tecnológico atingiu seu propósito inicial, resultando na criação de uma interface funcional. Contudo, sua aplicação prática junto aos estudantes e professores não pôde ser realizada devido às restrições impostas pelo contexto da pandemia, reduzindo as possibilidades de avaliar plenamente sua capacidade pedagógica na prática.

Essa limitação expõe um desafio recorrente nas pesquisas sobre IA na educação: a distância entre o desenvolvimento técnico dos recursos e sua inserção pedagógica concreta. Como argumenta Kenski (2015), o valor educacional das tecnologias não reside apenas em sua existência ou sofisticação, mas em sua integração intencional, contextualizada e orientada ao processo de aprendizagem, condição que o estudo de Marques (2021) não pôde contemplar plenamente devido às circunstâncias excepcionais do período pandêmico.

As TD, conforme Anschau (2023) e Souto (2024), têm impulsionado transformações consideráveis no campo educacional. Para Borba (2014, p. 42), “as tecnologias digitais móveis internet, celular, tablet estão modificando as normas que vivemos [...], e o abismo entre as práticas fora e dentro da escola aumenta”. Nessa perspectiva, Freire (1996) defende a superação do ensino tradicional e a promoção de experiências educacionais que incentivem a reflexão crítica e a emancipação do pensamento.

As reflexões apresentadas até aqui indicam que as primeiras experiências com IA concentraram-se em abordagens instrumentais e no desenvolvimento de protótipos tecnológicos, com avanços pontuais na personalização e na promoção da aprendizagem. Embora existam iniciativas voltadas ao ensino de Ciências, observa-se que, em muitos casos, essas produções não aprofundam suas especificidades especialmente nos anos iniciais. Ainda assim, oferecem referenciais relevantes para compreender a inserção da IA na Educação Básica e subsidiar discussões teóricas sobre suas implicações pedagógicas, inclusive aquelas que dialogam com processos de aprendizagem científica.

A partir desse cenário, emergem novas pesquisas interessadas em compreender como a Inteligência Artificial pode ser integrada a práticas pedagógicas mais amplas e interdisciplinares, articulando-se ao pensamento computacional e à formação crítica dos estudantes. Nesse contexto, o estudo de Caruso e Costa (2021) amplia a discussão ao analisar de que modo essas dimensões se entrelaçam no campo educacional contemporâneo.

De modo mais detalhado, a revisão sistemática intitulada “Integração entre pensamento computacional e Inteligência Artificial: uma revisão sistemática de literatura” analisa as interfaces entre essas áreas, destacando a importância de preparar estudantes para um mundo digital ético e socialmente responsável. A revisão identificou três abordagens principais: o ensino de PC com IA como recurso (EPC), o ensino de IA baseado no PC (EIA) e a aplicação da IA como estratégia de avaliação do desenvolvimento do PC (APC).

A análise da integração entre pensamento computacional e Inteligência Artificial ressalta que habilidades do PC, como abstração, decomposição e pensamento algorítmico, constituem base importante para a compreensão dos fundamentos da IA, aspecto indicado por Caruso e Costa (2021) em sua revisão sistemática. A partir dessa compreensão técnica, amplia-se a possibilidade de desenvolver, em articulação com outras perspectivas teóricas, uma formação mais consciente acerca das implicações sociais e éticas das tecnologias digitais, dimensão enfatizada por Vicari (2021) e Pérez-Gómez (2017).

Esse panorama reforça o cenário anteriormente apontado, no qual, apesar dos avanços, observa-se que parte dos estudos analisados ainda possuem fragilidades teóricas ao compreender a IA como parceira ativa na produção de conhecimento, predominando enfoques instrumentais. Como consequência, essa limitação repercute nos desafios docentes para integrar pedagogicamente as tecnologias digitais. Conforme Borba e Penteado (2010), as dificuldades não se restringem ao domínio técnico, mas envolvem modos de entender o papel das mídias nos processos de ensinar e aprender. Assim, a inserção da IA no currículo demanda não apenas formação técnica, mas também reflexão pedagógica e teórica que sustente sua integração crítica.

Em continuidade a essa perspectiva aplicada, outras pesquisas recentes voltadas à Educação Básica têm buscado compreender como a IA pode ser incorporada às práticas pedagógicas desde os primeiros anos escolares. É o caso do estudo de Meirinhos (2022), que aborda a introdução de práticas educativas de IA no 1º Ciclo do Ensino Básico, explorando seus efeitos sobre a autonomia e a colaboração entre os alunos.

As práticas propostas mostraram-se criativas e interativas, integrando a IA de modo pedagógico às atividades de aprendizagem. Tais ações ampliaram a autonomia dos estudantes

e explicitaram a capacidade dos sistemas inteligentes de fomentar experiências colaborativas e aprendizagens ativas, contribuindo para o desenvolvimento de competências cognitivas e socioemocionais.

Apesar das contribuições, o estudo mantém caráter empírico e exploratório, carecendo de maior aprofundamento teórico sobre os processos cognitivos implicados. Ainda assim, seus resultados corroboram a importância de compreender a IA como elemento pedagógico capaz de reorganizar práticas de ensino e motivar novas formas de interação no contexto da Educação Básica.

Sob essa ótica, nas discussões sobre o papel pedagógico da IA na Educação Básica, observa-se um movimento de ampliação das investigações em direção às experiências diretas dos estudantes. Após os avanços identificados por Meirinhos (2022) na integração da IA a práticas colaborativas e autônomas, emergem estudos que exploram sua atuação em contextos criativos e multimodais. Nessa perspectiva, o trabalho de Johann (2023) constitui uma contribuição relevante ao examinar a cocriação de narrativas com o ChatGPT, destacando a articulação entre tecnologia, imaginação e produção coletiva do conhecimento.

Nesse estudo, intitulado “Construindo narrativas em co-criação com Inteligência Artificial na Educação Básica”, aprofunda-se a discussão ao deslocar o foco para a experiência dos estudantes, analisando como o diálogo com o ChatGPT em atividades de cocriação pode motivar o pensamento crítico e a criatividade. A investigação, de natureza qualitativa, envolveu 34 alunos do 4º ano do Ensino Fundamental e utilizou o método cartográfico de pesquisa-intervenção de Passos, Kastrup e Escóssia (2020).

Considerando essa concepção teórica, Johann (2023) destaca a fala do aluno A3 “O ChatGPT precisa das nossas ideias para pensar” como indício de que, na percepção do estudante, a IA depende das contribuições humanas para operar. Nesta pesquisa, tal formulação é interpretada à luz do Sistema Seres-Humanos-Com-Mídias, o que permite compreender a interação como um processo de coprodução do conhecimento entre estudantes e mídia digital.

Dessa forma, a interação configura um processo de cocriação marcado pela complementaridade entre estudante e mídia digital. Em consonância com essa perspectiva, Souto (2013), ao conceber o sistema S-H-C-M, entende a mídia como agente na produção do conhecimento, e não apenas como suporte. Assim, ao “pensar com” essas tecnologias, os estudantes reorganizam ideias, testam hipóteses e revisam conjecturas. Desse movimento emergem processos intelectuais compartilhados, que fortalecem a elaboração coletiva do conhecimento.

Os resultados alcançados nas produções textuais indicam que essa abordagem contribuiu para maior autonomia e cooperação entre estudantes e sistemas de Inteligência Artificial, o que se expressou na fluidez das interações e na elaboração mais criativa das histórias. Com isso, a cocriação de narrativas com o ChatGPT indicou um aumento considerável no engajamento dos estudantes em atividades de leitura e escrita, proporcionando um ambiente multimodal que suscitou a imaginação e a criatividade.

De modo mais amplo, os estudos revisados sobre IA na Educação Básica têm mobilizado diferentes possibilidades pedagógicas, incluindo práticas de cocriação, pensamento computacional e produção multimodal. Pesquisas como as de Caruso e Costa (2021) e Meirinhos (2022) indicam que a IA pode contribuir com processos de investigação, argumentação e produção de sentidos, ampliando o engajamento dos estudantes em propostas que articulam diferentes formas de expressão.

Embora os estudos analisados não se concentrem diretamente no ensino de Ciências da Natureza, ainda assim mobilizam competências como interpretação, argumentação e resolução de problemas, que se articulam ao letramento científico (Sasseron; Carvalho, 2008). Assim sendo, essas produções oferecem referenciais importantes para compreender maneiras pelas quais a IA pode contribuir para práticas investigativas nos anos iniciais.

Nesse contexto, nos anos iniciais do Ensino Fundamental, o ensino de Ciências organiza-se em torno de conceitos que contribuem para que as crianças possam interpretar fenômenos naturais e compreender relações essenciais da vida. Conforme Sasseron e Carvalho (2008) e a BNCC (2018), esses conceitos envolvem observar regularidades, identificar causas e efeitos e analisar interações entre seres vivos e ambiente. Essa estrutura orienta práticas que suscitam curiosidade, argumentação e pensamento crítico, fortalecendo a alfabetização científica desde os primeiros anos escolares.

Com base nesses princípios, torna-se essencial compreender de que maneira a IA pode dialogar com as práticas investigativas próprias das aulas de Ciências. Mídias digitais integradas, como a IA, podem ampliar as oportunidades de experimentação, simulação e representação de fenômenos, contribuindo para que os estudantes elaborem explicações mais robustas e participem de experiências de investigação científica. Assim, a compreensão dos conceitos estruturantes da área permite analisar com maior precisão as possibilidades da IA para enriquecer as práticas de ensino de Ciências nos anos iniciais, especialmente em temas como cadeia alimentar e relações ecológicas.

Nessa direção, ao dialogar com práticas investigativas do ensino de Ciências, a integração da Inteligência Artificial nos anos iniciais pode assumir caráter investigativo,

multimodal e formativo, articulando registros em diferentes linguagens, uso de dados e representação de fenômenos. Embora a BNCC Computação (MEC, 2022), como documento curricular, não faça menção direta à Inteligência Artificial, suas orientações sobre pensamento computacional, cultura e mundo digital oferecem uma base conceitual relevante para o trabalho com tecnologias digitais no currículo escolar.

De forma complementar, a Nota Técnica BNCC Computação e Inteligência Artificial (MEC, 2023) orienta as redes de ensino a aprofundarem o trabalho com IA de modo transversal e alinhado à BNCC Computação (MEC, 2022). O documento organiza dimensões estruturantes de aprendizagem, como letramento em IA e reflexão crítica sobre dados, oferecendo respaldo normativo e pedagógico para a inserção intencional da IA no currículo da Educação Básica. Desse modo, a IA passa a contribuir para os processos de produzir, organizar e interpretar conhecimentos em atividades escolares.

No âmbito das práticas escolares, as orientações curriculares ganham forma a partir das experiências e percepções dos docentes, que atuam na integração das tecnologias no cotidiano da sala de aula. Assim, compreender como professores percebem o uso da IA torna-se etapa complementar à análise curricular.

Diante dessas considerações, torna-se relevante conhecer as percepções docentes sobre IAG. Nesse sentido, o estudo de Silva *et al.* (2023) amplia a discussão sobre a Inteligência Artificial Generativa ao investigar as percepções docentes acerca do ChatGPT no ensino de Física. A pesquisa analisa como essa tecnologia pode influenciar a aprendizagem e a formação de alunos da Educação Básica, considerando impactos éticos, pedagógicos e estruturantes da integração da IA em sala de aula.

A investigação envolveu 507 professores de diferentes regiões do Brasil, entre mestrandos e egressos do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Os resultados mostraram que a maioria reconhece a alta performance do ChatGPT e aponta indícios de sua influência nas dinâmicas de aprendizagem, embora permaneçam dúvidas quanto aos impactos positivos ou negativos dessa atuação.

Destaca-se também que a falta de formação continuada limita a integração crítica e criativa da tecnologia nas práticas pedagógicas. Torna-se essencial investir em processos educacionais que apoiem os docentes na incorporação qualificada das TD ao contexto escolar. Conforme destaca Lima (2001, p. 32), “a formação contínua deve promover reflexão e oferecer base teórica que sustente práticas docentes criativas e contextualizadas”.

Retomando o debate sobre o ensino de Ciências, Santos (2024) aprofunda a reflexão sobre o papel do professor diante da IA, articulando-a a uma pedagogia humanista inspirada em

Carl Rogers. A pesquisa mostra que práticas pedagógicas integradas com a IA podem fortalecer a autonomia e a autoestima dos estudantes, reformulando o sentido da atuação docente em sala de aula.

Com base em uma revisão bibliográfica e em relato de experiência prática, o estudo investiga como a integração da inteligência artificial, orientada por uma perspectiva pedagógica reflexiva, pode tornar o ensino mais dinâmico e atrativo nos anos finais do Ensino Fundamental. Ao articular tecnologia e humanismo**,** Santos (2024) propõe uma orientação que valoriza o diálogo, a escuta sensível e o protagonismo discente, reposicionando o professor como agente formador no processo de aprendizagem.

Em síntese**,** os resultados de Silva et al. (2023) indicam que professores da Educação Básica reconhecem a capacidade do ChatGPT de influenciar processos de aprendizagem e formação discente, ao mesmo tempo em que manifestam preocupações relacionadas ao uso ético, à avaliação e à necessidade de formação continuada para sua integração pedagógica. Esses dados sugerem que a presença da Inteligência Artificial Generativa no contexto escolar ainda se encontra em fase inicial de incorporação, marcada mais por percepções e reflexões docentes do que por práticas consolidadas.

Embora os resultados indiquem ganhos pedagógicos e afetivos, Santos (2024) adota uma perspectiva instrumental da inteligência artificial, compreendendo-a como recurso pedagógico de apoio ao processo de aprendizagem. Em contraste, Souto (2013, p. 112) fundamenta-se em uma perspectiva sociocultural, segundo a qual, “ao pensar com as mídias, as pessoas reconfiguram modos de compreender e produzir conhecimento”. Nessa abordagem, a IA é concebida como coautora do processo educativo, atuando como elemento ativo na elaboração do conhecimento.

Nessa perspectiva, a disputa epistemológica em torno da Inteligência Artificial na educação não se restringe à forma de integrá-la ao currículo, mas incide sobre o tipo de aprendizagem que se pretende promover. Enquanto abordagens instrumentais tendem a compreender a IA como recurso de apoio às atividades pedagógicas, perspectivas socioculturais a concebem como participante ativa na produção de conhecimentos, reconfigurando modos de pensar, registrar e interpretar o mundo.

A partir desse referencial teórico, a tecnologia se configura não apenas como ferramenta, mas como parte dos processos cognitivos e interacionais da aprendizagem. O foco desloca-se, assim, para a qualidade das experiências dos estudantes, especialmente na formação de sentidos e na investigação. Valoriza-se a elaboração de registros em múltiplas linguagens como forma de expressão e compreensão. Nesse contexto, a abordagem aproxima-se da aprendizagem

científica nos anos iniciais, ao favorecer práticas investigativas e a produção de conhecimentos sobre os fenômenos estudados.

No conjunto dos estudos revisados nesta investigação, conforme sistematizado no Quadro 3, observa-se que a inserção da Inteligência Artificial no contexto educacional tem ampliado repertórios pedagógicos e reformulado o papel do professor, que passa a atuar de forma mais crítica e reflexiva nos processos de aprendizagem. Esses dados indicam que a presença da IA, quando articulada a propostas pedagógicas intencionais, contribui para diversificar estratégias didáticas e fomentar interações mais dialógicas, ainda que sua integração às práticas escolares se encontre em fase inicial de consolidação.

Nos estudos analisados, a IA é majoritariamente concebida sob uma perspectiva instrumental, vinculada ao uso de chatbots, tutores inteligentes e sistemas adaptativos. Já o referencial teórico que orienta esta pesquisa compreende a IA como participante ativa na produção do conhecimento, configurando uma tensão conceitual entre o corpus empírico e a base epistemológica adotada.

Esse contraste se materializa em estudos como os de Caruso e Costa (2021), voltados ao desenvolvimento do pensamento computacional e das competências digitais, e o de Meirinhos (2022), que centra sua análise na aprendizagem dos estudantes e na introdução gradual da IA no 1º Ciclo do Ensino Básico (CEB), destacando o envolvimento, a autoria e a criatividade nas atividades desenvolvidas.

Exposta tais vertentes teóricas, Borba e Villarreal (2005) propõem uma visão ampliada na qual humanos e mídias formam coletivos que transformam mutuamente a atividade educativa, tensionando concepções mais tecnicistas. Essa comparação indica que a disputa epistemológica não se restringe a como “integrar” a IA, mas ao “que tipo de aprendizagem” ela possibilita, aspecto fundamental para compreender seus sentidos no ensino de Ciências.

Embora nenhum dos trabalhos analisados trate diretamente de estratégias educativas com o e-book interativo produzido com IA, as pesquisas apresentadas contribuem, em diferentes graus, para compreender sua presença e aplicação no contexto educacional. Entre elas, destacam-se dois estudos que dialogam com o ensino de Ciências: Marques (2021) e Santos (2024), ambos desenvolvidos com turmas dos anos finais do Ensino Fundamental.

Por outro lado, Meirinhos (2022) e Johann (2023) realizaram investigações envolvendo estudantes dos anos iniciais, ainda que sem foco específico no ensino de Ciências. Esse panorama atesta que a articulação entre IA e aprendizagem científica nos anos iniciais permanece pouco explorada, confirmando, assim, a relevância do presente estudo.

A integração das Tecnologias Digitais na educação, especialmente da Inteligência Artificial, desloca o debate do simples acesso a ferramentas para a centralidade da formação docente. No Ensino de Ciências, essa formação continuada é fundamental para que o professor desenvolva não apenas domínio técnico, mas competências pedagógicas, críticas e investigativas. É a partir desse processo educativo que as tecnologias podem contribuir de maneira crítica à produção do conhecimento, deixando de ocupar um lugar periférico como recursos isolados. Assim, a qualidade da inserção da IA nas práticas científicas infantis relaciona-se diretamente às oportunidades de formação oferecidas aos docentes.

Ao transpor essa discussão para os anos iniciais do Ensino Fundamental, essa demanda torna-se ainda mais sensível, pois os estudantes estão em fase de produção de conceitos, linguagens e modos de pensar sobre o mundo natural. A orientação pedagógica em Ciências exige intencionalidade, problematização e compreensão do desenvolvimento infantil, o que demanda preparo específico para integrar a IA nesse contexto. Sem formação continuada adequada, há risco de uso superficial ou meramente instrumental da tecnologia. Desse modo, investir na formação docente em TD e IA constitui elemento estratégico para que a inovação tecnológica se converta em avanço efetivo na aprendizagem científica.

Diante dessa conjuntura, ao sustentar essa perspectiva teórica-metodológica, a presente pesquisa amplia as possibilidades de análise e intervenção pedagógica ao integrar as TD, em especial a IA, na produção do *e-book* interativo intitulado “Energia em ação: cadeia alimentar com IA” (Apêndice A). Essa experiência prática, voltada para estudantes dos anos iniciais, responde diretamente às lacunas da literatura e dialoga com concepções de Souto (2013) e Borba (1999), que entendem a aprendizagem científica como um processo coletivo e transformador entre humanos e mídias.

Assim, as análises realizadas nesta revisão permitiram identificar que a integração entre IA e práticas pedagógicas ainda carece de aprofundamento teórico, especialmente quanto à sua dimensão epistemológica e às transformações conceituais que promove nos processos de aprender. Diante disso, torna-se necessário compreender as bases conceituais que sustentam esta investigação. O próximo capítulo, então, apresenta a urdidura teórica que entrelaça vida, saber e tecnologia, delineando os princípios que orientam a compreensão das interações entre humanos e mídias no contexto educativo contemporâneo.

3 URDIDURA TEÓRICA: VIDA, SABER E TECNOLOGIA

Nesta seção, abordam-se os pilares que sustentam esta pesquisa, com foco nas Tecnologias Digitais na Educação, especialmente a IA, considerada um dos principais fundamentos teóricos da investigação em virtude de sua relevância para o ensino contemporâneo de Ciências. Na sequência, apresenta-se o referencial teórico que sustenta este estudo, com ênfase na Teoria da Atividade (TA), desenvolvida por Engeström (1987), e na sua articulação com o sistema S-H-C-M, concebido por Souto (2013). A seção aborda a influência das mídias nas práticas humanas e destaca os miniciclones como forças propulsoras de transformações ativas no processo de aprendizagem.

3.1 Travessias das Tecnologias Digitais na Educação

As TD, no âmbito educacional, vão além da mera inserção de artefatos tecnológicos no cotidiano escolar. Elas desafiam os paradigmas convencionais da prática docente, promovendo transformações nas formas de ensinar e aprender e exigindo uma ressignificação dos papéis tradicionalmente atribuídos a professores e estudantes. No contexto da Educação Básica, essa travessia adquire relevância singular, à medida que as TD possibilitam práticas pedagógicas mais interativas, investigativas e reflexivas, ampliando as possibilidades de aprendizagem.

No que diz respeito às TD, é importante reconhecer que elas estão em constante evolução, sendo necessário observar algumas tendências tecnológicas para o ensino e a aprendizagem, como a inserção ampliada de ambientes virtuais, vídeos interativos e recursos multimodais (Müller, 2015). Tais tendências sinalizam uma mudança de paradigma, em que as TD passam a ocupar um papel estruturante nas práticas pedagógicas contemporâneas.

Diante dessa evolução contínua, compreender como as TD se desenvolveram no campo educacional ao longo do tempo torna-se essencial. Esse conjunto de tendências e transformações pode ser melhor compreendido à luz da trajetória histórica das Tecnologias Digitais na Educação, descrita em cinco fases por Borba, Silva e Gadanidis (2014) e ampliada por Borba, Souto e Canedo Junior (2022).

A primeira fase, iniciada nos anos 1980, é marcada pela introdução do *software* “Logo”, cuja proposta defendia a ideia de que a programação poderia contribuir para o desenvolvimento da inteligência em diferentes campos do saber. A segunda fase surgiu por volta dos anos 2000, com a disseminação de *softwares* voltados para conteúdos específicos, eliminando a necessidade de programar.

Com o avanço da *internet* no início do século XXI, tem início a terceira fase, caracterizada pela interação entre os usuários e a rede. Em 2014, a quarta fase se consolida com a ampliação do acesso à *internet* de qualidade, o que possibilita a integração de vídeos com elementos multimodais nas práticas pedagógicas.

Por fim, a quinta e mais recente fase emergiu de maneira inesperada em 2020, como consequência da pandemia causada pelo vírus SARS-CoV-2. Esse contexto desafiador levou os educadores a repensar suas práticas pedagógicas e a buscar novas abordagens de ensino com a inserção das TD, culminando na adoção do ensino remoto e na intensificação de estratégias envolvendo vídeos educacionais — transformando telas em salas de aula e gravações em pontes para o conhecimento.

Esse movimento mostrou o papel central das TD nas práticas pedagógicas contemporâneas. Como afirmam Borba, Souto e Canedo Junior (2022, p. 28):

> Logo, Winplot, internet, internet rápida e SARS-CoV-2 parecem ser palavras-chave das cinco fases das tecnologias digitais em Educação Matemática. A intensificação do uso de tecnologias digitais em Educação Matemática durante a pandemia foi algo extraordinário do ponto de vista quantitativo. Colegas, Professores, em todos os níveis foram forçados, devido ao poder de ação do vírus, a pensar em usar mesas digitais, ambientes virtuais de aprendizagem, redes sociais e vídeos para ensinar. Isso é bom ou ruim? Difícil responder, mas é certo que a situação pandêmica forçou a utilização das tecnologias digitais por todos, praticamente.

Esse movimento mencionado no fragmento anterior revelou o reposicionamento das TD como protagonistas no campo educacional. Em contextos emergenciais, como o vivenciado durante a pandemia, elas ultrapassaram a função de suporte e se consolidaram como componentes centrais das práticas pedagógicas.

A partir dessa constatação, é possível aprofundar a compreensão sobre o papel das TD no processo de ensino-aprendizagem, retomando referenciais teóricos que fundamentam sua integração pedagógica. No contexto pós-pandêmico, observa-se uma intensificação na disseminação das TD, que tem provocado transformações relevantes na forma como se comunica, pensa e interage com o mundo.

Os estudantes da atualidade estão imersos em um ambiente permeado por múltiplas tecnologias — como *notebooks*, *tablets*, *smartphones*, *internet*, jogos eletrônicos *on-line*, *e-mails* e redes sociais —, que influenciam diretamente suas experiências, modos de aprendizagem e relações sociais.

Diante desse cenário altamente conectado, torna-se fundamental compreender como essas tecnologias podem ser mobilizadas intencionalmente no contexto educacional. Em

essência, as TD ampliam as possibilidades de aprendizagem ao fortalecer a educação como espaço ativo de construção do saber. Valente (1999) destaca que a mudança pedagógica não depende apenas da inserção tecnológica, mas da transformação das práticas docentes.

Vale ressaltar que a integração crítica e criativa das TD é essencial para gerar aprendizagens de qualidade. Um dos grandes desafios está em articulá-las de forma reflexiva às propostas de ensino, considerando as desigualdades de acesso que ainda atravessam muitas realidades escolares.

A esse respeito, ao refletir sobre a inserção das tecnologias digitais na Educação Básica, é fundamental discutir o conceito de tecnologias e, especialmente, de tecnologias digitais. Segundo Kenski (2007, p. 15-24), as tecnologias acompanham a história da humanidade desde os seus primórdios, sendo fruto da engenhosidade humana. No contexto pós-pandêmico, observa-se uma intensificação na disseminação das TD, que provocou transformações relevantes nos processos educativos e nas práticas sociais, impactando diretamente modos de comunicação, pensamento e interação.

Nesse prisma, a autora define tecnologia como "[...] o conjunto de conhecimentos e princípios científicos que se aplicam ao planejamento, à construção e à utilização de um equipamento em um determinado tipo de atividade". No campo educacional, essa concepção amplia a compreensão das TD, de forma a assumirem um papel ativo e transformador nos processos educativos.

Diante dessa compreensão ampliada do papel das TD, cabe destacar o papel do professor na ação educativa. Uma das possibilidades de promover transformações relevantes mediante a integração das TD está vinculada à postura do professor frente à sua própria formação. Quando engajado na busca contínua por conhecimento, o docente amplia seus horizontes e, ao expressar abertura e curiosidade diante de novas abordagens de ensino, contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico do estudante, conforme argumenta Oliveira (1997).

Mais do que manipular artefatos ou operar *softwares*, é necessário que o educador compreenda os sentidos pedagógicos atribuídos às tecnologias digitais. Quando utilizadas de forma crítica e criativa, elas deixam de ser meros instrumentos e passam a compor práticas de aprendizagens críticas, contextualizadas e conectadas aos desafios contemporâneos da educação.

Assim, a formação continuada e o engajamento ativo dos educadores configuram-se como pilares fundamentais para a integração crítica das tecnologias digitais na educação. Trata-se de superar uma lógica instrumental para adotar uma perspectiva pedagógica que valorize o protagonismo docente, a produção estudantil e o pensamento investigativo no ambiente escolar.

No contexto digital contemporâneo, os estudantes deixam de ser apenas receptores de informação para se tornarem protagonistas na construção do conhecimento, utilizando múltiplas linguagens como textos, vídeos, animações e podcasts para expressar ideias, investigar temas e compartilhar aprendizagens.

Nesse cenário, os *softwares* educativos atuam como importantes aliados no processo de ensino-aprendizagem, ao disponibilizarem uma variedade de situações, procedimentos e representações simbólicas que propiciam a compreensão de conceitos em diferentes áreas do saber. Como destaca Bona (2009, p. 36), essas tecnologias apresentam grandes possibilidades para atender diversos conteúdos das disciplinas escolares.

Dessa forma, investir em propostas que incorporem *softwares* nas disciplinas constitui uma alternativa relevante, pois colabora tanto com a prática docente quanto com os processos de aprendizagem dos estudantes. Esses artefatos digitais, quando utilizados adequadamente, podem promover o desenvolvimento do raciocínio lógico, da autonomia e da habilidade de formular hipóteses, entre outras competências essenciais no contexto pedagógico.

A partir da discussão anterior, torna-se fundamental destacar que a inserção das TD na sala de aula poderá contribuir para a construção do conhecimento, desde que não se limite a uma aplicação domesticada. Como afirmam Borba e Penteado (2001), isso requer superar práticas controladas ou meramente instrumentais. Complementarmente, estudos indicam a necessidade de uma adoção crítica e criativa dessas tecnologias, de modo que se tornem aliadas na produção ativa de saberes (Borba; Lacerda, 2015).

No contexto da Educação Básica, as tecnologias digitais podem ser compreendidas além da esfera instrumental, ou seja, como elementos que reconfiguram práticas pedagógicas e promovem novas formas de aprender, ensinar e interagir. A BNCC (2018) reconhece essa dimensão ao afirmar como uma de suas competências gerais a importância de

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

Essa diretriz ressalta a necessidade de integrar as TD de forma crítica e criativa, promovendo o desenvolvimento de competências nas quais o estudante assume o papel de protagonista no cenário pedagógico, atuando de maneira ativa e reflexiva na construção do próprio conhecimento.

3.2 IA na educação: um breve histórico

O desenvolvimento da IA ao longo do século XX e início do XXI representa uma das mais expressivas transformações nas interações entre seres humanos e máquinas. A trajetória desse campo indica a convergência entre avanços computacionais e ambições epistemológicas voltadas à simulação da cognição humana.

O marco inaugural dessa jornada remonta a 1950, quando Alan Turing propôs um teste lógico para avaliar a capacidade das máquinas de exibirem comportamento inteligente indistinguível do humano (Turing, 1950). Conhecido como "jogo da imitação", esse experimento fundacional não apenas inaugurou discussões filosóficas sobre a mente artificial como também delineou os contornos éticos e técnicos que viriam a orientar décadas de pesquisa.

A Figura 2, apresentada a seguir, sintetiza visualmente os principais marcos que configuraram a trajetória evolutiva da IA ao longo das décadas. Ao delinear essa cronologia em perspectiva panorâmica, a imagem antecipa e orienta a leitura analítica dos eventos que, em sua complexidade, reconfiguraram os modos de produção de conhecimento envolvendo humanos e não humanos.

Figura 2 – Linha do tempo dos marcos históricos da Inteligência Artificial (1950–2022)



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Como exposto na figura, em 1955, o termo “Inteligência Artificial” foi oficialmente cunhado por John McCarthy, conferindo identidade conceitual a um campo emergente, agora dotado de objetivos científicos próprios: construir sistemas capazes de raciocinar, aprender e tomar decisões de maneira autônoma.

Mais adiante, a década de 1960 foi marcada pela emergência de sistemas simbólicos, entre os quais se destaca, em 1965, o programa ELIZA, desenvolvido por Joseph Weizenbaum. Considerada uma das primeiras simulações de diálogo humano-máquina, ELIZA revelou as possibilidades da linguagem computacional como meio de interação afetiva e racional.

Com o amadurecimento das pesquisas, a IA passou a alcançar conquistas mais visíveis e socialmente impactantes. Em 1997, o supercomputador Deep Blue, da IBM, derrotou o campeão mundial de xadrez Garry Kasparov, evento simbólico que revelou a capacidade das máquinas de operar com precisão lógica superior à do ser humano em domínios restritos. No mesmo ano, foi lançada a tecnologia Babel Fish, um dos primeiros tradutores automáticos, antecipando o protagonismo da IA na mediação linguística global.

No campo da comunicação por voz, 2008 representou um salto qualitativo com o reconhecimento de voz incorporado ao iPhone e o surgimento da assistente virtual Siri, ampliando o acesso à IA em interfaces móveis. Já em 2011, o sistema Watson, também da IBM, mostrou sua competência em compreender linguagem natural e responder a questões complexas, ao vencer o jogo televisivo Jeopardy!, consolidando o papel da IA na análise de grandes volumes de informação.

Em 2018, a apresentação do Google Duplex introduziu uma nova dimensão à experiência com assistentes virtuais, ao destacar a habilidade da IA em realizar ligações telefônicas e interagir com seres humanos de forma fluida, aproximando ainda mais os limites entre ação humana e artificial.

No ano seguinte, 2019, a OpenAI apresentou o projeto Dactyl, um sistema robótico que, por meio de aprendizado por reforço, aprendeu de forma autônoma a resolver o cubo de Rubik. Esse avanço marcou a inserção da IA em atividades físicas de alta complexidade, combinando cognição e motricidade artificial.

Dentro desse cenário, destaca-se uma vertente particularmente promissora: a Inteligência Artificial Generativa. Essa é uma derivação da IA que possui a capacidade de criar conteúdo de forma independente, imitando a criatividade humana. Para isso, emprega algoritmos avançados, redes neurais artificiais e técnicas de aprendizado profundo (*deep learning*), sendo capaz de gerar textos, imagens, sons, códigos e outras manifestações criativas com alto grau de originalidade e coerência contextual.

O ano de 2020 consolidou um novo paradigma com a apresentação do GPT-3 (Generative Pre-trained Transformer 3), modelo de linguagem natural de grande escala que surpreendeu pela capacidade de gerar textos coerentes, realizar traduções e responder a comandos com alto grau de precisão e contextualização. Esse avanço catalisou a popularização da IA em múltiplos setores da sociedade.

Em 2022, a OpenAI lançou publicamente o ChatGPT, baseado no GPT-3.5, tornando-se um marco na democratização do acesso à IA conversacional. Com ampla adesão por parte de educadores, profissionais e estudantes, o ChatGPT revolucionou as formas de pesquisa, criação textual e aprendizagem, estabelecendo novos modos de interação comunicativa com as máquinas.

Por fim, em 2023, foi apresentado o GPT-4, um modelo ainda mais sofisticado, com capacidades aprimoradas de raciocínio lógico, interpretação multimodal e adaptação contextual. Sua introdução reafirmou o papel da IA como protagonista no cenário tecnológico contemporâneo e como agente transversal na reconfiguração das práticas humanas em educação, trabalho e ciência.

As distintas etapas que marcam a evolução da IA suscitam uma reflexão aprofundada acerca das múltiplas possibilidades de sua conceituação, apontando a complexidade inerente à definição desse campo em constante transformação. Diversos autores têm se debruçado sobre o desafio de conceituar o que se caracteriza como Inteligência Artificial. Assim sendo, Haugeland (1985, p. 79) a define como “o novo e interessante esforço para fazer os computadores pensarem, [...] máquinas com mentes, no sentido total e literal”.

De modo complementar, Bellman (1978) também define esse campo de estudo como um conjunto de “atividades que associamos ao pensamento humano, atividades como a tomada de decisões, a resolução de problemas, a aprendizagem [...]”. Tais definições refletem visões fundantes da IA, cuja ênfase recai sobre a imitação da mente humana e a execução de operações cognitivas complexas.

Com base nessa expansão conceitual, Baker *et al.* (2019) definem a IA como computadores que realizam tarefas cognitivas humanas, como aprendizagem e resolução de problemas. Eles destacam que essa vertente tecnológica não se refere a uma única tecnologia, mas a um conjunto abrangente de tecnologias e métodos, incluindo aprendizado de máquina, processamento de linguagem natural, mineração de dados e redes neurais.

Apesar das contribuições recentes para a definição da Inteligência Artificial, o campo ainda apresenta desafios conceituais, como destacam Luckin e Holmes (2016). A complexidade em delimitar o conceito desse campo do conhecimento reside, em grande parte, no dinamismo

intrínseco da área, cuja evolução constante redefine seus contornos e aplicações. Como afirmam os autores, “pode ser difícil definir a IA, mesmo para especialistas”, justamente porque os fundamentos dessa vertente estão em constante transformação.

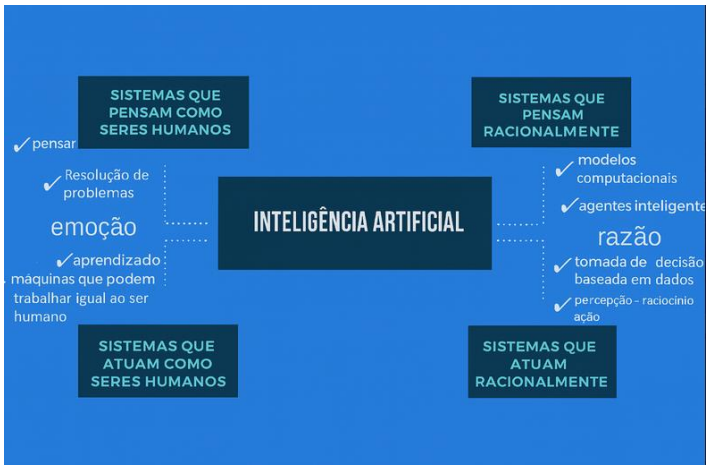
Além disso, sua natureza marcadamente interdisciplinar contribui para essa indefinição: antropólogos, biólogos, cientistas da computação, linguistas, filósofos, psicólogos e neurocientistas participam do desenvolvimento da IA, cada qual aportando distintos quadros teóricos e terminologias. Essa diversidade amplia, mas também fragmenta, sua compreensão teórica.

Nessa perspectiva, Russell e Norvig (2004) propuseram uma categorização amplamente adotada nesta área de estudo. Essa classificação distingue quatro abordagens fundamentais: pensar como seres humanos, agir como seres humanos, pensar racionalmente e agir racionalmente.

Essa estrutura analítica, então, contribui para a compreensão dos princípios que orientam a construção de agentes inteligentes. Ela abrange desde respostas automáticas, baseadas em estímulos, até decisões deliberadas fundamentadas em raciocínio lógico. Assim, fornece uma base teórica sólida para o desenvolvimento e a análise dos sistemas inteligentes contemporâneos.

Para facilitar a visualização dessas abordagens, apresenta-se a seguir a Figura 3, que ilustra suas principais características.

Figura 3 – Definições de Inteligência Artificial



Fonte: Adaptado de Russell e Norvig (2004), p. 5.

À luz da figura acima, a categorização proposta por Russell e Norvig (2004, p. 4–7) constitui uma estrutura analítica que organiza os conceitos de IA em dois grupos principais: sistemas que buscam replicar as características humanas e sistemas que racionalizam as

informações. O primeiro grupo contempla abordagens em que algoritmos simulam o pensamento e resolvem problemas com base na cognição, ou ainda aprendem e executam tarefas de forma adaptativa.

Já o segundo grupo é composto por modelos e agentes que seguem protocolos definidos, nos quais as decisões são fundamentadas em dados fornecidos previamente, resultando em ações orientadas por processos de racionalização. Essa distinção destaca a diversidade de enfoques no desenvolvimento dessa vertente computacional, oscilando entre a imitação da cognição humana e a operação lógica baseada em dados.

Cabe destacar a definição de letramento em IA proposta por Long e Magerko (2020), que a descreve como um conjunto de habilidades que capacita as pessoas a avaliar criticamente essa área de estudo, a comunicar-se e colaborar com a IA, além de usá-la como uma tecnologia tanto *on-line* quanto em casa e no ambiente de trabalho.

Com o aumento da demanda por tecnologias baseadas em sistemas inteligentes, a pesquisa e o desenvolvimento nessa área têm crescido rapidamente em escala global. Grandes empresas e governos estão realizando investimentos em projetos de IA para abordar desafios complexos em diversas áreas. A computação, especialmente, tem desempenhado um papel crucial no progresso da IA (Anantrasirichai; Bull, 2022).

Nesse contexto, a inserção da IA na escola integra um movimento de reconfiguração das relações entre saber, ensinar e aprender, exigindo mais do que domínio técnico: requer uma postura crítica e ética diante da incorporação dessas tecnologias. Segundo o documento da Unesco e do MEC (2023), o *Marco Referencial de Competências em IA para Professores da Educação Básica* alinha-se a essa perspectiva, ao destacar a importância de proteger dados, respeitar os direitos das crianças e considerar os riscos envolvidos (Brasil; Unesco, 2023).

Além disso, o documento enfatiza que a formação docente precisa articular conhecimentos pedagógicos, tecnológicos e epistemológicos, de modo a assegurar que a integração da IA contribua de forma intencional e adequada para a aprendizagem ao longo da Educação Básica.

Dessa forma, ao revisitar a trajetória dessa abordagem tecnológica, compreende-se que sua inserção na Educação Básica é resultado de um processo histórico, científico e sociocultural. Entender esse percurso é essencial para avançar de forma consciente, crítica e criativa na construção de ambientes educacionais que dialoguem com os desafios do presente e as possibilidades do futuro.

3.3 Uma imersão na Teoria da Atividade

A Teoria da Atividade, com suas raízes na psicologia soviética, posiciona a atividade humana no centro do desenvolvimento. Essa abordagem examina as interações entre o indivíduo e o ambiente, ressaltando o papel do contexto sociocultural na formação da consciência. Os estudiosos dessa teoria buscam compreender os efeitos psicológicos das atividades e as circunstâncias sociais que as influenciam.

Vale ressaltar que a TA foi desenvolvida no início do século XX, ancorada nas contribuições de Vygotsky (1984) e Leontiev (1978), e considera a atividade humana como elemento central no processo de desenvolvimento psicológico e social. Leontiev aprofunda essa concepção ao destacar o papel do objeto como elemento estruturante da ação.

Souto (2014) enfatiza que o foco da TA está nas transformações que ocorrem nas interações entre o ser humano e o ambiente, mediadas por artefatos ao longo das atividades realizadas. Com base nessa perspectiva, a autora destaca dois conceitos fundamentais para a compreensão da atividade humana.

Dessa forma, o primeiro conceito refere-se à centralidade do objeto: segundo Leontiev (1978), uma atividade sem objeto é desprovida de sentido, pois é o objeto que orienta e dá significado à ação. O segundo conceito diz respeito à mediação: os artefatos deixam de ser apenas produtos da ação humana sobre o ambiente e passam a ser compreendidos como mediadores culturais — instrumentos simbólicos e materiais por meio dos quais os indivíduos interagem com a realidade social, material e psicológica (Souto, 2014, p. 11).

Com base nesses dois conceitos, é possível compreender que os fundamentos teóricos da TA situam a atividade humana como elemento central no processo de desenvolvimento. Leontiev também introduz o conceito de mediação, no qual os artefatos — como instrumentos, signos e tecnologias — deixam de ser apenas produtos da ação humana e passam a ser compreendidos como mediadores culturais da relação entre sujeito e mundo.

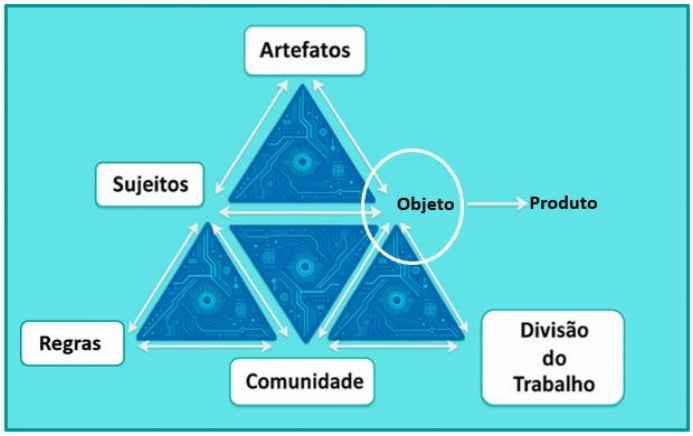
Dando continuidade a essa construção conceitual, Engeström (1987) reorganiza os princípios da teoria ao apresentar uma estrutura sistêmica, originando a chamada terceira geração da TA. Sua proposta amplia a análise da atividade para além do indivíduo isolado, considerando os sistemas de atividade coletiva, suas contradições internas e as possibilidades de transformação expansiva. O autor enfatiza a centralidade da comunidade no processo de desenvolvimento, deslocando o foco para a atuação colaborativa em redes interativas.

Assim, a aprendizagem é compreendida como resultado de práticas sociais compartilhadas entre sujeitos que se orientam por objetivos comuns. Nessa perspectiva,

destacam-se a interdependência entre os elementos do sistema e a historicidade das ações humanas. Ao propor uma abordagem dialógica e expansiva, Engeström amplia o escopo analítico da teoria, incorporando múltiplas vozes e contextos.

Nesse direcionamento, Engeström (1987) apresenta uma representação gráfica do sistema de atividade, que permite visualizar as conexões e inter-relações entre seus elementos constituintes. A Figura 4 a seguir oferece uma base teórica visual que contribui para compreender os processos de aprendizagem mediados culturalmente e as transformações coletivas que deles decorrem.

Figura 4 – Estrutura de um sistema de atividade



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

Como se observa na figura acima, o sistema de atividade é composto por diferentes elementos: sujeitos, artefatos, objeto, regras, comunidade e divisão do trabalho. Esses componentes não atuam isoladamente, mas estão imersos em uma rede de interações dinâmicas que direcionam a ação em torno de um objeto compartilhado. O resultado desse processo é a transformação do objeto em produto. A ênfase nas mediações culturais e sociais, como as regras e os instrumentos, destaca a complexidade da atividade humana, indicando a importância da coletividade e da historicidade na constituição do conhecimento.

Nesse panorama, o estudioso Engeström (2001) frisa a importância da relação entre artefatos culturais e ações humanas, à luz das diretrizes propostas por Vygotsky (1984), nas quais argumenta que indivíduos e sociedade estão interligados por meio desses artefatos. Segundo o autor, essa abordagem transcende a dicotomia entre indivíduo e sociedade.

Ainda nesse escopo teórico, o autor também discute o antagonismo entre as abordagens behaviorista e psicanalítica na análise da mente, do comportamento humano e do mundo

material, mencionando que, apesar das diferenças, ambas convergem para um esquema comum de estímulo.

Em contraponto a essas abordagens, Vygotsky (1984) critica o postulado da resposta imediata por considerá-lo estático e dissociado do processo dinâmico defendido pela psicologia marxista. O autor argumenta que a relação do ser humano com o mundo não é direta, mas mediada por instrumentos e signos culturais, resultando em uma atividade humana ativa, incorporada ao ambiente externo.

Sob essa perspectiva, Vygotsky (1984) aprofunda a noção de mediação ao elucidar que ela envolve um liame intermediário entre estímulo e resposta, representado pelo uso de signos. Esse conceito, denominado estímulo de segunda ordem ou signo, instaura uma nova configuração na relação entre sujeito e mundo, promovendo uma ação mais complexa e mediada. Esse entendimento foi posteriormente incorporado ao modelo de Mediação da Teoria da Atividade.

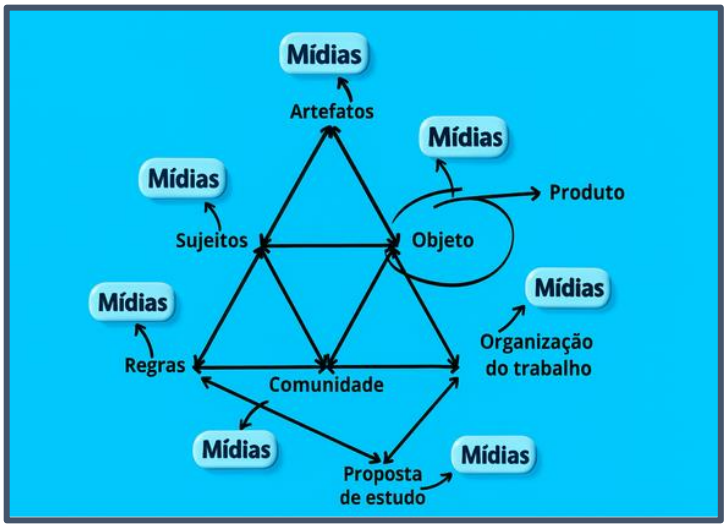
3.4 Sistemas Seres-Humanos-Com-Mídias: Os Miniciclo(nes) de Transformações Expansivas

No campo das epistemologias contemporâneas, o construto S-H-C-M, proposto por Borba (1999) e sistematizado por Borba e Villarreal (2005), fundamenta-se em duas vertentes teóricas. A primeira trata da reorganização do pensamento humano e a segunda, das articulações entre teoria, conhecimento e história. Ambas são entendidas como dimensões interdependentes na produção do saber.

Entre seus principais aportes, destaca-se a contribuição de Tikhomirov (1981), ao afirmar que a interação entre o ser humano e o computador desencadeia transformações expressivas na estrutura do pensamento, resultando na reorganização dos processos mentais. Essa perspectiva inaugura um entendimento ampliado sobre os efeitos das tecnologias na constituição da cognição humana, especialmente no contexto da mediação técnica.

Alinhado a essa visão, Lévy (1993), ao explorar as tecnologias da inteligência, oferece fundamentos teóricos essenciais para o desenvolvimento do conceito de S-H-C-M. O autor propõe a existência de uma inteligência distribuída, constituída por uma rede simbiótica entre sujeitos e artefatos técnicos. Tal configuração dá origem ao que Souto (2013) denomina como um “coletivo pensante homem-coisas”, no qual humanos e mídias atuam em associação, conforme mostra a Figura 5.

Figura 5 – Sistemas-Seres-Humanos-Com-Mídias



Fonte: Adaptado de Anschau, com base em Souto (2024).

A configuração do sistema S-H-C-M aponta a plasticidade ontológica das mídias e sua capacidade de exercer múltiplas funções no interior dos sistemas de atividade. Tal flexibilidade corrobora a concepção de Borba e Villarreal (2005), para quem o artefato, ao operar como elemento constitutivo e não apenas mediador entre sujeitos e objetos, assume um papel estruturante na dinâmica da aprendizagem, participando ativamente do redimensionamento da ação e da constituição do conhecimento.

Nessa perspectiva, as mídias não apenas transformam, mas são transformadas em uma dialética processual que indica sua atuação como coautoras epistêmicas. Sua função transcende a mediação instrumental, inserindo-se em fluxos contínuos de produção, reconstrução e ressignificação de sentidos no interior das práticas educativas. Como operadores semióticos, esses artefatos não apenas refletem a experiência cognitiva, mas a configuram, afetando diretamente as formas de pensar, agir e interagir dos sujeitos.

Conforme argumentam Souto e Borba (2015), quando uma mídia interfere diretamente sobre o pensamento humano ao fornecer respostas, instaura-se um processo de moldagem recíproca. Nesse cenário, a mídia adquire o estatuto de instância cognitiva ativa, capaz de reorganizar estruturas mentais, instaurando relações de mutualidade e transferência entre os diferentes elementos do sistema. Assim, em contextos S-H-C-M, os artefatos técnicos não são acessórios externos, mas entidades implicadas nos movimentos de transformação da atividade, sendo continuamente ressignificados pelos fluxos tensionais e dinâmicos que perpassam o sistema (Souto; Borba, 2013).

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 consiste na formulação

de questões que contrastam intencionalidade e efetividade: o que se almeja investigar e o que de fato se está investigando. O segundo momento focaliza os modos pelos quais os sujeitos se mobilizam frente a impasses, ativando estratégias inéditas que redirecionam a ação e configuram novos sentidos ao objeto. Tais deslocamentos funcionam como indicadores analíticos da constituição do objeto em sistemas mediados por mídias.

À luz dessa lógica sistêmica, as mídias não se restringem à função de suporte, tampouco operam como meros instrumentos neutros. Ao contrário, integram organicamente os processos de atividade, participando da emergência do sentido, da produção de conhecimento e da constituição subjetiva. Longe de representarem unidades isoladas de mediação, esses artefatos técnico-simbólicos são reconfigurados a partir das interações sociais, históricas e culturais que os atravessam, assumindo um papel coautor na tessitura dos saberes e na expansão da cognição (Souto; Borba, 2013).

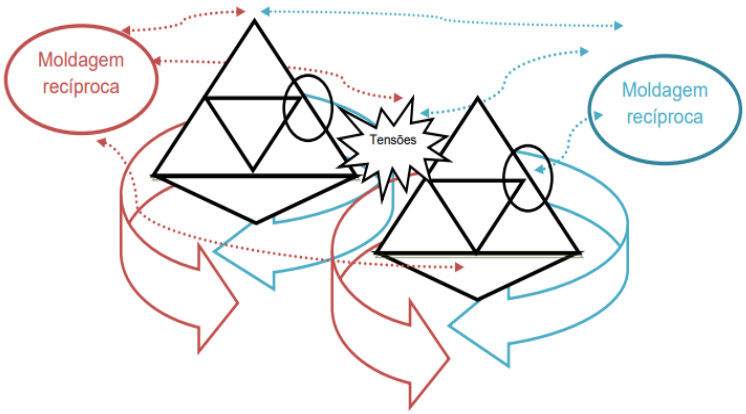
Em decorrência dessa compreensão, as TD podem assumir um papel protagonista no ensino, atuando, reformulando e mobilizando o pensamento dos alunos. Ao interagirem com as TD, os estudantes experimentam, testam e analisam hipóteses. Nessa dinâmica, a construção do conhecimento torna-se um processo colaborativo entre humanos e tecnologias (Borba; Silva; Gadanidis, 2014).

Diante dessas possibilidades de atuação das TD no sistema, torna-se necessário desenvolver instrumentos analíticos específicos. A partir dos conceitos de Ciclos de Aprendizagem Expansiva (CAE) e Miniciclos de Aprendizagem Expansiva (MAE) de Engeström, propõe-se a ideia de “Miniciclo(ne)” de Transformações Expansivas (MTE) de Souto (2013).

Souto (2013) propõe o conceito de MTE para diferenciar os ciclos tradicionais de aprendizagem daqueles marcados pela natureza não linear, imprevisível e altamente dinâmica dos sistemas de atividade. A metáfora do ciclone é utilizada justamente para capturar a complexidade desses processos, cujos movimentos rotacionais e translacionais não seguem trajetos pré-definidos, refletindo a intensidade e a imprevisibilidade das transformações cognitivas que neles emergem.

Sob esse prisma, longe de representar apenas ruptura, o ciclone no contexto do MTE simboliza a desconstrução como parte essencial do processo construtivo, pois é justamente por meio desse movimento que novas formas de conhecimento podem emergir. Essa concepção está representada na Figura 6.

Figura 6 – Ilustração de um Miniciclo(ne) de Transformações Expansivas (MTE)



Fonte: Souto (2013, p. 224).

As mídias, conforme exposto na figura acima, desempenham múltiplos papéis no sistema de atividade, influenciando o comportamento do MTE. de Souto (2013). Esses papéis podem provocar distanciamentos ou convergências em relação ao CAE de Engeström (2001).

Segundo a autora, 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.

3.5 Contribuições da aprendizagem expansiva

A aprendizagem configura-se como um processo dinâmico, atravessado por interações, tensões, conflitos e práticas colaborativas, cujas contradições geradas atuam como elementos propulsores do desenvolvimento, apesar dos desafios que impõem. A contradição é, então, constitutiva do objeto de estudo, uma vez que os ambientes educativos se configuram com interação entre estudantes, professores e artefatos mediadores — como livros, conceitos, cadernos e experimentos — que se influenciam mutuamente (Asbahr, 2020).

Nesse cenário, Engeström (2001), ao reconceituar a TA, apresenta cinco princípios estruturantes. O primeiro estabelece a atividade como unidade de análise, constituída coletivamente, orientada a um objeto e mediada por artefatos. As ações e operações, que são partes subordinadas, ganham sentido dentro do sistema quando relacionadas à atividade maior, sempre voltada a um objeto transformador.

Sob essa perspectiva, emerge o princípio da multivocalidade, que reconhece a presença de múltiplas vozes, experiências e interesses no interior do sistema de atividade. Cada sujeito carrega consigo uma trajetória de vida, cujas experiências impactam diretamente suas formas de agir, pensar e se posicionar na atividade. Essa multiplicidade de olhares torna-se essencial para enriquecer a análise de contextos complexos e promover o diálogo entre os diferentes participantes (Engeström, 2001).

No contexto escolar, é fundamental que o docente acolha as vozes dos estudantes, considerando suas histórias, crenças e interpretações. Ainda que diversas, essas experiências convergem em torno de um objetivo compartilhado. Conforme argumenta Souto (2013), a atenção a essas vozes pode gerar tanto tensões quanto impulsionar inovações no sistema. Suas contribuições são compreendidas como elementos constitutivos dos processos de transformação.

Além da multivocalidade, destaca-se o princípio da historicidade. Cada participante de um sistema de atividade possui uma trajetória singular que se transforma ao longo do tempo. A análise dessa historicidade permite compreender as mudanças, problemas e possibilidades de desenvolvimento presentes no sistema. Para Engeström (1987), a historicidade não se limita ao passado, mas envolve a constante reformulação da atividade frente aos novos desafios históricos, sociais e culturais.

A interação entre os sujeitos no sistema gera contradições, vistas como forças motrizes da mudança e do desenvolvimento. Ao confrontarem regras, papéis ou artefatos estabelecidos, os participantes se deparam com tensões que os impulsionam a desenvolver novas estratégias de ação. Nesse movimento, as contradições deixam de ser obstáculos e passam a ser forças propulsoras da mudança (Engeström; Sannino, 2010).

Dentro dessa lógica, destaca-se o princípio das transformações expansivas, que trata da capacidade dos sistemas de atividade de se reconceitualizarem diante das contradições. Esse processo resulta na criação de um novo objeto — o objeto expandido — e conduz os sujeitos à aprendizagem de algo inédito e mais complexo. Como explica Engeström (2001, p. 137):

> O quinto princípio proclama a possibilidade de transformações expansivas nos sistemas de atividade. Os sistemas de atividade atravessam períodos relativamente longos de transformações qualitativas. À medida que as contradições de um sistema de atividade são agravadas, alguns participantes individualmente começam a questionar e a se afastar de suas normas estabelecidas. [...] Isso evolui para uma visualização colaborativa ou um deliberado esforço de mudança coletiva. Uma transformação expansiva é conseguida quando o objeto e o motivo da atividade são reconceitualizados para abraçar um horizonte mais amplo de possibilidades.

Com base nesses fundamentos, a presente pesquisa utiliza os MTE (Souto, 2013) como referencial analítico, ancorando-se na TA para compreender as mudanças qualitativas nas práticas educativas mediadas por tecnologias. Tal escolha se justifica pelo caráter dialógico, histórico e transformador da TA, que integra múltiplas vozes, temporalidades e interações como elementos constitutivos da aprendizagem.

4 A TRAMA DAS INTERFACES: CAMINHOS METODOLÓGICOS

Investigar é também exercitar o olhar de quem transita entre humanos e tecnologias, atento aos gestos sutis e às rupturas silenciosas que anunciam possibilidades de transformação, conforme defendem Borba e Villarreal (2005), ao reconhecerem que o conhecimento emerge da relação entre sujeitos, mídias e objetos.

Se é nos vestígios da pergunta que a pesquisa germina, é no traçado rigoroso da metodologia que ela se estrutura. Aqui, o método não se limita a protocolos, mas se configura como um território de escuta sensível, atravessado por interações entre crianças, IA e a atuação da pesquisadora.

Nessa travessia, são apresentados os procedimentos metodológicos que sustentam o percurso investigativo. Inicialmente, destaca-se a abordagem da pesquisa. Em continuidade, apresentam-se as estratégias de produção dos dados, o conceito e as especificidades do experimento de ensino, a caracterização do ambiente natural da investigação e o perfil dos protagonistas envolvidos. Na sequência, o olhar se volta aos aspectos relativos à análise dos dados, consolidando o movimento interpretativo que confere sentido à experiência investigativa.

4.1 Abordagem da pesquisa

A pesquisa em questão adota uma abordagem qualitativa, cuja realização no ambiente escolar mostra-se especialmente pertinente à natureza do objeto investigado. Tal perspectiva metodológica é apropriada quando se busca compreender a perspectiva dos participantes sobre os fenômenos que os cercam, possibilitando a compreensão detalhada de vivências, percepções, opiniões e construções de sentido, assim como o entendimento das formas pelas quais percebem a realidade (Sampieri; Collado; Lucio, 2013).

Na literatura, autores como Bogdan e Biklen (1994) expõem as características da pesquisa qualitativa, anunciando sua capacidade de apoiar o pesquisador a alcançar os objetivos propostos. Entre as dimensões marcantes estão o contato direto do pesquisador com o ambiente investigado e o caráter descritivo, que permite a produção de dados, por exemplo, utilizando transcrições de entrevistas, memoriais e notas de campo.

Avançando nessa abordagem, o foco recai mais sobre o processo do que sobre os resultados. Além disso, o investigador emprega a indução como uma abordagem para examinar

os dados, no intuito de esclarecer o “significado” das interações e conversas entre os participantes.

Sob essa ótica, Creswell (2007) realça que a pesquisa qualitativa é, por natureza, interpretativa, conferindo ao pesquisador a responsabilidade de analisar os dados produzidos e extrair conclusões a partir deles. Isso significa que esse formato de pesquisa excede a mera produção de dados, pois demanda a interpretação destes pelo pesquisador.

Nessa linha, essa interpretação sobreleva a simples descrição de fenômenos, permitindo apreender complexidades e significados subjacentes. Dessa forma, o pesquisador assume o papel de intérprete dos dados, buscando *insights*, padrões e nuances que ampliem a compreensão do fenômeno em estudo.

A abordagem qualitativa justifica-se por sua capacidade de gerar dados por diversos instrumentos, como observação participante, notas de campo, grupo focal, registros audiovisuais e questionário. Com o uso desses recursos, aspira-se compreender: “Como a utilização de um *e-book* interativo desenvolvido com Inteligência Artificial poderá influenciar o processo de aprendizagem dos alunos do 5º ano do Ensino Fundamental na disciplina de Ciências da Natureza na Escola Estadual Professor João Batista, localizada em Tangará da Serra (MT)?”

É oportuno destacar que a pesquisadora integra o GEPETD, um coletivo que se dedica à produção e divulgação de conhecimento científico, vinculado ao Programa de Pós-graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática (PPGCEM). A difusão do conhecimento gerado na universidade precisa alcançar toda a sociedade. A participação nesse grupo amplia a compreensão do conhecimento devido às diferentes abordagens tecnológicas compartilhadas, especialmente neste ano, em que o foco se volta para a temática da IA.

Dessa forma, Kenski (2007) destaca que a inovação tecnológica e educacional está diretamente relacionada às dinâmicas sociais, que transformam a aprendizagem e a formação do indivíduo. As Inteligências Artificiais Geradoras de livre acesso ampliam as oportunidades para criar soluções inovadoras e acessíveis. Essas mídias digitais gratuitas tornam mais fácil o acesso à tecnologia, promovendo a inclusão digital e oferecendo novas possibilidades de desenvolvimento.

O *e-book* foi elaborado no Canva e, posteriormente, enriquecido com *links* de plataformas baseadas em IA, sendo composto por elementos digitais diversos como textos, imagens, áudios e vídeos que configuram uma linguagem multimodal (Müller, 2015). Com interface atraente e de fácil manipulação, proporciona uma experiência instigante aos usuários. A tecnologia foi aplicada no primeiro semestre de 2025 e criada pela pesquisadora para explorar

o conceito de cadeia alimentar no componente de Ciências da Natureza do 5º ano do Ensino Fundamental.

Ao final da pesquisa, espera-se que o produto educacional intitulado “Energia em ação: cadeia alimentar com IA” (Apêndice A) forneça interpretações e abordagens adicionais no campo das Ciências da Natureza, contribuindo para uma análise crítica das questões ambientais. Nessa linha, o *e-book* interativo constitui parte integrante da presente pesquisa de mestrado, vinculada ao PPGCEM.

Diante do exposto, os tópicos subsequentes oferecem uma descrição detalhada dos instrumentos e procedimentos de coleta de dados, do contexto da pesquisa e da metodologia de análise dos dados.

4.2 Estratégias de Produção dos dados

Nesta pesquisa, foram empregadas diversas técnicas e instrumentos de produção de dados para permitir a obtenção de informações que possibilitem a adequada compreensão do fenômeno investigado. Foram adotados os seguintes instrumentos e procedimentos: observação participante, experimentos de ensino, entrevistas em grupo focal, bem como registros de áudio e vídeo.

Sob esse prisma, a observação participante é amplamente reconhecida como um procedimento fundamental na pesquisa qualitativa, exigindo que o pesquisador se integre ao ambiente e aos participantes. Segundo Flick (2009), é igualmente importante manter uma perspectiva externa para garantir uma análise objetiva. Com base no exposto, o foco da observação desta pesquisa reside nas atividades realizadas durante os encontros, com ênfase nas interações e conversas entre os participantes.

Nessa conjuntura, foram realizadas gravações em áudio e vídeo por meio do *software* Atube Catcher. Essa tecnologia permite documentar informações com precisão, oferecendo ao pesquisador a possibilidade de revisitar o material conforme necessário. Não obstante, Flick (2009) alerta que esses registros são utilizados apenas quando estritamente necessários para a pesquisa.

Elucidativamente, as notas de campo elaboradas durante a observação participante são de suma importância para o pesquisador. Bogdan e Biklen (1994) as definem como descrições do que o pesquisador ouve e observa ao longo do processo de cada captação de dados.

Nessa perspectiva, esse instrumento assume grande relevância, uma vez que envolveu todas as etapas dessa produção. Todavia, ao registrá-las por escrito, não é possível absorver as

emoções vivenciadas em determinados momentos observados. Para complementar essa lacuna, também foram utilizados registros audiovisuais.

Nesse contexto, ao final dos encontros, foi aplicada a técnica de grupo focal no formato roda de conversa, com a intenção de criar um ambiente descontraído e confortável, permitindo que os participantes expressassem livremente suas percepções e opiniões sobre a realização das atividades e a interação com o *e-book* interativo. De acordo com Aschidamini e Saupe (2000), essa abordagem beneficia a interação entre os participantes, possibilitando que defendam, reavaliem ou confirmem suas opiniões, além de influenciarem as opiniões dos demais.

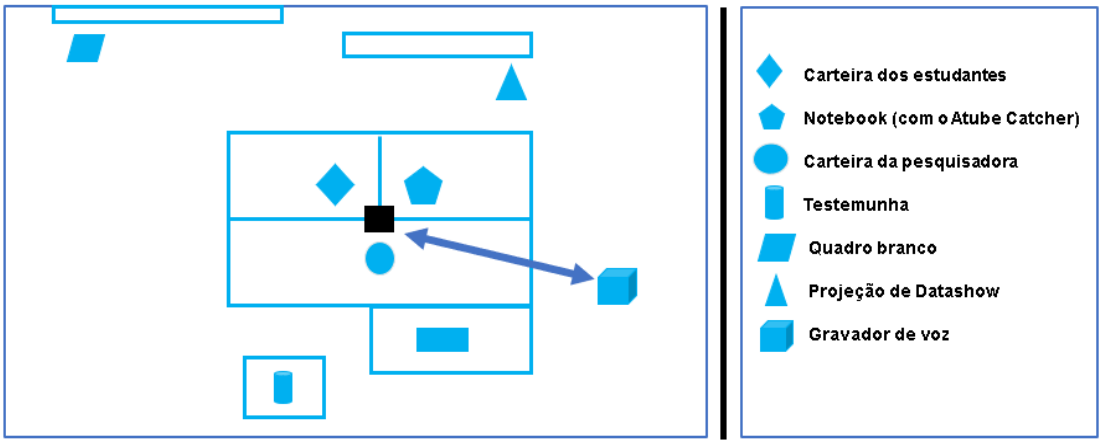
4.3 Experimento de ensino

O experimento de ensino é uma abordagem investigativa que combina modelagem, episódios de ensino e entrevistas com professores, estudantes e pesquisadores. Com ênfase nos episódios de ensino, o objetivo é fomentar o raciocínio dos participantes, enquanto o pesquisador atua como mediador do conhecimento. Entre as vantagens desse método, conforme Creswell (2012), destacam-se a invisibilidade do pesquisador em sala de aula e a seleção dos métodos congruentes aos estudantes, proporcionando descobertas relevantes para o processo de ensino-aprendizagem. Além disso, o experimento de ensino oferece aos profissionais da educação uma compreensão mais ampla sobre os melhores percursos da aprendizagem, ao mesmo tempo em que sinaliza as percepções dos estudantes em relação às descobertas científicas (Flick, 2009).

Conforme afirmam Borba, Almeida e Gracias (2018), realizar uma pesquisa em sala de aula nem sempre é viável, seja pela quantidade de estudantes, seja pela necessidade de cumprir os cronogramas didáticos previamente estabelecidos, entre outros fatores. Ainda assim, com base nas contribuições de Cobb e Steffe (1983) e Steffe e Thompson (2000), o experimento de ensino surge como uma alternativa para superar essas dificuldades.

Silva (2019b), apoiando-se nas ideias de Scucuglia (2006) e Oliveira (2017), indica a importância da organização do espaço para experimentos de ensino. Logo, foi elaborado um esquema visual (Figura 7) que apresenta a estrutura do experimento de ensino, com o propósito de subsidiar o trabalho do pesquisador e, assim, propiciar a compreensão dos processos vivenciados pelos participantes durante a investigação.

Figura 7 – Modelo de experimento de ensino



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Na figura acima, são representadas as posições dos elementos essenciais para o experimento de ensino. Os estudantes, dispostos em duplas, são simbolizados por ícones em forma de losango e pentágono. O computador portátil com o aplicativo de gravação de tela (Atube Catcher) aparece como um círculo, enquanto a mesa da pesquisadora, que pode se mover pelo espaço, é indicada por um retângulo.

A presença da testemunha, representada por um cilindro, corresponde a uma pessoa com conhecimento prévio sobre o experimento e os *softwares* envolvidos. O trapézio e o triângulo indicam, respectivamente, o quadro branco e a projeção do Datashow. Já o cubo simboliza a posição do gravador de voz, um dos instrumentos utilizados na produção dos dados da pesquisa.

4.4 Ambiente natural da pesquisa

O cenário natural da pesquisa foi a Escola Estadual Professor João Batista, uma instituição urbana pertencente à rede estadual de ensino, situada na Av. Ismael José do Nascimento, 892-N, no bairro Jardim Europa, em Tangará da Serra (MT). Fundada em 1984, atualmente atende a 917 estudantes, oferecendo uma variedade de modalidades educacionais que abrangem desde o Ensino Fundamental até o Ensino Médio. A Figura 8 é uma foto da fachada da unidade registrada no ano de 2024.

Figura 8 – Fachada da Escola Estadual Professor João Batista, 2024



Fonte: Acervo da autora (2024).

A Escola Estadual Professor João Batista está localizada a aproximadamente oitenta quilômetros de Barra do Bugres (MT), onde se encontra a Unemat. Embora a pesquisa tenha sido conduzida em Tangará da Serra (MT), a sede do PPGECM está vinculada ao câmpus Universitário Deputado Estadual Renê Barbour da Unemat, localizado no município de Barra do Bugres (MT).

Convém esclarecer que, embora a pesquisa tenha sido realizada nas dependências da Escola Estadual Professor João Batista, os estudantes participantes estavam administrativamente vinculados à Escola Municipal Joana D'Arc, pertencente à rede municipal de ensino de Tangará da Serra (MT). Essa vinculação ocorreu em razão de um processo de redimensionamento escolar promovido pela administração pública municipal. Apesar dessa reorganização institucional, as atividades pedagógicas e a produção de dados foram realizadas na Escola Estadual Professor João Batista, assegurando a continuidade das ações e a coerência do contexto investigativo.

A escolha da referida escola resultou da disponibilidade manifestada pela direção, coordenação e pelos estudantes em colaborar com a pesquisa, bem como ao vínculo prévio da pesquisadora com a instituição. Além disso, a escola contava, à época, com uma infraestrutura adequada, que incluía acesso aos laboratórios de Linguagem, Química, Matemática e Informática, o que possibilitou o desenvolvimento das atividades investigativas.

O espaço destinado à aplicação foi uma sala reservada, equipada com dois computadores e acesso a uma franquia de *internet* de 900 MB. A atual administração da escola, composta pela

diretora e duas coordenadoras, mostrou grande receptividade ao disponibilizar essa sala para a realização da pesquisa.

A pesquisa foi realizada com estudantes da turma do 5º ano do período matutino, fora do horário regular de aula. Seis estudantes, de ambos os sexos, com idades entre nove e dez anos, participaram voluntariamente. Para assegurar a ética da pesquisa, os discentes assinaram o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndice B), e os pais ou responsáveis assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice C).

Para garantir a conformidade ética e a colaboração entre a instituição de ensino e a pesquisadora, a pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa para aprovação antes do início da coleta de dados. A pesquisa seguiu rigorosamente o protocolo estabelecido e as diretrizes do parecer do Comitê de Ética em Pesquisa da Unemat, registrado sob o número 83474024.3.0000.5166. Para preservar a confidencialidade, os estudantes foram identificados pelos termos “IAzinhas na Teia”.

Neste estudo, a proposta do experimento de ensino envolveu a organização dos estudantes em duplas para a realização de uma sequência de atividades, com o suporte da pesquisadora, seguindo um roteiro específico com temáticas referentes ao conceito da cadeia alimentar.

Os participantes foram orientados a acessar o conteúdo por meio da plataforma Plurall, o ambiente virtual utilizado pela rede estadual de ensino. Por meio da referida plataforma, os participantes interagiram com o *e-book*, realizando exercícios previamente preparados que exploravam os diversos elementos multimodais relacionados à temática estudada. Durante essas atividades, foram analisadas as percepções e comportamentos dos participantes em relação ao processo de aprendizagem.

4.5 Protagonistas da pesquisa

Os protagonistas desta pesquisa foram estudantes do 5º ano, com idades entre nove e dez anos, da Escola Estadual Professor João Batista, situada em Tangará da Serra (MT). A amostra foi selecionada com base em três critérios de disponibilidade: interesse por tecnologias digitais, boa habilidade de se expressar e fluência na leitura. A habilidade de se expressar dos discentes foi considerada um fator relevante, pois permitiu que eles fornecessem informações precisas e relevantes durante o experimento de ensino.

Nesse contexto, os estudantes e seus responsáveis foram convocados para uma reunião, com o propósito de explicar as etapas e os objetivos da pesquisa. A rede social WhatsApp foi

utilizada para contatar os responsáveis. Eles foram claramente informados de que a participação era voluntária e que poderiam se retirar da pesquisa a qualquer momento, se assim o desejassem.

4.6 *E-book* interativo: IA, saberes e ações pedagógicas

Parafraseando Souto (2013), "pensar com tecnologias digitais" é, sobretudo, um exercício criativo, no qual o indivíduo vai além da manipulação instrumental dos artefatos. Elabora, reinventa e estabelece novas formas de ser, conhecer e se relacionar com o mundo. Nesse movimento, a pessoa assume um papel ativo na construção de sentidos e na apropriação crítica das tecnologias como parte do processo pedagógico.

Assim, criar com a IA representa uma extensão desse pensamento reflexivo, uma prática que envolve protagonismo, criticidade e diálogo com os saberes contemporâneos. A IA, nesse cenário, não é concebida como um recurso auxiliar, mas como coautora de experiências educativas que articulam múltiplas linguagens e expandem de forma considerável as possibilidades de aprendizagem.

Dialogando com essa concepção e apoiada nos princípios de Paulo Freire (1996), que defendia uma educação crítica, dialógica e libertadora, essa proposta emerge do compromisso com uma aprendizagem em que os estudantes são instigados a pensar criticamente sua realidade e a transformá-la. Como afirma o autor, é na reflexão sobre a prática que se aprimora a próxima, tornando o ato educativo um processo contínuo de reinvenção.

Dessa forma, a presente proposta articula a integração das TD como aliadas na elaboração do conhecimento, indo além do aspecto instrumental, ao motivar a curiosidade epistemológica e o protagonismo dos estudantes. Ao integrar a IA e as TD com saberes conceituais e práticas pedagógicas intencionais, propõem-se experiências interativas e investigativas, que ampliam o diálogo e o engajamento crítico no ensino de Ciências.

Sob esse prisma, a presente proposta pedagógica tem como finalidade exortar a compreensão do Sol como fonte primária de energia para os seres vivos, bem como elucidar o papel dos produtores nesse processo, com ênfase na fotossíntese como mecanismo basilar para a conversão da energia solar em matéria orgânica. Ademais, almeja-se que os estudantes sejam capazes de distinguir os diferentes níveis tróficos — consumidores primários, secundários e terciários —, reconhecendo suas respectivas funções na cadeia alimentar e compreendendo as interações ecológicas que sustentam o equilíbrio dos ecossistemas.

Vale destacar que esse planejamento contempla atividades colaborativas que fomentam a negociação de entendimentos, o confronto de interpretações e a produção coletiva de soluções.

Outrossim, busca-se valorizar a diversidade de abordagens sobre o tema, promovendo debates e ampliando o repertório conceitual dos estudantes.

A esse respeito, as tecnologias, enquanto atores não humanos, podem ocupar um papel central no processo de aprendizagem, conforme Souto (2013), ao interagir com os atores humanos e expandir as possibilidades de produção do conhecimento. Ao viabilizar abordagens ativas e imersivas, tornam-se essenciais para o desenvolvimento do pensamento crítico e a promoção de uma aprendizagem colaborativa.

O Quadro 4 a seguir apresenta a organização das atividades e, logo após, explica-se como elas são aplicadas.

Quadro 4 – Organização das atividades pedagógicas com uso de Tecnologias Digitais no ensino de Ciências

Carga horária	Atividades Propostas	Tecnologias Digitais
2 aulas	1º momento: Dinâmica: criando conexões com diálogos descontraídos. ➢ Diálogo Investigativo: alimentação dos animais. **UNIDADE 1: A Alimentação dos Seres Vivos em Foco** 1.1 Forças da Natureza: como tudo se conecta; 1.2 Fonte de energias: um percurso de vida; 1.3 O papel do fluxo de energia nas redes alimentares; 1.4 A importância da fotossíntese; 1.5 Das plantas aos níveis tróficos.	**Diálogo Investigativo** *Flashcards* com IA https://app.formative.com/practice/sets/67e02c605c8d4422b660e7b4 **Vídeo 1** - Raiozinho de Sol **https://www.youtube.com/watch?v=6kWHaA0mQu8** **Quebra-cabeça digital** https://puzzel.org/pt/jigsaw/play?p=-OMhj0jT63sUIpF_sNPu **Bate-papo com o *EcoBot*** https://landbot.online/v3/H-2528600-K1VRZPKV22E2S94U/index.html
2 aulas	2º momento: **Unidade 2: Sustentabilidade dos Seres Vivos nos Ecossistemas** 2.1 Fluxo de energia em um ecossistema; 2.2 Conexões sustentáveis; 2.3 Equilíbrio do Pantanal; 2.4 Perda da polinização afeta nossa sobrevivência.	**Vídeo 2** - A incrível viagem da energia pelo Pantanal https://www.youtube.com/watch?v=W3u68Sag9s8 **Bate-papo com o *EcoBot*** https://landbot.online/v3/H-2528600-K1VRZPKV22E2S94U/index.html

2 aulas		**Terrário Interativo** https://character.ai/chat/sncHLkRxqOVIdkvAM5Go9mvsx05LeNApB8Yk8OtxG5o
	3º momento: **Unidade 3: O Estudo da Cadeia Alimentar** 3.1 Cadeia alimentar: O que realmente significa? 3.2 Funções vitais na rede trófica; 3.3 Ecossistema em movimentos: uma aventura interativa; 3.4 Cadeia alimentar terrestre**;** 3.5 Mitos e verdades sobre a cadeia alimentar.	Vídeo 3 - **A vida em equilíbrio perfeito** https://www.youtube.com/watch?v=W3u68Sag9s8 Vídeo 4 - **Mito ou Verdade?** https://character.ai/chat/sncHLkRxqOVIdkvAM5Go9mvsx05LeNApB8Yk8OtxG5o Mão na massa com ***Wordwall*** **https://wordwall.net/pt/resource/11411922/cadeia-alimentar-4%C2%BA-ano** **Produção de vídeos** **Video *GPT by VEED*** https://chatgpt.com/g/g-Hkqnd7mFT-video-gpt-by-veed-instant-free-ai-video-maker
	4º momento: **Unidade 4: Heróis e Desafios da Natureza** 4.1 Decompositores: Heróis invisíveis do ecossistema; 4.2 Microrganismos marinhos: pequenos, mas poderosos! 4.3 Extinção das espécies: consequências e desafios; 4.4 Mão na massa: Exemplos práticos de cadeias alimentares.	**Vídeo 5** - O ciclo mágico da natureza **https://youtu.be/-mRjvwrXxpg** Bate-papo com o ***EcoBot*** https://landbot.online/v3/H-2528600-K1VRZPKV22E2S94U/index.html Histórias em quadrinhos no ***Pixton*** https://www.pixton.com/welcome Nuvem de Palavras https://wordart.com/create Etapas da Cadeia no ***Word Wall*** https://wordwall.net/pt/resource/11411922/cadeia-alimentar-4%C2%BA-ano

	5º momento: **Unidade 5: Tecnologias Digitais e Natureza: Desafios e Inovações** 5.1 Cadeia alimentar marinha: Comparações e diferenças; 5.2 Teias da vida: As relações entre organismos nos ecossistemas; 5.3 Conexões oceânicas: Entendendo a relação entre os ecossistemas; 5.4 Ameaças ao ecossistema aquático; 5.5 IA e Inovações: Avanços para a sustentabilidade ambiental.	Pesquisa no ***ChatGPT*** (Exemplos de teias e cadeias alimentares) https://chatgpt.com/s Bate-papo com o ***EcoBot*** https://landbot.online/v3/H-2528600-K1VRZPKV22E2S94U/index.html **Arte Sustentável** com IA https://padlet.com/leonildaelis/clonagem-do-padlet-arte-sustent-vel-com-ia-ycgtojkathcb5txe Podcast - **Vozes da Natureza** https://vozesdanatureza.mobirisesite.com
	6º momento: Unidade 6: Ação Humana e Natureza – Impactos e Soluções 6.1 Desequilíbrio na cadeia alimentar: causas e efeitos; 6.2 Consequências das alterações climáticas nos ecossistemas; 6.3 Mudanças climáticas e suas influências na cadeia alimentar; 6.4 Lixo plástico e suas consequências: um problema global.	Produção de **vídeos** Video *GPT by VEED* https://chatgpt.com/g/g-Hkqnd7mFT-video-gpt-by-veed-instant-free-ai-video-maker Podcast - **Vozes da Natureza** https://vozesdanatureza.mobirisesite.com Teia da Vida **com IAZINHA** https://vozesdanatureza.mobirisesite.com

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

As atividades descritas no quadro acima foram cuidadosamente planejadas para fomentar a produção ativa do conhecimento por parte dos estudantes, mediante uma abordagem interativa e multimodal (Müller, 2015). As atividades tem como objetivo promover a participação, a reflexão crítica e a articulação entre teoria e prática no processo de aprendizagem.

Na Unidade 1, intitulada “A alimentação dos seres vivos em foco”, a temática é introduzida com a dinâmica “Diálogo investigativo: alimentação dos animais”, uma estratégia que promove a reflexão e a manifestação dos conhecimentos culturais dos alunos acerca das características alimentares dos animais.

Esse processo é conduzido com o suporte de *flashcards* elaborados com o auxílio de IA, o que contribui para a análise e possibilita a produção do conhecimento. Em seguida, é exibido o “Vídeo 1: Raiozinho de Sol (Fotossíntese)”, que apresenta, de forma envolvente, os fundamentos do processo fotossintético e sua relação com a produção de energia nos ecossistemas.

Nesse contexto, a abordagem multimodal configura-se como uma estratégia didática para contribuir com a compreensão dos conceitos abordados nesta unidade. Concluído esse momento, os estudantes têm a oportunidade de analisar coletivamente o conteúdo do vídeo e compartilhar suas percepções.

Na sequência, são apresentadas duas outras atividades: o “Quebra-cabeça digital” e o “Bate-papo com o EcoBot”. O “Quebra-cabeça digital” propicia uma associação dinâmica de conceitos-chave, requerendo atenção, concentração, percepção, raciocínio lógico e espacial, além de memória visual. Já a interação com a IA realizada via bate-papo com o EcoBot, um *chatbot*, abrange o desenvolvimento de habilidades cognitivas, sob a primazia da aplicabilidade linguística, além de incitar autonomia, criatividade e pensamento crítico.

Dessa forma, a resposta da IA, representada pelo EcoBot, aciona o início do processo investigativo, instigando os estudantes a revisitar e reformular suas explicações. Embora a IA não possua sentimentos, sua programação utiliza estratégias discursivas que simulam escuta dialógica, reorganizando a fala do estudante e introduzindo elementos conceituais que ampliam sua compreensão.

Essa unidade introdutória tenciona suscitar reflexões e conectar o repertório pré-existente dos estudantes à cadeia alimentar. Além disso, busca-se compreender que os seres vivos se relacionam entre si em busca de alimento, formando cadeias alimentares que traduzem a interdependência entre produtores, consumidores e decompositores.

A Unidade 2, “Sustentabilidade dos seres vivos nos ecossistemas”, por sua vez, tem como objetivo salientar como as interações entre os seres vivos e os fatores ambientais sustentam o equilíbrio dos ecossistemas, com ênfase nos fluxos de energia, nos serviços ecológicos, como a polinização, e na preservação de biomas, como o Pantanal.

Essa unidade será trabalhada a partir da exibição do "Vídeo 2: A incrível viagem da energia pelo Pantanal", que ilustrará a distribuição de energia na cadeia alimentar e a classificação dos seres vivos conforme seus hábitos alimentares.

Um bate-papo com o EcoBot também está previsto nessa unidade, uma atividade capaz de contribuir para a compreensão do conteúdo a partir de uma linguagem acessível e personalizada. Indubitavelmente, constituirá um momento de aprendizagem interativa, marcado pela troca de ideias e pela elaboração coletiva do conhecimento.

Antes da culminância com a montagem do terrário, desenvolve-se a atividade Terrário Interativo, desenvolvida a partir da interação das estudantes com a IA Flora, na plataforma character.ai. Nesse espaço, as estudantes poderão dialogar com uma inteligência artificial temática, aprofundando conceitos sobre ecossistemas e conexões entre os seres vivos de maneira dinâmica e situada.

A projeção do conteúdo culminará na confecção de um terrário interativo. Essa atividade proporcionará aos alunos uma vivência prática dos conceitos estudados, permitindo observar, de forma concreta, o fluxo de energia em um ecossistema e a importância das conexões sustentáveis entre os seres vivos e o ambiente. Além de corroborar o aprendizado, a confecção do terrário, uma atividade interativa e criativa, incentivará o pensamento científico desde os primeiros anos escolares.

Espera-se, com essa unidade, levar os estudantes a compreender como as interações entre os seres vivos e os fatores ambientais contribuem para o equilíbrio dos ecossistemas, assegurando a sustentabilidade da vida. A proposta enfatiza os fluxos de energia, os serviços ecológicos essenciais e a importância da preservação de biomas brasileiros, especialmente o Pantanal.

O terceiro momento, correspondente à Unidade 3, “O estudo da cadeia alimentar”, trata dos fundamentos que estruturam a cadeia alimentar, elucidando sua organização e sua relevância para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas. Na sequência, são analisadas as funções desempenhadas pelos organismos na rede trófica, destacando a classificação em produtores, consumidores e decompositores.

É então exibido o “Vídeo 3: Mito ou verdade?” (20 min), que contribuirá para a desconstrução de entendimentos equivocados sobre as cadeias alimentares. Apresentado no formato de um jogo interativo, o vídeo demandará que os participantes analisem afirmações falsas e verdadeiras.

Nessa unidade, será realizada a atividade “Produção de vídeos”. Após orientações prévias, os alunos utilizarão a tecnologia Video GPT by VEED para elaborar vídeos que

divulguem, de forma contextualizada, os conteúdos trabalhados ao longo da unidade. A proposta destaca a aprendizagem como processo ativo e colaborativo, fomentando o desenvolvimento de habilidades de expressão oral e audiovisual, ao mesmo tempo em que promove o protagonismo coletivo entre estudantes e tecnologias digitais, além da integração intencional da tecnologia em sala de aula.

Elucidativamente, a proposta dessa unidade tem como finalidade investigar os papéis e as interações dos organismos nas cadeias alimentares, reconhecendo a diversidade e a complexidade dos ecossistemas. Ao incluir seres microscópicos e elementos imaginários, busca-se desenvolver uma compreensão crítica e integrada das redes tróficas, despertando a curiosidade científica e o pensamento sistêmico dos estudantes.

Avançando nos estudos, o planejamento da Unidade 4, “Heróis e desafios da natureza”, tem como propósito despertar, nos estudantes, a compreensão sobre a importância dos organismos nas cadeias alimentares, com destaque para o papel dos decompositores, além de analisar os principais desafios enfrentados pelos ecossistemas. Ao relacionar teoria e prática, pretende-se incentivar ações conscientes voltadas à preservação ambiental e à promoção da sustentabilidade.

Durante as atividades, os alunos investigarão a dimensão dos decompositores na reciclagem da matéria orgânica, averiguarão os impactos ambientais nos ecossistemas aquáticos e refletirão sobre a inserção da tecnologia na educação ambiental e na preservação dos recursos naturais.

Além disso, o encontro será concluído com a atividade “Mão na massa com Wordwall”, na qual os alunos serão desafiados a organizar, de forma interativa, a sequência de uma cadeia alimentar, utilizando os dispositivos dinâmicos da interface oferecidos pela plataforma Wordwall. Esse encontro proporcionará experiências interdisciplinares, articulando conceitos científicos, tecnologia e criatividade de forma integrada.

Para explorar as temáticas da Unidade 4, inicialmente será exibido o “Vídeo 4: O ciclo mágico da natureza”, que contribuirá para a contextualização do conteúdo, despertando o interesse dos estudantes e facilitando a compreensão dos processos naturais que envolvem o equilíbrio dos ecossistemas.

A atividade “Arte sustentável com IA” (30 min) possibilitará que os estudantes produzam cartazes que expressem sua criatividade, suscitando a reflexão crítica sobre a diversidade e o papel de cada organismo na natureza, o desenvolvimento da alteridade e do respeito às diferenças, além de contribuir para as aprendizagens científicas e a valorização de princípios voltados à preservação ambiental.

Também como atividade recorrente, os alunos serão incentivados a interagir com o EcoBot, que fornecerá informações sobre decomposição e equilíbrio ecológico, uma forma de dinamizar o trabalho com o conteúdo. A participação dos estudantes será impulsionada por uma provocação inicial: resolver uma situação-problema relacionada ao impacto ambiental por meio de uma busca ativa por respostas e soluções sustentáveis.

Neste encontro, será proposta mais uma atividade instigante: a produção de uma "Nuvem de palavras", com o objetivo de destacar os conceitos-chave e os principais aprendizados desenvolvidos. Essa atividade propicia a sistematização do conteúdo a partir da integração da tecnologia digital de forma inspiradora. Promove, também, um ambiente colaborativo para o compartilhamento de ideias.

Após a produção da história em quadrinhos, os estudantes realizarão a atividade "Etapas da cadeia Alimentar", por meio da plataforma Wordwall. Essa proposta interativa consiste em arrastar palavras para preencher lacunas em um texto, destacando o papel dos produtores, consumidores e decompositores. A dinâmica instiga a compreensão do fluxo de energia nos ecossistemas e promove o engajamento por meio de elementos visuais e manipuláveis.

As histórias em quadrinhos, enquanto narrativas visuais estruturadas a partir da articulação entre linguagem verbal e não verbal, configuram-se como uma estratégia pedagógica apropriada para transmitir informações e enriquecer o processo de aprendizagem. Por essa perspectiva, será indicada a produção de histórias em quadrinhos a partir da plataforma Pixton, atividade que, por sua natureza multimodal (Müller, 2015), acessível e esteticamente atrativa, tem a capacidade de despertar o interesse dos estudantes e, ainda, beneficiar o desenvolvimento de competências comunicativas e criativas.

A Unidade 5, "Tecnologias digitais e natureza: desafios e inovações" será um momento que tem como foco engendrar a análise das relações tróficas e dos impactos ambientais nos ecossistemas marinhos e terrestres, incentivando a reflexão crítica sobre os desafios da extinção de espécies. Almeja, ainda, reconhecer a relevância das inovações tecnológicas — com ênfase na Inteligência Artificial — como aliadas na preservação da biodiversidade e na formulação de soluções sustentáveis voltadas ao equilíbrio ambiental.

Para alcançar esses objetivos, os alunos iniciarão com uma pesquisa sobre exemplos de teias alimentares (10 min), utilizando o ChatGPT para identificar e compreender as interações entre os organismos nos ecossistemas. Em seguida, participarão de mais um bate-papo com o EcoBot (20 min), uma interação guiada com inteligência artificial capaz de ampliar a compreensão dos alunos sobre a temática em pauta.

Será novamente proposta a atividade “Arte sustentável com IA” (30 min), voltada à confecção de cartazes tematicamente alinhados à unidade em questão, uma estratégia de aprofundamento e sensibilização. Faz-se pertinente mencionar que os cartazes serão publicados no mural virtual do Padlet.

Adicionalmente, haverá a gravação de um *podcast* no qual os alunos debaterão, com base em perguntas norteadoras formuladas pela professora, as relações ecológicas e os impactos ambientais nos ecossistemas marinhos e terrestres, além de propor soluções sustentáveis para os problemas discutidos (50 min).

O último momento, Unidade 6, “Ação humana e natureza – impactos e soluções”, será dedicado à análise dos impactos das mudanças climáticas e da poluição nos ecossistemas e nas cadeias alimentares, promovendo a reflexão crítica dos alunos. Busca-se, ainda, incentivar a proposição de soluções sustentáveis mediante ações criativas e conscientes, fortalecendo o compromisso com a preservação ambiental e o equilíbrio ecológico.

As temáticas abordadas englobam a investigação das causas e consequências do desequilíbrio nas cadeias alimentares, a análise dos impactos das mudanças climáticas nos ecossistemas e a compreensão dos efeitos do lixo plástico no meio ambiente. A unidade também propicia uma reflexão sobre os impactos da elevação da temperatura global, do desmatamento e da poluição nas redes tróficas, incentivando a concepção, por parte dos alunos, de estratégias sustentáveis para a preservação da biodiversidade.

Para atingir esses objetivos, os alunos serão envolvidos em uma variedade de atividades interativas. A primeira proposição consiste na “Produção de vídeos”, atividade já explorada em unidade anterior, o que lhes conferirá maior familiaridade e autonomia no processo. Para tanto, será utilizada a tecnologia Video GPT by VEED, que permitirá aos alunos criar produções audiovisuais integradas ao escopo temático da unidade.

O procedimento seguinte será a gravação de mais um *podcast*, intitulado “Vozes da Natureza”. Uma tarefa versátil, esse *podcast* contribuirá com a capacidade de síntese e comunicação aliada à maturação temática.

Na sequência, rumo ao desenlace final, serão desenvolvidas pesquisas no *site* “Teia da Vida com IAzinha”, criado com a finalidade de atuar tanto como suporte às atividades investigativas quanto como estratégia de divulgação dos trabalhos produzidos ao longo do percurso, possibilitando que os familiares dos estudantes acompanhem e valorizem suas produções.

Importa salientar que a distribuição do tempo de execução de cada uma das atividades foi cuidadosamente planejada para equilibrar momentos de criação, interação e sistematização do conhecimento.

Naturalmente, o trabalho realizado a partir das unidades temáticas proporcionou aos alunos a oportunidade não apenas de compreender, de forma crítica, os impactos ambientais, mas também de desenvolver habilidades tecnológicas e comunicacionais essenciais. Ao aliar conhecimento científico à prática reflexiva com a inserção responsável das tecnologias, a proposta pedagógica visa formar cidadãos mais conscientes, criativos e engajados na promoção de um futuro ambientalmente sustentável.

4.7 Conexões digitais: as tecnologias do *e-book* interativo

Este subtópico apresenta as conexões digitais que sustentam a construção do *e-book* interativo, destacando as tecnologias utilizadas ao longo do processo, as quais foram selecionadas conforme critérios pedagógicos e de acessibilidade. As mídias digitais configuraram espaços de interação, autoria e experimentação pedagógica. A Figura 9 sintetiza esse panorama, apresentando as principais plataformas que compõem o *e-book* interativo e suas contribuições para a aprendizagem.

Figura 9 – Tecnologias digitais do *e-book* interativo



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

4.7.1 Formative

A plataforma Formative é uma interface digital voltada ao ensino e à aprendizagem, pois integra avaliação, acompanhamento em tempo real e práticas interativas. Dessa forma, sua integração transforma a avaliação em um processo de construção de conhecimento, superando o modelo tradicional de provas. Além disso, promove a participação ativa dos estudantes e apoia o trabalho docente em diferentes contextos, destacando-se pela criação personalizada de atividades em diversos formatos. Acesso: https://app.formative.com.

4.7.2 Runway AI

O Runway AI é uma plataforma de IA voltada à criação e edição de conteúdo multimídia, oferecendo recursos acessíveis e intuitivos para geração de vídeos e imagens de alta qualidade. Entre suas funcionalidades, utiliza modelos como o Gen-3 Alpha, capazes de interpretar comandos textuais e produzir resultados realistas. Com isso, o processamento em nuvem democratiza o acesso e elimina a necessidade de equipamentos potentes. Acesso: https://runwayml.com.

4.7.3 Puzzle.org

A Puzzle.org é uma plataforma digital interativa voltada à criação de atividades educativas baseadas em jogos e quebra-cabeças. Por meio dela, professores podem gerar palavras cruzadas, *quizzes*, caça-palavras e jogos da memória personalizados. Com o suporte da inteligência artificial PuzzleGPT, é possível criar perguntas e imagens automaticamente, o que amplia a autonomia docente. Acesso: https://puzzle.org.

4.7.4 Landbot

A plataforma Landbot é uma mídia de IA voltada à criação de *chatbots* interativos, que se destaca pela interface visual intuitiva e ausência de necessidade de programação. Baseada em modelos GPT, utiliza processamento de linguagem natural para simular diálogos humanizados, sendo aplicável tanto em contextos empresariais quanto educacionais. Acesso: https://landbot.io.

4.7.5 Character.AI

A Character.AI é uma plataforma de *chat* baseada em Inteligência Artificial Generativa, desenvolvida para interagir com personagens virtuais capazes de simular estilos de fala e personalidades diversas. Criada por Noam Shazeer e Daniel de Freitas, utiliza modelos avançados de linguagem para gerar respostas contextualizadas. Importante destacar que a IA não é programada pelo usuário, mas sim pelo sistema geral da plataforma. Acesso: https://character.ai.

4.7.6 Wordwall

A plataforma Wordwall é um ambiente digital voltado à criação rápida de atividades interativas e materiais impressos. Com ela, professores podem transformar conteúdos em jogos e exercícios dinâmicos por meio de *templates* ajustáveis. Além disso, o dispositivo *template switching* permite alterar o formato da atividade com um clique, mantendo o mesmo conteúdo. Acesso: https://wordwall.net.

4.7.7 Video GPT by VEED

O Video GPT by VEED é uma interface de IA integrada ao editor *on-line* VEED.io, capaz de converter descrições textuais em vídeos curtos com imagens, trilhas sonoras e narração automática. Por meio dessa integração, o usuário pode ajustar legendas, cenas e áudios, combinando automação e edição manual. Assim, o recurso oferece rapidez, praticidade e controle criativo. Acesso: https://www.veed.io.

4.7.8 Pixton

A Pixton é uma plataforma *on-line* voltada à criação de quadrinhos e narrativas visuais, permitindo que professores e estudantes elaborem histórias sem precisar desenhar. Com interface intuitiva, oferece uma ampla galeria de personagens, cenários e expressões, tornando-se uma mídia acessível para desenvolver o pensamento visual e criativo. Acesso: https://www.pixton.com.

4.7.9 Padlet

O Padlet é uma plataforma digital colaborativa que possibilita criar murais interativos para reunir textos, imagens, vídeos e documentos em tempo real. Graças à sua interface visual, promove o trabalho coletivo e a organização de conteúdos. Dessa forma, promove a colaboração e o engajamento entre estudantes e professores. Acesso: https://padlet.com.

4.7.10 Mobirise

O Mobirise é um construtor de *sites no-code* e *freeware*, permitindo criar páginas responsivas por meio de blocos pré-configurados e temas personalizáveis. Além disso, oferece a opção de exportar *sites* em HTML/CSS para qualquer servidor, funcionando *off-line* e integrando extensões de edição avançada. Acesso: https://mobirise.com.

4.7.11 ChatGPT 4.0

O ChatGPT é um modelo de linguagem baseado em IA capaz de gerar textos, responder perguntas e dialogar em linguagem natural. A mídia contribui com os processos de aprendizagem ao possibilitar explicações, simulações de diálogo, revisão de ideias e criação de conteúdos multimodais. Além disso, por operar de modo interativo, o ChatGPT amplia as oportunidades de investigação, análise e produção de sentido nas atividades educativas. Acesso: https://chatgpt.com/.

4.7.12 Spotify

O Spotify é uma plataforma digital de *streaming* de áudio que permite produzir, publicar e compartilhar conteúdos sonoros, como *podcasts* e músicas. No contexto educativo, possibilita que estudantes divulguem suas produções, ampliando a circulação social do conhecimento e contribuindo com práticas digitais personalizadas. Por sua interface acessível e alcance ampliado, o Spotify possibilita integrar narrativa, tecnologia e comunicação em projetos pedagógicos multimodais. Acesso: https://open.spotify.com/intl-pt/.

Articuladas em conjunto, as doze tecnologias compõem o ecossistema digital que sustenta o *e-book* interativo, destacando a integração entre criação, experimentação e aprendizagem com inteligência artificial. Sua combinação ressalta a capacidade das mídias digitais na produção de práticas pedagógicas inovadoras e colaborativas.

5 A ARTE DA ANÁLISE DE DADOS

A análise de dados constitui um eixo essencial em qualquer investigação científica, pois é nesse processo que o pesquisador atribui sentido às construções que emergem das interações, conforme destacam Lincoln e Guba (1985). Em consonância, Bogdan e Biklen (1994) ressaltam que a análise envolve a manipulação sistemática dos dados, passando por sua organização, fragmentação em unidades tratáveis, elaboração de sínteses, identificação de padrões, reconhecimento dos elementos relevantes e definição do que será comunicado aos demais.

Nessa etapa da pesquisa, ao concluir a produção dos dados e transcrever as observações participantes, as notas de campo e os registros audiovisuais, foi iniciada uma análise mais aprofundada do conjunto produzido. A partir das leituras e releituras das transcrições, buscou-se compreender os sentidos emergentes e identificar aspectos recorrentes que se manifestaram ao longo das atividades, orientando a reflexão analítica subsequente.

À luz dessa dinâmica investigativa, destaca-se que, no conjunto das atividades da Unidade 6, foram realizados doze encontros; contudo, devido ao extenso volume de dados, optou-se por descrever e analisar apenas as atividades principais de cada uma das seis unidades previstas no cronograma. Essa decisão, voltada à qualidade analítica e à coerência com os objetivos do estudo, buscou preservar o foco investigativo e garantir profundidade nas interpretações.

Nesse exercício de análise, optou-se por sistematizar os aspectos principais da pesquisa, pautando a classificação dos MTE nos critérios de intensidade leve, mediana e forte, utilizados para indicar o grau de transformação identificado em cada movimento. Essa abordagem fundamenta-se na proposta de Anschau (2023), com base nos estudos de Souto (2013), e será adotada ao longo de toda a análise.

Ainda conforme Anschau (2023), a intensidade dos miniciclones é definida a partir do nível de tensões observadas, como dúvidas, discussões e reorganizações conceituais durante a atividade. No entanto, nesta pesquisa, voltada à elaboração do *e-book* interativo, foram estabelecidos critérios analíticos próprios, que consideram não apenas as tensões conceituais, mas também os aspectos afetivos, colaborativos e representativos das interações.

Dessa forma, a classificação levou em conta o nível de tensões observadas nas atividades, situadas dentro da dimensão epistêmica e articuladas em três micromovimentos interdependentes: sentir, colaborar e representar.

As tensões instauradas na atividade configuram o campo de força em que o pensamento emerge, enquanto as ações emocionais, colaborativas e expressivas atuam como forças

impulsionadoras que o fazem avançar. É pela intensidade do sentir, pela negociação do colaborar e pela forma do expressar que o conflito se transforma em conhecimento, gerando um movimento expansivo que integra emoção, cognição e ação (Engeström, 1987; Souto, 2013).

Nesse fluxo, emoção, cognição e ação se fundem em um mesmo movimento de expansão, em consonância com a TA (Engeström, 1987) e com os MTE (Souto, 2013).

Desse modo, o critério analítico adotado nesta pesquisa parte da proposição de Anschau (2023), segundo a qual a intensidade dos miniciclones é determinada pelo nível de tensões observadas nas atividades. Todavia, propõe-se aqui uma ampliação desse referencial, incorporando a dimensão epistêmica como eixo interpretativo capaz de explicitar como as tensões se manifestam em três micromovimentos interdependentes: sentir, colaborar e representar. A partir deles, torna-se possível identificar a intensidade da rotação do miniciclone (leve, mediana ou forte), considerando o entrelaçamento entre emoção, cognição e ação nas interações analisadas.

Ao expandir o horizonte teórico da temática, Souto (2013), com base na Teoria da Atividade de Engeström (1987), amplia a noção de aprendizagem expansiva ao descrever os MTE como fluxos dinâmicos de construção e reconstrução de sentidos que emergem das tensões (contradições) presentes nas práticas educativas.

Os MTE, conforme conceitua Souto (2013), representam movimentos de reorganização conceitual e emocional desencadeados por tensões internas no sistema de atividade. Inspirada na metáfora do ciclone, a autora descreve a aprendizagem como um fenômeno dinâmico e não linear, no qual o conhecimento é constantemente reconstruído a partir de interações, rupturas e novas sínteses.

Nesse fluxo, cada miniciclone se configura como uma espiral de sentidos em transformação, na qual a ação das pessoas e das mídias se entrelaça na produção do conhecimento. O processo não segue uma sequência rígida, mas movimentos que se conectam, formando um percurso contínuo de instabilidade e reequilíbrio, até atingir a estabilização cognitiva.

Tendo em vista ampliar a compreensão analítica, ao final das análises de cada atividade será apresentado um quadro que sintetiza os movimentos observados e apresenta o percurso educativo das estudantes ao longo do processo investigativo. Nesse contexto, os eixos do quadro foram definidos para sistematizar os eventos identificados na realização das atividades, relacionando cada um deles às ações empíricas e aos indicadores que expressam a transformação conceitual das participantes.

Sob essa configuração, a estrutura foi organizada em três colunas e cinco linhas, correspondentes, respectivamente, aos eixos analíticos: movimentos, registros e indicadores dos processos, e aos movimentos do miniciclone identificados a partir de Souto (2013): desencadeador, reorganização conceitual, experimentação, expansão e apropriação. Segundo a autora, as transformações ocorrem em fluxo contínuo.

Desse modo, o quadro assume o papel de um instrumento analítico que permite representar o percurso dos possíveis miniciclones de forma sintética e visual, tornando perceptíveis as conexões entre emoção, cognição e ação. Tal estrutura possibilita compreender a complexidade e o caráter processual da aprendizagem em contextos digitais, neste caso com ênfase na inteligência artificial.

Importa destacar que os movimentos aqui nomeados não constituem etapas sequenciais ou rígidas. Seguindo Souto (2014, p. 151), o miniciclone se caracteriza por um fluxo dinâmico e imprevisível de transformações. Assim, o Quadro 5 abaixo expressa um recorte analítico, que organiza os deslocamentos conceituais observados no episódio.

Quadro 5 – 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: Elaborado pela autora (2025).

Do ponto de vista teórico, o quadro acima apresenta, na primeira coluna dedicada aos movimentos, o termo “desencadeador”, que indica o instante em que a tensão inicial, descrita por Souto (2014, p. 152), rompe o equilíbrio do sistema e instaura uma instabilidade criadora. A partir disso, surgem questionamentos que impulsionam a revisão das formas habituais de

compreender o objeto. Por essa razão, o termo “desencadeador” foi adotado por traduzir de modo mais dinâmico e relacional esse ponto de inflexão, em que a tensão atua como força propulsora das transformações, mantendo a coerência com a Teoria da Atividade e o movimento expansivo proposto por Engeström (1987).

Em sequência, a reorganização conceitual ganha forma: o sujeito revisita e ressignifica suas concepções, articulando informações, emoções e experiências anteriores. É nesse entrelaçamento que o conhecimento começa a se mover; as ideias, hipóteses e representações assumem consistência, passando a ser experimentadas, confrontadas e testadas em busca de seus alcances e limitações.

A partir desse ponto, o movimento de experimentação assume papel central, pois amplia a autorreflexão crítica e desperta a busca por alternativas para os desafios postos. À medida que novas soluções são elaboradas e partilhadas, o pensamento entra em expansão, abrindo-se ao diálogo, à diversidade de linguagens e à multiplicidade de vozes que o enriquecem.

Nessa perspectiva, a expansão constitui um movimento de ampliação do pensamento e do sistema de atividade, marcado por transformações qualitativas. De acordo com Souto (2014, p. 140-141), o movimento de expansão do objeto, impulsionado pelas mídias, contribui para que os participantes questionem, critiquem e busquem novas possibilidades no processo de produção do conhecimento.

Esse fluxo culmina, gradativamente, na apropriação, momento em que as compreensões elaboradas se concretizam em práticas autônomas e conscientes. Conforme Souto (2014, p. 30), “quando essa nova representação se estabiliza, a internalização das suas formas e dos meios inerentes de aprendizagem e desenvolvimento torna-se mais uma vez dominante”, enfatizando o instante em que o conhecimento, antes compartilhado e experimental, passa a integrar a estrutura cognitiva e afetiva do sujeito, indicando a estabilização temporária de um novo modo de compreender.

Assim, o miniciclone traduz o próprio pulsar da aprendizagem: um movimento de desestabilizar, reorganizar, testar e reelaborar, em que cada nova compreensão é, ao mesmo tempo, chegada e ponto de partida para outros ventos transformadores. Nesse fluxo contínuo, o conhecimento se renova e se expande, impulsionado pelas interações entre ser humano, mídias e contextos.

5.1 Dos dados aos sentidos: primeiros olhares epistêmicos

Analisar é retornar ao vivido com os olhos de quem foi atravessado por ele. É ler os movimentos das crianças, da IA e da pesquisadora como partes entrelaçadas de um mesmo sistema em atividade, em que cada expressão assume a possibilidade de inaugurar novas direções no processo da aprendizagem.

Tais princípios levaram Engeström (1987) a propor que toda atividade humana carrega em si tensões silenciosas, fios invisíveis que entrelaçam pessoas, objetos e modos de agir. Essas contradições não são ruídos, mas batimentos vitais da transformação, lugares onde a inquietação se transforma em força criadora e o aprender se refaz em um espiral vivo de reconfiguração e expansão.

Nesse fluxo de transformações, como anuncia Souto (2013), as mídias se entrelaçam ao próprio tecido da atividade, tornando-se voz e gesto no pensar coletivo. Elas não apenas refletem o pensamento, mas o provocam e o desdobram, tecendo novos sentidos e abrindo caminhos para outras formas de compreender e existir no mundo.

Alinhada a essa perspectiva emergente, esta seção apresenta o desenvolvimento dos encontros realizados no ambiente escolar, contemplando desde a apresentação inicial da proposta à dupla denominada de “IAzinhas na Teia” até a culminância das atividades vivenciadas. Com isso, a análise se configura como um convite à escuta das transformações decorrentes das interações coletivas em curso, movimentos sutis e vigorosos sob o olhar dos MTE, na tessitura proposta por Souto (2013).

Vale destacar que, inicialmente, estavam previstos seis encontros, com frequência semanal. No entanto, diante da expressiva adesão dos estudantes e de seus familiares à proposta, o número de atividades presenciais foi ampliado, passando a ocorrer duas vezes por semana, com início em 5 de maio e encerramento em 13 de junho de 2025. Ao todo, foram realizados doze momentos com as duplas de estudantes, cujas contribuições mostraram-se imprescindíveis para este estudo. Tais interações serão aqui analisadas, destacando-se as singularidades de cada participação.

Nesse contexto, a análise concentrou-se em apenas uma dupla para garantir profundidade investigativa e clareza nos processos estudados. A escolha recaiu sobre as estudantes que manifestaram destacada desenvoltura oral, tanto em interações individuais quanto coletivas. Essa habilidade possibilitou registros mais ricos, detalhados e reflexivos, ampliando a compreensão das dinâmicas de aprendizagem. Desse modo, o trabalho da dupla mostrou-se representativo e consistente para os objetivos da pesquisa.

Com base nos encontros realizados, a produção dos dados ocorreu de forma contínua, seguindo o cronograma estabelecido para cada unidade, possibilitando uma compreensão

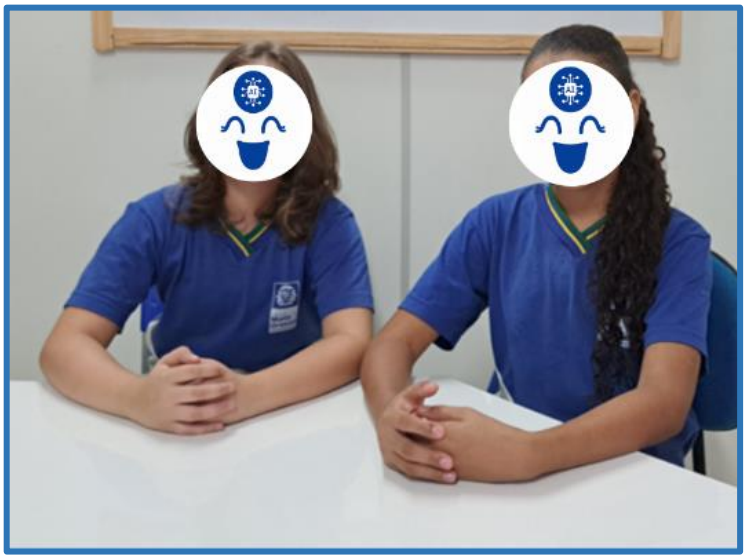
detalhada do processo investigado. Considerando as observações participativas e registros sistemáticos em notas de campo, foram captadas nuances e interações relevantes. Em desdobramento desse processo, ao final das atividades, realizou-se, em 13 de junho de 2025, um grupo focal com as três duplas participantes da investigação. O encontro possibilitou uma escuta coletiva e reflexiva sobre a experiência vivenciada.

5.2 Entre miniciclones e transformações: A IA como coautora da aprendizagem expansiva

A trajetória investigativa possibilitou identificar movimentos singulares de transformação afetivo-conceitual, que emergiram nas ações da dupla de estudantes, nos quais a IA se fez participante ativa nos fluxos expansivos. Nesse movimento, a abertura da Unidade 1, realizada em 5 de maio de 2025, marcou o início da pesquisa, com a apresentação da proposta às estudantes, o detalhamento dos objetivos e das etapas, bem como a integração de tecnologias digitais, com ênfase na IA voltada à produção colaborativa do conhecimento. Foram também explicitados os procedimentos éticos e os registros audiovisuais, garantindo o consentimento e a privacidade das participantes.

Nesse direcionamento, o primeiro encontro teve início com o acolhimento dos estudantes, visando informar, esclarecer dúvidas e assegurar a compreensão da dinâmica das atividades. Em seguida, foram entregues os termos de autorização de uso de imagem e voz, o Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (TALE) (Apêndice B) e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (Apêndice C), além do roteiro contendo as ações previstas para os seis encontros. Esse processo possibilitou interações valiosas, e na Figura 10 encontram-se registradas as estudantes participantes da pesquisa.

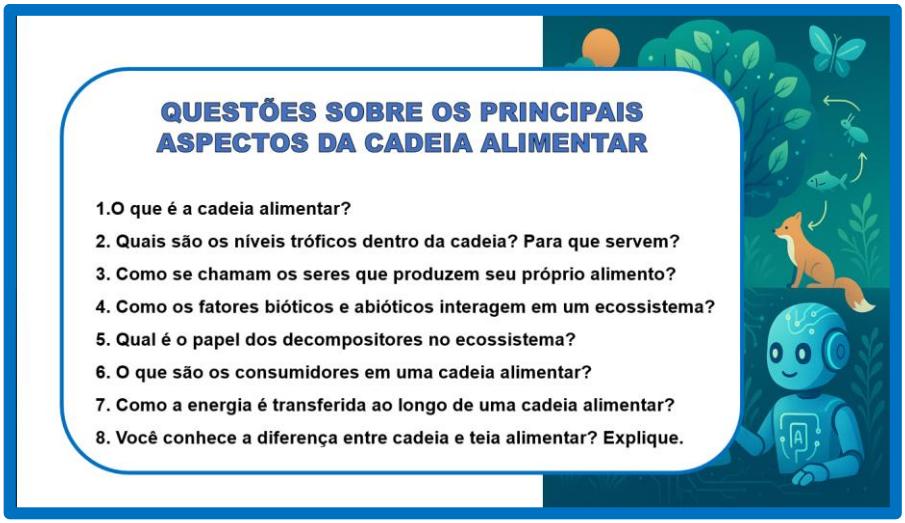
Figura 10 – Dupla “IAzinhas na Teia” durante a pesquisa do encontro inicial da Unidade 1



Fonte: Acervo da autora (2024).

Na sequência, buscou-se identificar os conhecimentos prévios das participantes a partir de oito questões específicas sobre o tema cadeia alimentar, elaboradas com o intuito de sondar a compreensão inicial e incentivar a reflexão. As perguntas abordaram conceitos básicos relativos à cadeia alimentar e às interações ecológicas, estando organizadas de forma ilustrativa na Figura 11, a seguir.

Figura 11 – Questionamentos sobre os principais aspectos da cadeia alimentar



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Tendo como base os elementos apresentados anteriormente, os estudantes foram convidados a responder a oito questões relacionadas aos principais aspectos da cadeia alimentar. Observou-se que apenas uma das respostas apontou aproximação conceitual com as

questões 1 e 6, por meio da pergunta: “É quando um animal come o outro?”. Para as demais perguntas, não foram registradas respostas, o que indica uma compreensão ainda incipiente sobre os temas abordados nesta etapa inicial.

Essa constatação mostra a relevância de aprofundar o estudo da temática, pois a lacuna conceitual aponta possibilidades de expansão do conhecimento sobre a cadeia alimentar em suas múltiplas dimensões. Compreender esse processo é fundamental não apenas para o ensino de Ciências da Natureza, mas também para a interpretação de fenômenos vitais e para a elaboração de saberes interdisciplinares ligados à saúde, energia e meio ambiente, com ênfase nos campos científico e tecnológico.

Ainda nesse encontro, foram realizadas diferentes atividades: a exibição do vídeo “Raiozinho de Sol (Fotossíntese)”, o diálogo com *flashcards* interativos, a resolução de um quebra-cabeça digital e a interação com o EcoBot, todos produzidos com participação da Inteligência Artificial. Algumas dessas propostas foram retomadas no encontro seguinte, já que o tempo inicial foi destinado às orientações gerais.

No dia 6 de maio de 2025, dando continuidade à dinâmica dos *flashcards* iniciada anteriormente, as estudantes realizaram a leitura de cartões contendo questionamentos fundamentais sobre a cadeia alimentar, incentivando uma abordagem dialógica. A dupla tinha autonomia para escolher quais cartões comentar e, ao final de cada intervenção, era apresentada uma resposta no verso mediante uma dinâmica interativa, que provocava a reflexão sobre os conceitos em discussão.

Na observação participante, foi possível perceber que a estratégia não apenas suscitou a participação, mas também levou as estudantes a relacionarem os conteúdos com exemplos do cotidiano, indicando um nível de engajamento e atenção acima do previsto. Além disso, a atividade possibilitou a retomada de conceitos já destacados em encontro anterior, indicando a preservação dos conteúdos na memória e certa familiaridade com os temas discutidos. O recorte a seguir apresenta trechos do diálogo original, selecionados por sua relevância para a análise do processo.

Diálogo 1

Pesquisadora: Como é que ele faz seu próprio alimento?
IA 1: Por meio da fotossíntese.
Pesquisadora: E como é a fotossíntese? Quais são os elementos que tem? Precisa de quê?
IA 2: Á água.
Pesquisadora: De onde que vai vir a água?
IA 2: Do solo.
IA 1: A luz do sol e o gás carbônico.

Pesquisadora: Isso aí ela pega tudo isso. E o que acontece? Acontece algo?
IA 1: Acontece uma mágica.
Pesquisadora: Isso, a gente chama de mágica para lembrar que é uma transformação, um processo químico.
IA 2: Sim.
Pesquisadora: Onde que acontece? Que parte da planta?
IA 2: Nas folhas.
Pesquisadora: É esse processo, essa mudança, essa transformação? Ela resulta em quê?
Pesquisadora: Planta, consegue fazer o quê? Seu...
IA 1: Seu alimento.
Pesquisadora: Que nós chamamos de...
IA 2: Glicose.
Pesquisadora: É só o alimento?
IA 2: Não.
Pesquisadora: Também produz. Libera o...
IA 2: Oxigênio.
Pesquisadora: Oxigênio. Quem precisa de oxigênio?
IA 1: Todos.

O Diálogo 1 inicia-se quando a pesquisadora pergunta: “Como é que ele faz seu próprio alimento?”. A estudante IA 1 responde prontamente: “Por meio da fotossíntese”, ativando um conhecimento prévio ainda vago e pouco detalhado. Esse momento constitui o ponto de partida que desperta memórias e inaugura o processo de elaboração conceitual, marcado pelas contradições internas que desestabilizam compreensões anteriores. Conforme Souto (2014), inspirada em Engeström (1987), tais tensões operam como forças de transformação, impulsionando o repensar coletivo e contribuindo para a elaboração de novas formas de compreender o conhecimento.

Em seguida, a pesquisadora aprofunda a questão ao perguntar: “E como é a fotossíntese? Quais são os elementos que tem? Precisa de quê?”. A resposta inicial de IA 2, restrita a “a água”, aponta uma compreensão fragmentada, mas, ao mesmo tempo, provoca um desafio intelectual que impulsiona o avanço das estudantes. A partir dessa tensão, elas começam a articular conexões mais densas entre produtores, fotossíntese e seus elementos constitutivos: água, luz solar e gás carbônico.

Esse processo de reelaboração, enriquecido pela incorporação de vocabulário científico e maior coerência conceitual, marca a passagem do saber prévio para uma compreensão estruturada, indicando um movimento de reorganização conceitual e afetiva. Considerando tais indícios, essa dinâmica aproxima-se do letramento científico, entendido como a capacidade de mobilizar explicações, interpretar fenômenos e utilizar linguagem própria das Ciências da Natureza (Sasseron; Carvalho, 2008).

Na continuidade, as estudantes reorganizam os termos e argumentos ancorados em um entendimento amplo do tema. A descrição da fotossíntese como uma “mágica”, apresentada

pela IA 1 em momento anterior, constitui uma ressignificação criativa do fenômeno. A partir dessa metáfora, a pesquisadora mobiliza a terminologia científica, instigando a compreensão do conceito como uma transformação química. Nesse percurso, a transição de “água” para “mágica” e, em seguida, para “oxigênio” indica um avanço no raciocínio em curto intervalo de tempo, caracterizando a intensidade momentânea típica do miniciclone.

Posteriormente, o diálogo é expandido com a introdução de uma nova dimensão: além de alimento, a planta também produz oxigênio. A pergunta “É só o alimento?” gera outro desafio intelectual, pois desestabiliza a explicação inicial e obriga as estudantes a ampliar o modelo mental. Essa integração de novas informações leva à compreensão da fotossíntese como processo ecológico, associado à interdependência entre seres vivos, constituindo a expansão.

A nova dimensão, então, traduz a abertura para um novo modo de pensar, no qual o conceito se amplia e se reorganiza, explicitando o caráter epistêmico e expansivo da aprendizagem. Nessa propositura analítica, percebe-se que a apropriação ocorre quando a pesquisadora pergunta: “Quem precisa de oxigênio?” e a estudante IA 1 responde: “Todos”. Esse enunciado direto sugere indícios de uma aprendizagem em processo de estruturação, resultado dos desafios vivenciados nas atividades anteriores, compreendidos e transformados em conhecimento próprio.

A questão incentiva as estudantes a relacionarem o processo da fotossíntese não apenas à produção de alimento, mas também à manutenção da vida de outros seres vivos. Esse movimento indica um salto qualitativo no entendimento do fenômeno, sendo que o conceito discutido ultrapassa o nível explicativo imediato e começa a ser incorporado como referência para compreender a interdependência entre os organismos no ecossistema.

Diante desse avanço conceitual, observam-se indícios do miniciclone “Da Mágica à Ciência”, de intensidade mediana, que marca o início do movimento epistêmico, impulsionado pela força afetiva do sentir, a qual desperta a curiosidade científica e o desejo de compreender os fenômenos naturais. As estudantes expressam encantamento e imaginação diante dos processos observados, mobilizando a transição entre o pensamento mágico e o raciocínio lógico.

Nesse contexto, o micromovimento expressivo manifesta-se na representação simbólica das descobertas, destacando avanços na ampliação do vocabulário conceitual e maior coerência nas explicações, aspectos motivados pela intervenção da pesquisadora, que orientou o diálogo e fortaleceu novas produções de sentido. A aprendizagem, ainda em consolidação, reflete o entrelaçamento entre emoção e cognição, configurando o despertar do olhar científico que orienta os miniciclones seguintes.

Os excertos do diálogo entre pesquisadora e estudantes ilustram o processo de reorganização conceitual e o surgimento dos movimentos epistêmicos que compõem o miniciclone “Da Mágica à Ciência”. Nesse percurso, observa-se a transição gradual entre o imaginário e o pensamento científico, impulsionada pela mediação dialógica e pelas experiências investigativas. A síntese desse processo é apresentada no Quadro 6, que reúne os registros e indicadores do fluxo do movimento epistêmico.

Quadro 6 – Miniciclone “Da Mágica à Ciência”

Movimento(s)	Registro(s)	Indicadore(s) do(s) Processo(s)
Desencadeador	Pesquisadora: – Como é que ele faz seu próprio alimento? IA 1: – Por meio da fotossíntese.	Mobilizou a memória e ativou o processo inicial do miniciclone.
Reorganização Conceitual	Pesquisadora: – E como que é a fotossíntese, IA 2? Quais são os elementos que tem? Precisa de quê? IA 2: – A água. Pesquisadora: -Isso, a gente chama de mágica para lembrar que é uma transformação, um processo químico.	Reinterpretou a metáfora, conectando o conhecimento prévio ao conceito científico.
Experimentação	Pesquisadora: – É só o alimento? IA 2: – Não. Pesquisadora: – Também produz, libera o... IA 2: – Oxigênio.	Testou e reorganizou a compreensão inicial, integrando novas informações sobre o fenômeno e ampliando o entendimento conceitual.
Expansão	Pesquisadora: -Quem precisa de oxigênio? IA2: -Todos.	Ampliou a compreensão do conceito ao vinculá-lo ao contexto ecológico.
Apropriação	IA2: -Oxigênio.	Indiciou a materialização do conceito científico a partir da apropriação gradual do termo correto

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A organização conceitual proposta no quadro acima refere-se ao miniciclone “Da Mágica à Ciência”, o qual tem início com o questionamento da pesquisadora, que provoca a ativação do conhecimento prévio da estudante sobre a fotossíntese. Embora ainda fragmentado, esse saber atua como desencadeador do processo de aprendizagem. A partir desse ponto, os desafios intelectuais mobilizam as estudantes a reorganizar conceitos, ampliando as conexões entre produtores, água, luz solar e gás carbônico.

Nesse contexto, a metáfora da “mágica” foi reinterpretada e transformada em conceito científico, manifestando avanços rápidos e intensos característicos do miniciclone. O processo prosseguiu com a experimentação e expansão, nas quais as estudantes ampliaram a compreensão e relacionaram a fotossíntese ao contexto ecológico. Por fim, a introdução do termo “oxigênio” por IA 2 indica um avanço na compreensão da interdependência ecológica, sinalizando um movimento de apropriação crítica, em que o conhecimento tende a ser internalizado e expresso em discurso próprio.

Com base nas primeiras experiências analisadas na Unidade 1, as interações iniciais com a IA levaram as estudantes a revisitar conceitos sobre fotossíntese e o papel dos produtores na manutenção da vida. Esse início estabeleceu a base para compreender relações ecológicas mais amplas, expressando as conexões e interdependências entre os seres vivos. O percurso educativo evolui gradualmente, integrando saberes anteriores a novas reflexões que emergem no diálogo com a IA.

No âmbito da Unidade 2, a realização das atividades possibilitou interações relevantes com a Inteligência Artificial Generativa, promovendo trocas qualitativas que ampliaram o engajamento das estudantes e contribuíram para o desenvolvimento do raciocínio científico e da expressão criativa. Esse processo inicial contribuiu para a produção do pensamento científico, pois as interações permitiram aprofundar a compreensão das cadeias alimentares e a reconhecer a interdependência entre produtores, consumidores e decompositores.

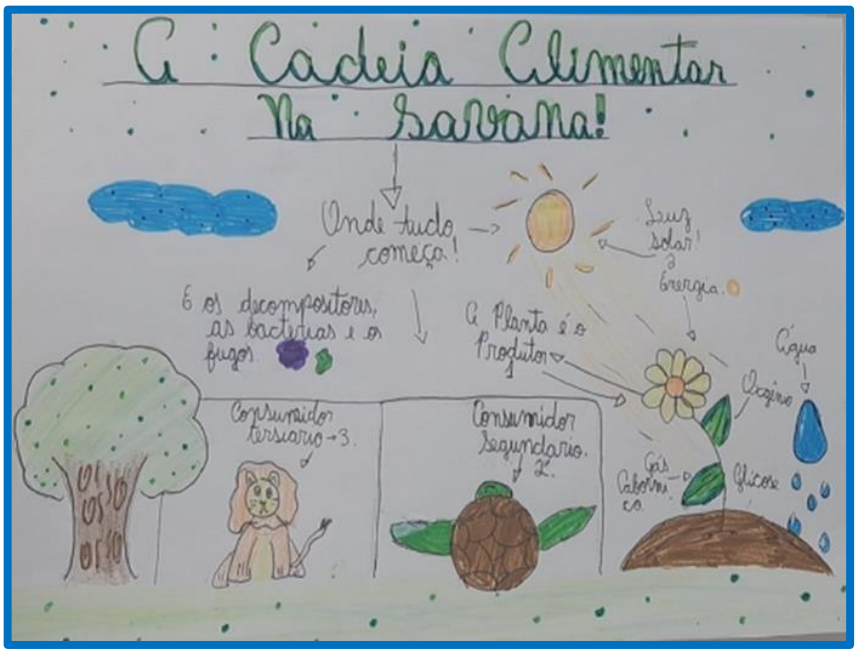
As atividades selecionadas, pela sua pertinência ao objeto investigativo e pelas possibilidades de apresentar diferentes modos de interação entre as estudantes, tecnologias digitais e conceitos científicos, foram o bate-papo com o assistente virtual EcoBot, a exibição do vídeo “A incrível viagem da energia pelo Pantanal” e o “Terrário Interativo”.

Prosseguindo na análise, apresenta-se o cartaz produzido por uma das estudantes após assistir ao vídeo proposto, que expressa ideias sobre o conceito de cadeia alimentar. O material sugere, de forma simultânea, avanços na organização conceitual, tais como a integração de produtores, consumidores e decompositores, além das tensões próprias do processo de aprendizagem.

Embora a proposta inicial previsse a representação do bioma Pantanal, a estudante optou por construir o cartaz a partir de outro cenário ecológico. Essa escolha pode ser compreendida como uma “quebra de *script*” (Souto, 2013), pois rompe com o roteiro planejado e inaugura um movimento de ressignificação do objeto de estudo.

Sob essa ótica, tal deslocamento não representa um afastamento da proposta, mas um indício de iniciativa criativa e reorganização conceitual, indicando que o foco das estudantes se concentrou no fenômeno da cadeia alimentar, e não no ambiente específico apresentado no vídeo. Essa representação traduz o modo como as estudantes reelaboraram o sentido da atividade, integrando imaginação e conceitos científicos em uma nova configuração visual, conforme apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Entre desenhos e conceitos: a produção visual da estudante



Fonte: Produção da dupla “IAzinhas na Teia” (2025).

O cartaz em destaque, elaborado coletivamente, permite perceber o processo de aprendizagem em suas diferentes dimensões: verbal, imagética e científica. A imagem sugere uma incorporação gradual dos conceitos e indica a capacidade das estudantes de traduzi-los em distintos registros, em um percurso que se mostra contextualizado.

Desse modo, ao elaborarem o cartaz, as estudantes mobilizam e articulam saberes prévios sobre os níveis tróficos, contribuindo para o delineamento de compreensões mais amplas acerca da cadeia alimentar. Essa ação pôde ser compreendida como um movimento desencadeador de novas elaborações, no qual o conhecimento começou a se estruturar de modo mais complexo, incluindo não apenas produtores e decompositores, mas também elementos abióticos essenciais, como a luz solar e o gás carbônico, que sustentam o fluxo energético do sistema ecológico.

Durante a elaboração, a classificação dos animais indica um descompasso, quando a estudante representa o “Leão, consumidor terciário” e a “Tartaruga como consumidor secundário”. Embora tal relação não corresponda ao contexto ecológico real da savana, mostra uma tentativa de aplicar a hierarquia trófica, reorganizando conceitos ainda em fase inicial. Esse movimento também sugere uma prática de experimentação, na qual a estudante busca aplicar a noção de níveis tróficos aos exemplos escolhidos, ainda que apresente algumas lacunas conceituais.

Mais à frente, em atividade posterior denominada “Bate-papo com o EcoBot”, a dupla retoma os níveis tróficos e esclarece corretamente que o leão não se alimenta da tartaruga. Essa

retomada representa um avanço relevante no processo de aprendizagem, pois atesta a capacidade de revisar, confrontar e corrigir conceitos previamente mobilizados.

Assim, as duas produções, analisadas em conjunto, ilustram um movimento de evolução conceitual, no qual as participantes passam de uma compreensão inicial, marcada por simplificações, para uma elaboração mais refinada e coerente com as relações ecológicas reais. Para tornar mais visível o percurso de evolução conceitual descrito, o Quadro 7 sintetiza os movimentos observados no miniciclone da Savana, articulando registros e indicadores do processo.

Quadro 7 – Miniciclone da Savana

Movimento(s)	Registro(s)	Indicadore(s) do(s) Processo(s)
Desencadeador	Elaboração do cartaz sobre a cadeia alimentar na savana.	Mobilizou saberes prévios sobre níveis tróficos (produtores, consumidores e decompositores).
Reorganização Conceitual	Classificação dos animais: leão como consumidor terciário e tartaruga como consumidor secundário.	Reorganizou conceitos, mas apresentou descompasso conceitual, revelando compreensão inicial.
Experimentação	Tentativa de aplicar a hierarquia trófica com os exemplos do leão e da tartaruga.	Evidenciou domínio parcial da estrutura trófica, embora com ajustes necessários nos exemplos.
Expansão	Em atividade posterior, retomou os níveis tróficos e corrigiu: o leão não se alimenta da tartaruga.	Revisou e confrontou conceitos, ampliando a coerência das explicações em relação às interações reais.
Apropriação	Produção final demonstrou compreensão ajustada das relações tróficas.	Consolidou a noção de hierarquia alimentar com exemplos adequados, evidenciando evolução conceitual.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A imagem anterior apresenta o percurso de aprendizagem em que as estudantes mobilizaram saberes prévios e, apesar de equívocos conceituais, avançaram na reorganização das ideias. O processo evoluiu com revisões e ajustes nas classificações dos animais, indicando ampliação da compreensão. Esse percurso contínuo articula-se à interação com o EcoBot, intensificando as tensões e reorganizações intelectuais, o que resultou na formação de um miniciclone robusto e na apropriação progressiva do conhecimento.

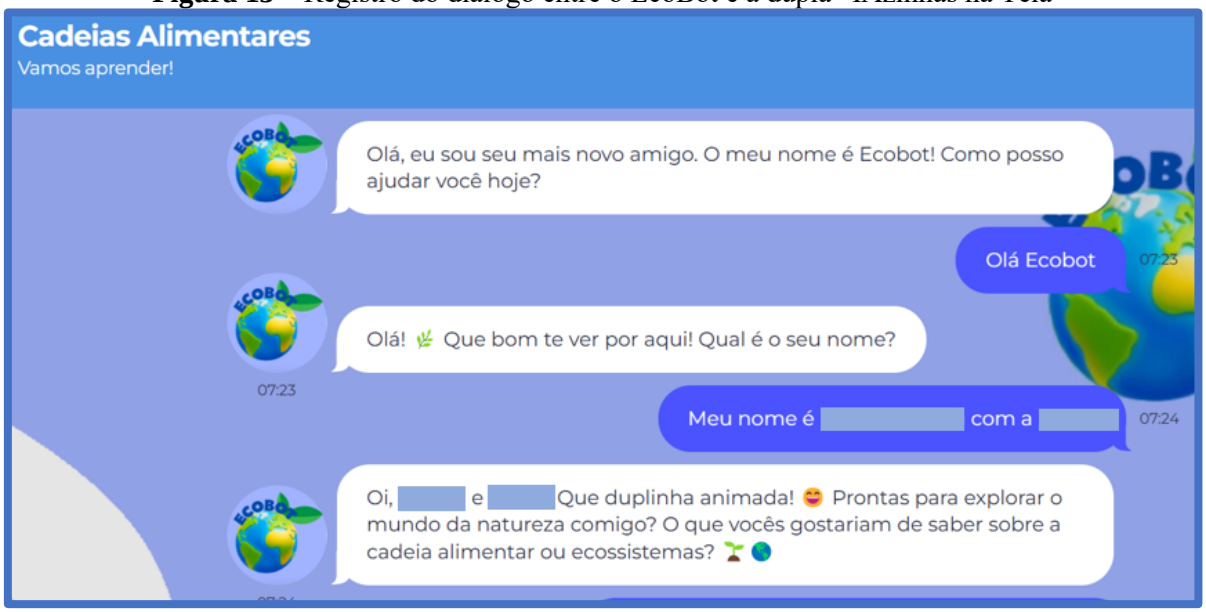
Nesse movimento, o possível miniciclone da Savana insere-se na dimensão epistêmica, apresentando intensidade forte e predominância do aspecto representativo, em que o conhecimento se materializa por meio da criação simbólica. As estudantes ampliam a compreensão dos níveis tróficos ao traduzirem o raciocínio ecológico em representações visuais do ecossistema, apontando o entrelaçamento entre emoção, colaboração e elaboração

conceitual. Nesse processo, o representar atua como força central, expressando a apropriação do pensamento científico e a consolidação de sentidos que emergem da interação entre cognição e expressão criativa.

Nesse contexto, as compreensões mobilizadas na elaboração do cartaz desdobram-se na atividade seguinte, em que o diálogo com o EcoBot possibilita retomar, ampliar e ressignificar os conceitos sobre os níveis tróficos e as relações ecológicas.

Com relação à atividade “Bate-Papo com o EcoBot”, esta consistiu em um momento de diálogo entre as estudantes e o assistente virtual, em que elas puderam elaborar perguntas e receber respostas em tempo real sobre os níveis tróficos e os seres que compõem a cadeia alimentar. A interação com a IA EcoBot atuou suscitando a curiosidade e contribuindo para a expressão de ideias. Esse primeiro contato pode ser visualizado no recorte do diálogo estabelecido entre as estudantes e o EcoBot durante a atividade, mostrado na Figura 13.

Figura 13 – Registro do diálogo entre o EcoBot e a dupla “IAzinhas na Teia”



Fonte: *Print* da tela do EcoBot (2025).

No primeiro momento de aproximação entre as estudantes e a IA EcoBot, observa-se um cenário marcado por saudações, curiosidade e apresentação mútua. A IA convida ao diálogo, abrindo espaço para que as estudantes expressem seus interesses, emoções e experiências cotidianas. Constitui-se, assim, um ambiente favorável à interação, no qual o vínculo afetivo inicial funciona como ponto de partida para futuras trocas de ideias sobre a cadeia alimentar.

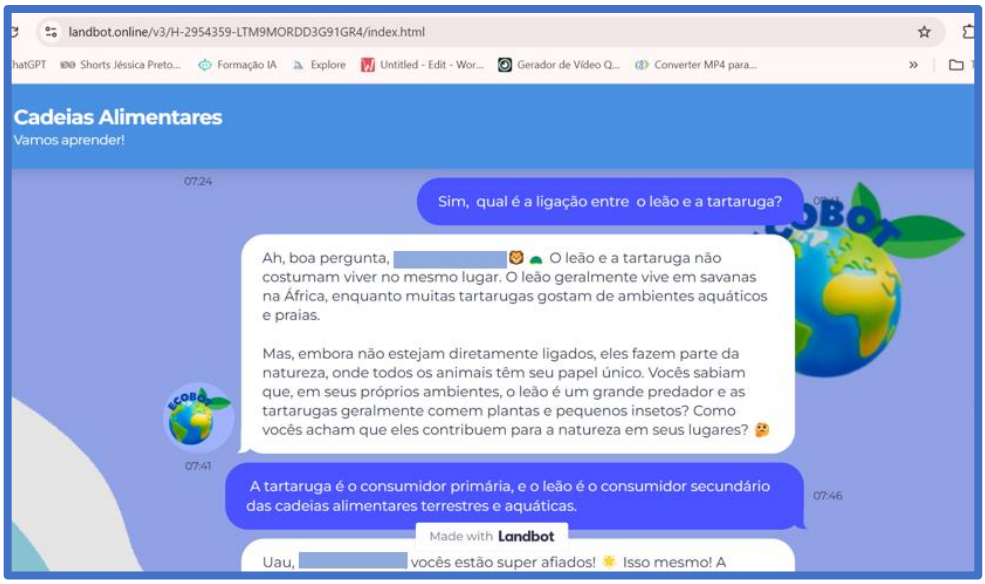
Durante essa proposta, emergiram questionamentos espontâneos e comparações criativas, que expressaram tanto conhecimentos prévios quanto interpretações marcadas pelo

imaginário infantil. Esse ambiente de trocas contribuiu para que as participantes confrontassem suas hipóteses e reformulassem compreensões acerca das relações ecológicas.

Nesse processo, o possível movimento desencadeador manifesta-se quando as estudantes questionam a relação entre o leão e a tartaruga, ponto inicial que mobiliza saberes prévios, ainda que permeados pelo imaginário pessoal, e abre espaço para a revisão dos conceitos científicos. Nesse cenário, quando a tecnologia passa a integrar a atividade das estudantes, ela não apenas oferece apoio, mas expande suas possibilidades cognitivas, permitindo que o pensamento avance para formas mais elaboradas de análise e resolução de problemas, como interpreta Tikhomirov (1981).

A Figura 14 apresenta o momento em que esse questionamento emerge no diálogo com o EcoBot, ilustrando o possível evento desencadeador do processo educativo.

Figura 14 – Registro do diálogo das estudantes com o EcoBot sobre cadeia alimentar (questionamento sobre a relação entre leão e tartaruga)



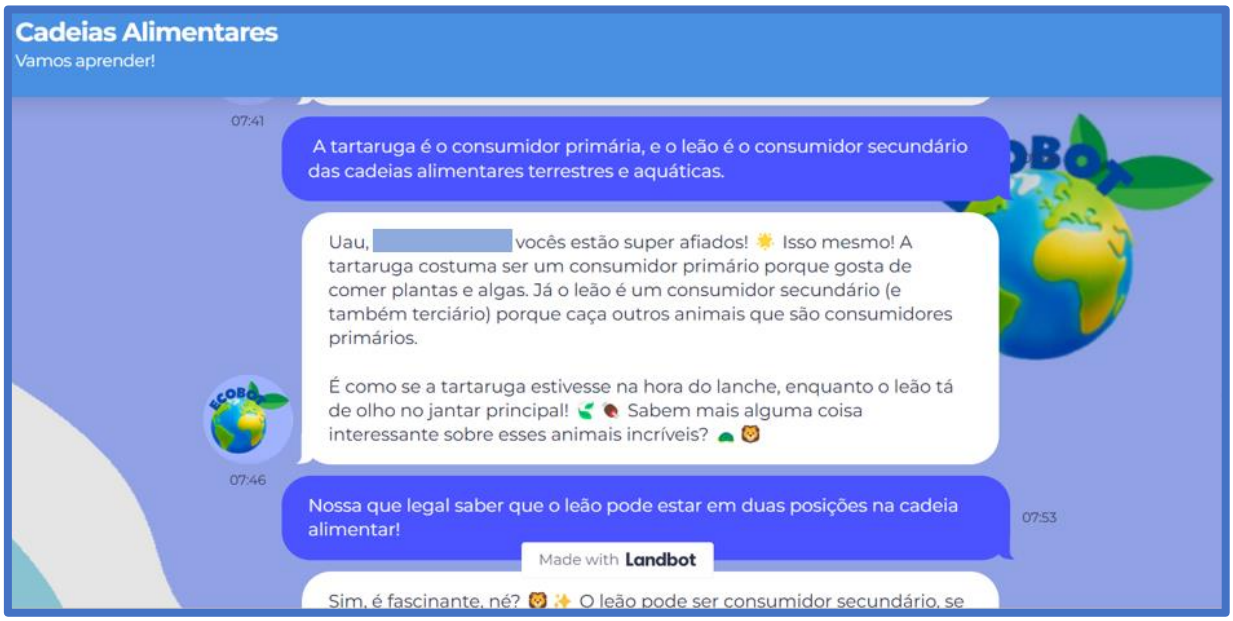
Fonte: *Print* da tela do EcoBot (2025).

A referida produção em destaque mostra o momento de desencadeamento do miniciclone, em que a curiosidade das estudantes se materializa no questionamento sobre a relação entre os animais. Essa dúvida mobiliza conhecimentos iniciais, ainda permeados pelo imaginário pessoal, e marca o ponto de partida para uma nova organização intelectual.

Ainda no mesmo registro, observou-se o processo de reorganização conceitual e afetiva, a partir do equívoco na classificação da tartaruga como consumidora primária e do leão como secundário. Esse descompasso gerou tensão cognitiva e impulsionou a reelaboração do pensamento, oportunizada pela atuação do EcoBot. Assim, observou-se o poder de ação da IA

ao interagir com as participantes, pois motivou a negociação de sentidos e caracterizou a moldagem recíproca entre estudantes e tecnologia (Engeström; Sannino, 2010). Tais evidências podem ser observadas na Figura 15, que registra os diálogos interativos estabelecidos pelas estudantes com a IA.

Figura 15 – Registro do diálogo das estudantes com o EcoBot sobre cadeia alimentar (equívoco na classificação dos níveis tróficos)

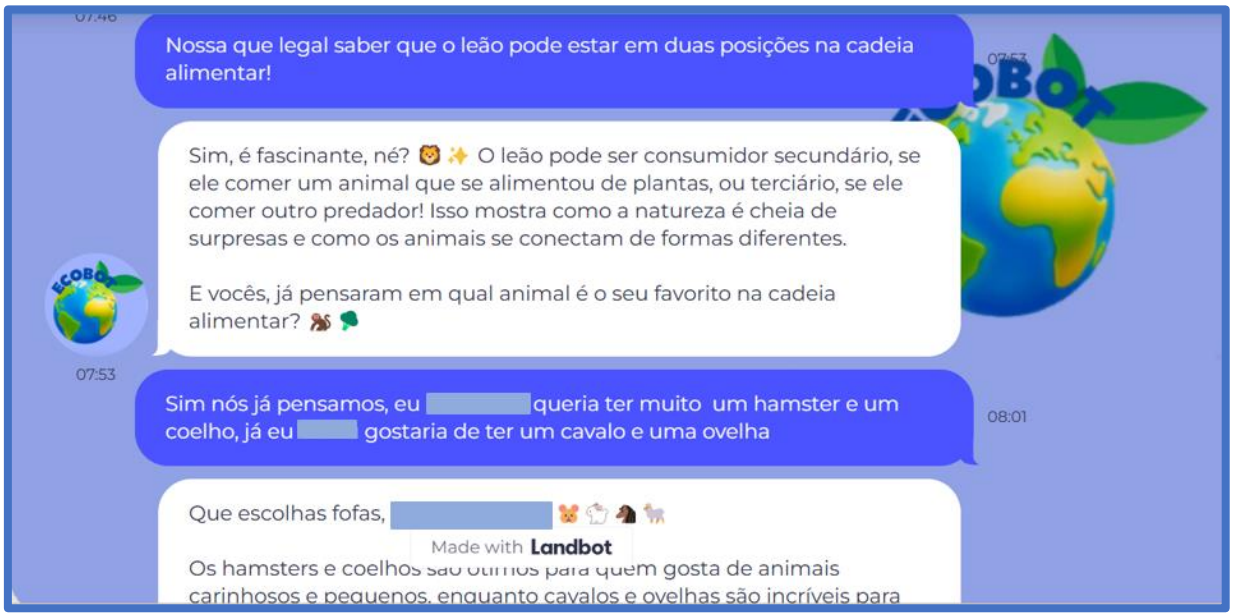


Fonte: *Print* da tela do EcoBot (2025).

À luz da figura acima, pode-se observar que o equívoco inicial, entendido como parte do processo de aprendizagem das estudantes, constitui um ponto de inflexão conceitual no miniciclone, promovendo a revisão crítica das concepções mobilizadas e abrindo espaço para novas possibilidades de interpretação.

As estudantes, em um processo de experimentação, passam a testar hipóteses e considerar diferentes cenários, como o fato de o leão poder ocupar múltiplas posições na cadeia alimentar. Essa validação aparece no diálogo quando o EcoBot destaca que a tartaruga é consumidora primária e o leão pode ser classificado como secundário ou terciário, dependendo da presa, o que indica a ampliação e a reorganização conceitual. Desse modo, o exercício de revisão crítica consolida-se e oportuniza a compreensão das dinâmicas tróficas em sua complexidade, conforme mostrado na Figura 16.

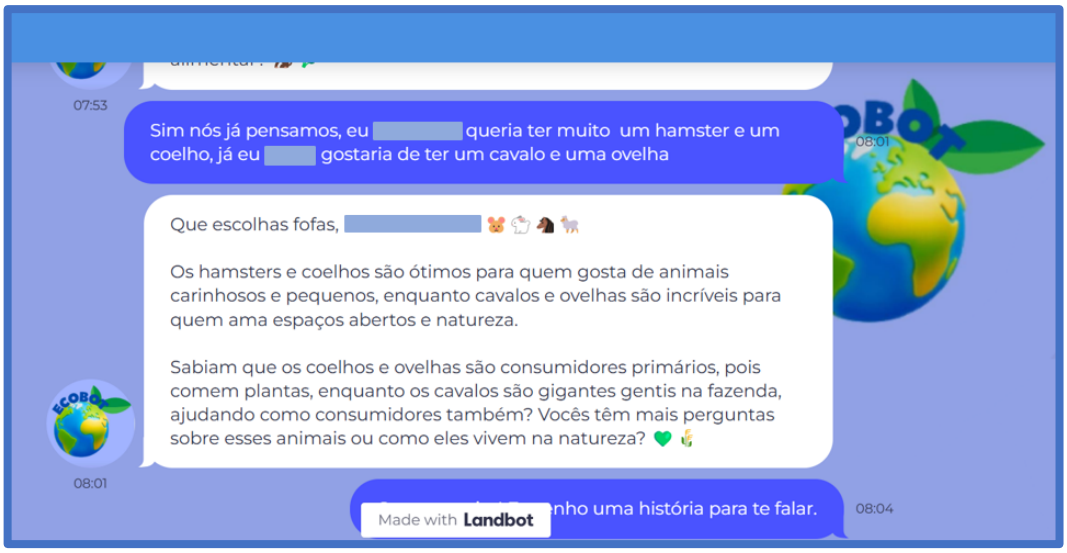
Figura 16 – Registro do diálogo das estudantes com o EcoBot sobre cadeia alimentar(exemplos de animais e níveis tróficos)



Fonte: *Print* da tela do EcoBot (2025).

Na sequência, pode-se analisar possíveis movimentos de expansão da aprendizagem, quando as estudantes trazem exemplos de outros animais (*hamster*, coelho, cavalo e ovelha), relacionando-os aos papéis de consumidores primários e herbívoros. Essa abertura mostra a apropriação de novos sentidos ao articular cotidiano e ciência. Essa dinâmica pode ser constatada no diálogo da Figura 17 a seguir.

Figura 17 – Registro do diálogo das estudantes com o EcoBot sobre cadeia alimentar (classificação dos animais)



Fonte: *Print* da tela do EcoBot (2025).

Conforme a referida figura, pode-se observar que a possível apropriação se apresenta no reconhecimento refinado de que coelhos e ovelhas pertencem aos consumidores primários, enquanto o leão ocupa níveis superiores. Essa validação se consolida pela atuação do EcoBot, que confirma as classificações e fortalece a apropriação conceitual pelas estudantes. Assim, o percurso, em sua totalidade, indica a progressão do pensamento: de uma compreensão inicial marcada por simplificações até uma elaboração mais consistente e coerente com as relações ecológicas reais.

Ainda durante a atividade, os *feedbacks* produzidos pelo EcoBot passaram a influenciar o modo como as estudantes elaboravam suas ideias, contribuindo para a formulação de hipóteses e reorganização das explicações. Dessa forma, Borba (1999) destaca que determinados *feedbacks* fornecidos por tecnologias participam da elaboração do pensamento, ao suscitarem novas formas de raciocinar e ampliar as possibilidades de interpretação.

Com base nas interações analisadas, infere-se que o possível miniciclone “Diálogos com o EcoBot” configura-se na dimensão epistêmica, apresentando intensidade forte. As tensões geradas pelo diálogo com a IA impulsionaram o pensamento das estudantes, que negociaram ideias e reformularam hipóteses em processo contínuo de reorganização conceitual. Dentro dessa dimensão, destaca-se o aspecto colaborativo, expresso nas trocas dialógicas em interação com a IA, nas quais emoção, cognição e ação convergiram para a produção autônoma do conhecimento.

O diálogo apresentado entre as estudantes e o EcoBot indica o ponto inaugural com indícios de um miniciclone, marcado pela mobilização, reelaboração e expansão dos saberes científicos. Tal processo manifesta-se de forma articulada nas etapas sistematizadas no Quadro 8, que permite visualizar o encadeamento progressivo da aprendizagem.

Quadro 8 – Miniciclone “Diálogos com o EcoBot”

Movimento(s)	Registro(s)	Indicadore(s) do(s) Processo(s)
Desencadeador	**IAzinhas:** - Qual é a relação entre o leão e a tartaruga na cadeia alimentar?	O questionamento expressa curiosidade e mobiliza saberes prévios, ainda permeados pelo imaginário infantil.
Reorganização Conceitual	**IAzinhas:** -A tartaruga é consumidor primário, e o leão é consumidor secundário.	O equívoco na classificação dos níveis tróficos gera tensão cognitiva e desencadeia a revisão conceitual e afetiva. O diálogo com a IA oportuniza a reelaboração do pensamento e a reorganização das concepções iniciais.
Experimentação	**IAzinhas:** - Nossa, que legal saber que o leão pode estar em duas posições na cadeia alimentar!	As estudantes testam hipóteses e validam novas compreensões. O EcoBot estimula reflexão e indica ampliação e reorganização conceitual.
Expansão	**IAzinhas:** -Eu queria muito ter um hamster e um coelho: eu gostaria de ter um cavalo e uma ovelha.	A fala mostra conexão entre ciência e cotidiano. As estudantes generalizam o conceito e demonstram ampliação de sentidos a partir da interação com IA.
Apropriação	**EcoBot:** coelhos/ovelhas como consumidores primários; leão em nível superior.	A síntese apresentada indica a apropriação conceitual das classificações tróficas, bem como uma compreensão mais consistente e coerente das relações ecológicas, fortalecida pela validação realizada pelo EcoBot.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A sistematização apresentada no referido quadro mostra como o diálogo estabelecido entre as estudantes e o EcoBot desencadeia um possível miniciclone que se desdobra em fases sucessivas de reorganização conceitual, experimentação, expansão e apropriação, conforme Souto (2013). O movimento inicial, marcado pela curiosidade das estudantes diante da pergunta “O que a onça-pintada consome?”, traduz o impulso afetivo e cognitivo que dá origem ao processo investigativo.

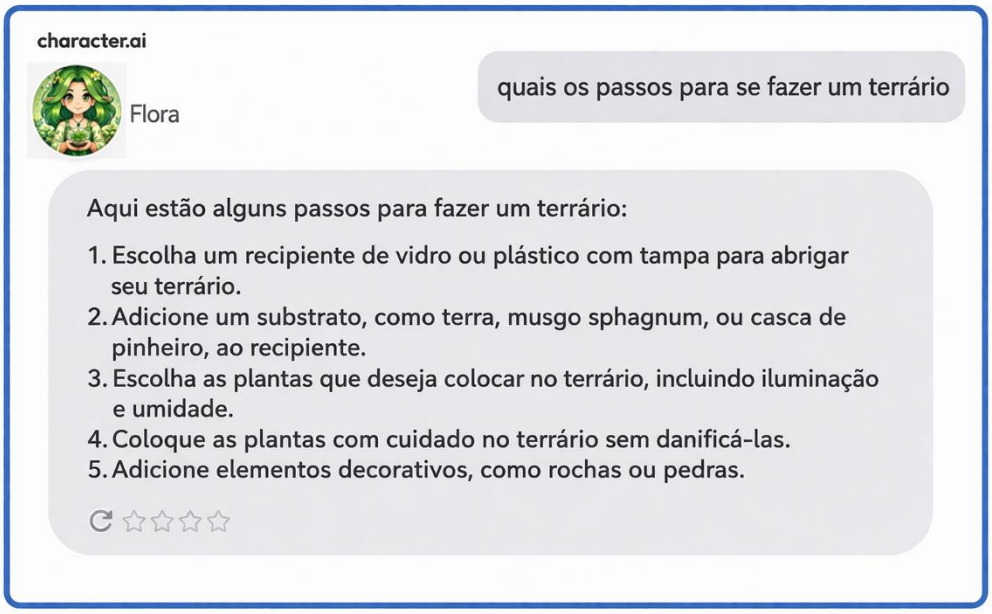
A partir desse ponto, as interações com a IA conduzem à reconstrução de conceitos, à formulação de hipóteses e à elaboração de novas explicações sobre as relações tróficas. Esse percurso mostra que o diálogo com a IA não apenas mobiliza saberes prévios, mas também promove o desenvolvimento crítico das concepções, culminando em um estágio de apropriação, quando as estudantes expressam autonomia intelectual ao identificar os níveis hierárquicos da cadeia alimentar.

Dando continuidade à descrição e análise das atividades, a proposta do “Terrário Interativo” foi desenvolvida no contexto da Unidade 2, “Sustentabilidade dos seres vivos nos ecossistemas”. O trabalho teve início com o diálogo das estudantes com a IA Flora sobre diferentes temas. Desse modo, as estudantes abordaram o fluxo de energia, a interação entre os seres vivos e o ambiente, refletindo sobre os processos que sustentam o equilíbrio ecológico.

No diálogo em destaque, observa-se o movimento reflexivo das estudantes, que articulam ideias sobre as etapas de construção do terrário, os cuidados necessários à sua preservação e as conexões entre a atividade e a cadeia alimentar. Nesse contexto, emergiu um possível miniciclone, desencadeado pela pergunta “quais são os passos para fazer um terrário?”,

momento em que as estudantes manifestaram curiosidade e disposição para aprender. Esse episódio está representado na Figura 18.

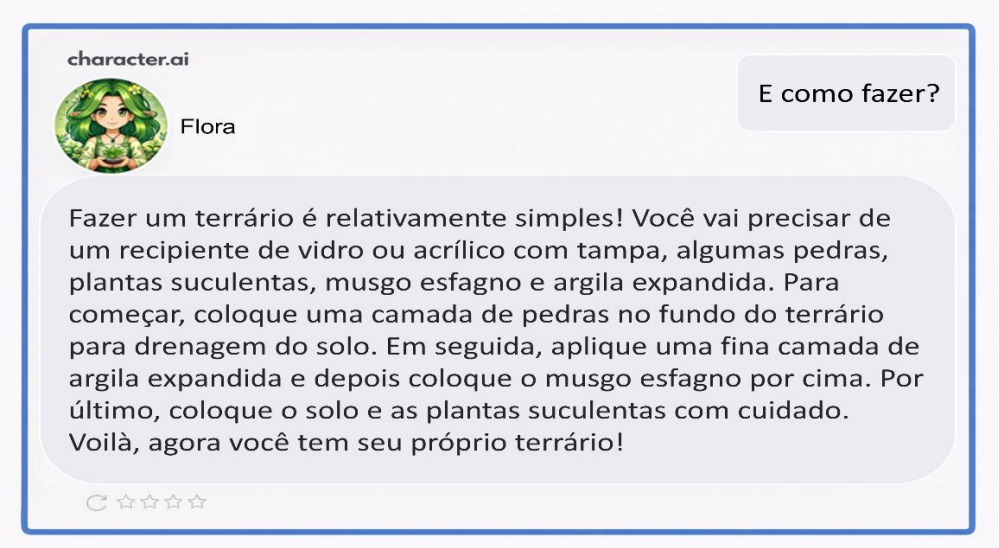
Figura 18 – Diálogo com a IA Flora apresentando os passos para montar o terrário



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

As falas registradas nesse diálogo expressam a curiosidade das estudantes diante da pergunta “quais são os passos para fazer um terrário?”, que desencadeou o movimento inicial do miniciclone. Como consequência, a IA Flora apresentou orientações sobre as camadas que compõem o ecossistema (pedras, musgo, terra), transformando a dúvida inicial em guia de ação e reelaboração do conhecimento. Texto e imagem articulam-se nesse ponto, pois mostram como a devolutiva da IA funcionou como uma modelagem derivada da ruptura inicial, organizando a passagem da indagação para o início da prática. Na sequência, a Figura 19 apresenta a continuidade da interação das estudantes com a IA Flora, momento em que surgem novos questionamentos sobre a construção do terrário.

Figura 19 – Interação das estudantes com a IA Flora durante a construção do terrário

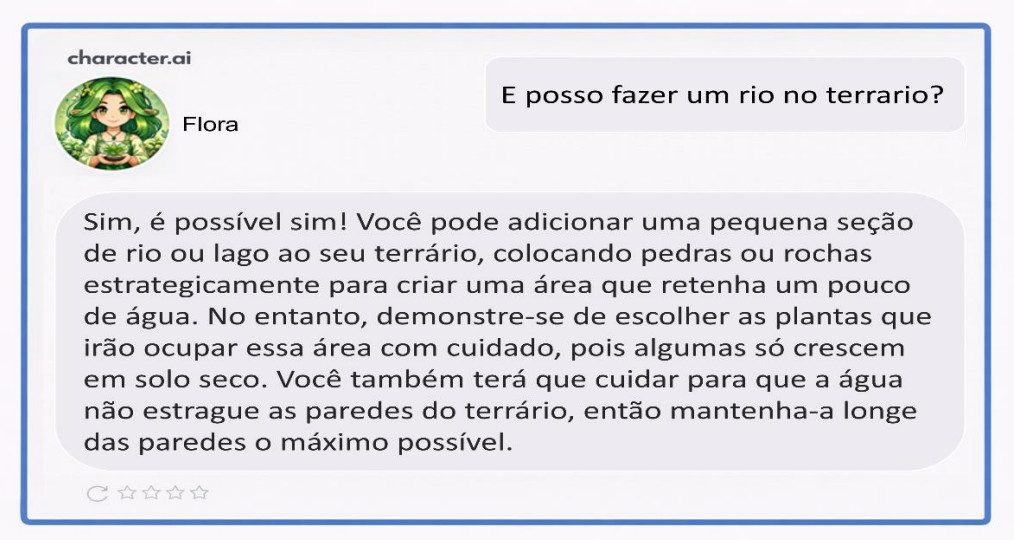


Fonte: Captura de tela da plataforma Character.ai (2025).

Com base na figura acima, constata-se a emergência do desenvolvimento da problematização. As estudantes foram além da primeira resposta e começaram a explorar diferentes possibilidades: perguntaram “como fazer?” e “posso fazer um rio no terrário?”. Esse movimento mostrou uma postura investigativa e a testagem de hipóteses, que foram respondidas pela IA com cuidados técnicos, conectando a prática de montagem ao raciocínio sobre equilíbrio ecológico.

Nesse processo, as mídias não se restringem a instrumentos externos, mas integram-se ao próprio sistema de atividade, influenciando as ações, as escolhas e as tomadas de decisão das estudantes. Para Souto (2013), utilizar ou não determinada mídia interfere diretamente no desenvolvimento do trabalho, pois ela se torna parte constitutiva dos sujeitos e reorganiza os modos de pensar e agir dentro da atividade. Essa compreensão também se aproxima da noção de *Seres-Humanos-Com-Mídias*, na qual as mídias participam da produção do pensamento e da atividade cognitiva (BORBA; VILLARREAL, 2005). Esse processo é ilustrado na Figura 20.

Figura 20 – Estudantes dialogam com a IA Flora sobre a possibilidade de inserir um rio no terrário

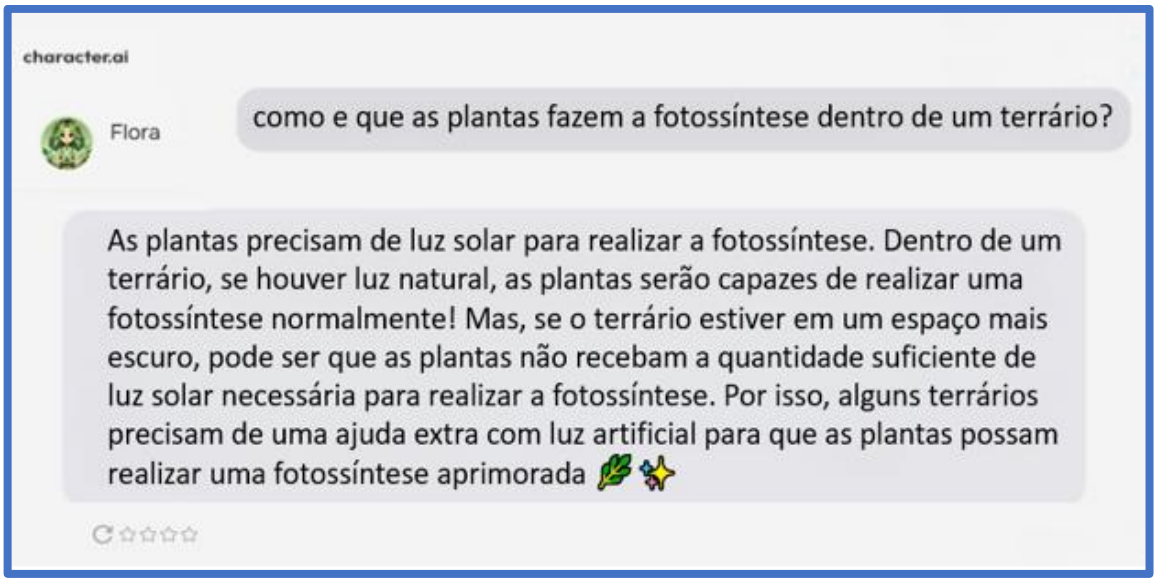


Fonte: Captura de tela da plataforma Character.ai (2025).

Como se observa na referida figura, a IA Flora apresentou instruções de forma sequencial, explicando a função de cada camada de pedras, musgo e terra. Nesse estágio, as estudantes ainda estavam em processo de problematização, acompanhando atentamente as orientações iniciais e levantando novas perguntas sobre o fazer do terrário, como a possibilidade de acrescentar um rio.

Na etapa seguinte, as estudantes, em interação com a IA Flora, avançaram no processo investigativo ao questionar sobre a realização da fotossíntese dentro de um terrário. A troca ocorrida no *chat*, em que a curiosidade das estudantes gerou uma questão central, orientou a continuidade da atividade e contribuiu para a análise dos processos internos do ecossistema construído, conforme ilustrado na Figura 21.

Figura 21 – Questionamento sobre a fotossíntese no terrário durante a interação com a IA Flora



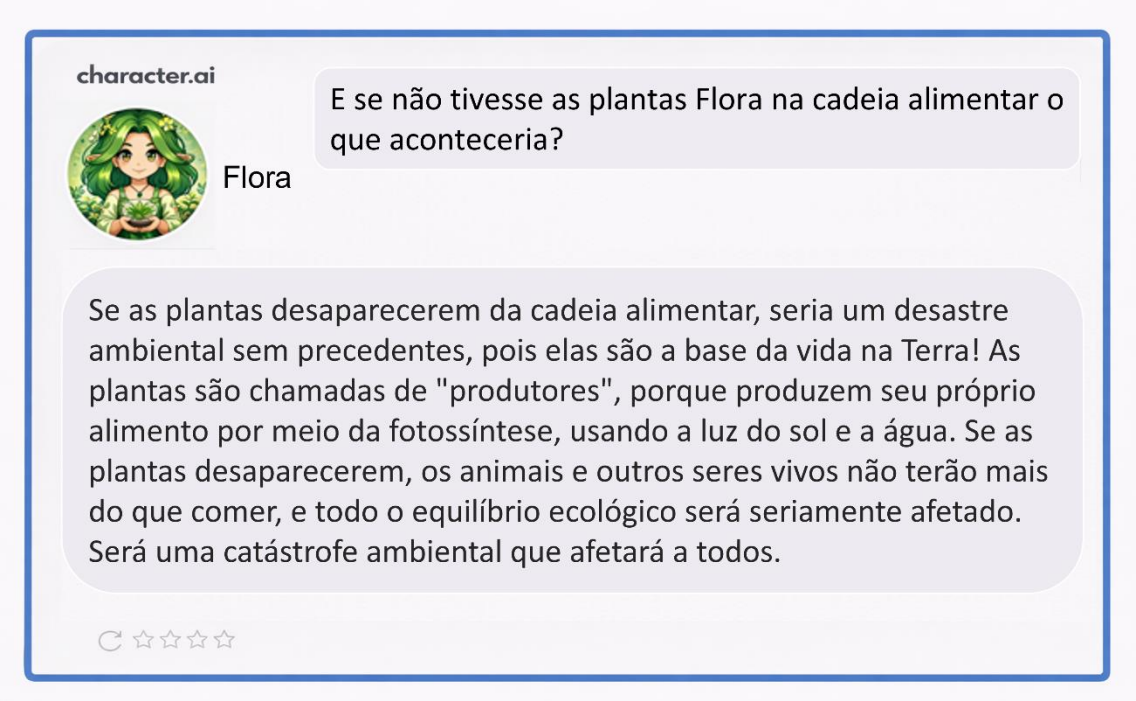
Fonte: Captura de tela da plataforma Character.ai (2025).

Dando continuidade à análise, contempla-se que, ao formular a pergunta “como as plantas fazem a fotossíntese dentro de um terrário?”, as estudantes atestaram que já reconheciam a importância da fotossíntese para a sobrevivência das plantas, mas buscavam compreender como esse processo se efetiva em um ambiente fechado. Dessa forma, a questão contribuiu para a passagem de uma concepção inicial para uma reelaboração conceitual, pois articula saberes prévios com novas problematizações. Esse gesto investigativo ultrapassa a simples repetição de conteúdos, sinalizando a tentativa de integrar conceitos científicos a um contexto real vivenciado.

Conforme as discussões se ampliam, o conjunto das falas das estudantes mostra o avanço de suas reflexões, porque, ao questionarem “e se não tivesse as plantas na cadeia alimentar?”, ultrapassaram a simples montagem do terrário e passaram a relacioná-lo com a lógica da dependência dos seres vivos nos ecossistemas. Esse movimento indica o desdobramento da curiosidade inicial para reflexões mais complexas acerca do papel fundamental das plantas na manutenção da vida.

De modo articulado a esse avanço, a atividade passa a promover o desenvolvimento do pensamento crítico e da capacidade de interpretar situações ecológicas reais. Dessa forma, é preciso criar condições para que os educandos aprendam a pensar e a resolver problemas de forma criativa e inventiva, conectada com as demandas atuais e futuras, de modo socialmente responsável e sustentável. Segundo Elicker e Barbosa (2021, p. 20), a aprendizagem precisa promover a mobilização de saberes em situações relevantes, incentivando a autonomia intelectual e a construção compartilhada de soluções. Essa dinâmica reflexiva encontra-se representada na Figura 22.

Figura 22 – Interação das estudantes com a IA Flora sobre a ausência das plantas na cadeia alimentar



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

Conforme a imagem em destaque, o percurso investigativo, marcado pelo encadeamento de respostas curtas e imediatas, com retomadas e ampliações, sinaliza que a resposta da IA Flora, ao indicar que a ausência das plantas resultaria em um colapso ambiental, ofereceu às estudantes subsídios para elevar sua compreensão sobre o papel das plantas como produtoras e base da vida na Terra. Esse retorno criou condições para que relacionassem o experimento do terrário a processos ecológicos mais amplos, conectando a prática vivenciada a conceitos científicos como fotossíntese, cadeias alimentares e equilíbrio ecológico em escala global.

Por fim, as estudantes partiram para a produção do terrário, etapa prática em que escolheram recipientes, organizaram camadas de pedras, terra e musgo, selecionaram plantas adequadas e montaram o ecossistema. Essa ação concretizou o processo analítico vivido no diálogo: cada escolha realizada foi atravessada pelos conhecimentos reorganizados e expandidos durante a interação com a IA Flora.

Assim, a atividade não se limitou a instruções técnicas ou à montagem de um terrário. Ela configurou-se como um movimento de análise, no qual curiosidade, investigação, explicação, reorganização e prática se entrelaçaram. O diálogo com a IA Flora assumiu papel central, instigando perguntas, fornecendo modelos explicativos e incentivando as reflexões das estudantes. Dessa forma, teoria e prática se integraram, mostrando que a elaboração do conhecimento ocorreu de maneira processual, dinâmica e contextualizada.

Em um movimento de continuidade reflexiva, analisa-se o segundo momento: o diálogo entre as estudantes e a pesquisadora. Ele ocorreu durante a construção do terrário, enquanto as estudantes intercalavam a execução prática com reflexões conceituais.

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 excerto acima, nota-se que as estudantes articularam suas falas à prática em andamento, testando hipóteses sobre herbívoros, carnívoros e níveis tróficos. A intervenção da pesquisadora/professora intensificou a reelaboração conceitual, ao provocar a reflexão sobre a sobrevivência dos seres vivos no terrário. Nesse momento, a estudante IA 1 retoma a fala da Flora: “Ah, eu lembro! A Flora falou que eles precisam da luz do sol para as plantas poderem fazer o seu alimento”, indicando a ativação da memória e a continuidade do possível miniciclone. Esse retorno expressa que o processo não se desenvolve de maneira isolada, mas se articula a experiências anteriores, pois, conforme Souto (2013), os sistemas de atividade não se constituem de forma autônoma, mas por meio do entrelaçamento com outros sistemas.

O percurso dá indícios de expansão e apropriação, quando outra estudante nomeia formalmente o processo científico: “da fotossíntese”. Nesse movimento, texto, imagens e falas sugerem o desenvolvimento de um miniciclone contínuo, no qual teoria e prática se entrelaçam na mesma trajetória. Durante o desenvolvimento da atividade terrário interativo, verificou-se que as estudantes, inicialmente, reproduziam o modelo proposto, limitando-se às instruções apresentadas pela IA Flora.

Em seguida, a intervenção da pesquisadora, ao instigar perguntas e reformular desafios, provocou o surgimento de novas hipóteses e interpretações sobre o equilíbrio ecológico. Conforme Souto (2013, p. 87), é papel do pesquisador intervir quando percebe que o ciclo não avança, no sentido de provocar ou promover movimentos que gerem tensões ou impulsionem a resolução daquelas já existentes, contribuindo para o desenvolvimento de transformações conceituais.

De forma complementar, apresenta-se a representação do sistema de atividade colaborativa, fundamentada na Teoria da Atividade de Engeström (1987) e adaptada à perspectiva dos miniciclones de aprendizagem proposta por Souto (2013). Para os autores, o sistema de atividade é dinâmico e pode ser modificado pelas próprias pessoas que dele participam, à medida que agem, interagem e enfrentam desafios em seu interior. A Figura 23 expressa a articulação entre agentes humanos e artificiais, representados pela IA Flora e pela pesquisadora no acompanhamento das ações das estudantes (IAzinhas na Teia), cujo objeto de conhecimento é a aprendizagem sobre a fotossíntese.

Figura 23 – Representação das interações nos coletivos humanos-com-IA



Fonte: Produzido com auxílio do ChatGPT (2025).

A partir dessas interações, as estudantes mantiveram-se em movimento, sinalizando a apropriação da cadeia alimentar como núcleo conceitual, ao compreenderem o terrário não apenas como um objeto construído, mas como representação de um ecossistema em equilíbrio. Dessa forma, o possível miniciclone “Terrário Interativo”, desenvolvido com a participação da IA Flora, integrou observação empírica, elaboração de hipóteses e síntese conceitual. Assim, o percurso mostrou movimentos que apontam para o amadurecimento do pensamento científico e para o fortalecimento da autoria coletiva, aproximando-se de um ciclo de aprendizagem expansiva.

O miniciclone “Terrário Interativo” configura-se na dimensão epistêmica, apresentando intensidade forte e predominância do aspecto colaborativo, sustentado pela interação constante entre estudantes, pesquisadora e IA. As tensões cognitivas emergem da tentativa de

compreender os fenômenos da fotossíntese e do equilíbrio ecológico, constituindo-se nas trocas discursivas que impulsionam a reorganização conceitual e a produção compartilhada de conceitos científicos.

Nessa dinâmica, observa-se a articulação entre investigação, diálogo e elaboração conceitual, na qual a IA participa como elemento que suscinta novas formulações e revisões de sentido. A representação visual associada a esse miniciclone traduz a natureza processual e expansiva da aprendizagem, conforme ilustrado no Quadro 9.

Quadro 9 – 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: Elaborado pela autora (2025).

À luz do processo investigativo, a ação do possível miniciclone "Terrário Interativo" inicia-se com a curiosidade das estudantes sobre os passos necessários para construir o terrário, momento em que a IA Flora atua mobilizando o interesse e conduzindo à ação. Na sequência, as perguntas evoluem para novas possibilidades de criação, como a inserção de um rio, apontando o avanço para a transformação conceitual e a formulação de hipóteses relacionadas ao equilíbrio ecológico.

Desse modo, no decorrer das interações, o movimento de experimentação expresso no diálogo com a IA possibilitou conexões entre os saberes prévios e o conhecimento científico sobre fotossíntese, levando as estudantes a compreenderem o terrário como um ecossistema em equilíbrio. Posteriormente, a expansão manifesta-se na ampliação do raciocínio e na reflexão sobre a interdependência dos seres vivos, culminando na apropriação do conceito de

fotossíntese, quando as estudantes retomam falas anteriores e aprimoram a aprendizagem de forma autônoma e integrada.

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).

Ressalta-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!

A análise do registro da estudante permite identificar indícios do possível miniciclone de Souto (2013). O processo tem início com o evento desencadeador, caracterizado pelo momento em que a estudante percebe o comportamento noturno do besouro, despertando sua curiosidade e gerando o primeiro questionamento sobre a função do animal no ecossistema. Esse tipo de abordagem dialoga com o ensino por investigação, que, segundo Guimarães *et al.* (2023), envolve colocar os estudantes em situações de observação, questionamento e análise crítica, aproximando-os dos modos como a Ciência elabora o conhecimento.

Na sequência, a reorganização conceitual aparece quando a estudante desloca o foco do animal para a dinâmica do terrário. O registro "Vi que as plantas estavam crescendo e ficando grandes" articulado ao diálogo com a IA Flora sobre luz e fotossíntese, indicam uma compreensão mais científica do equilíbrio do sistema.

Nesse processo, a experimentação torna-se visível quando a estudante, a partir da observação do comportamento do besouro, formula uma hipótese sobre sua alimentação e realiza uma intervenção no terrário ao oferecer aproximadamente 10 grãos de linhaça. Esse processo indica uma atitude investigativa em desenvolvimento, pois envolve a modificação de

uma variável com a finalidade de verificar uma suposição, articulando observação, ação e produção de conhecimento.

Para expressar seu pensamento, a estudante registrou suas observações em um relato escrito e ampliou sua interpretação por meio de um desenho do terrário. A ilustração apresenta sua compreensão sobre os elementos vivos e não vivos e as interações que ocorreram no microecossistema, conforme ilustrado na Figura 24.

Figura 24 – Desenho produzido pela estudante como representação do terrário observado



Fonte: Elaborado pela dupla IAzinhas na Teia (2025).

O desenho elaborado pela estudante complementa o registro escrito ao representar visualmente os elementos vivos e não vivos do terrário, como a terra, as plantas e o besouro. Nessa produção, observa-se uma reelaboração conceitual multimodal, em que o pensamento científico é traduzido por meio de traços, cores e composições visuais. O registro gráfico não apenas destaca a hipótese anterior, mas amplia a compreensão da estudante sobre as relações de interdependência no microecossistema.

A ilustração indica, então, que a estudante expande o conhecimento, pois transcende a observação empírica e comunica suas interpretações de modo simbólico, explicitando como o pensamento científico e a expressão estética se entrelaçam na produção do conhecimento. Segundo Lévy (1993), as tecnologias da inteligência se articulam aos seres humanos na produção de conhecimento, pois diferentes tecnologias têm moldado, ao longo da história, as formas pelas quais as pessoas produzem saberes.

Nesse movimento, as interpretações da estudante também expressam dimensões afetivas essenciais ao aprender Ciências. Como se observa na afirmação: “Quando eu coloco água no

terrário, ele embaça. Tadinho!", percebe-se um envolvimento afetivo que se integra à compreensão do fenômeno, sugerindo um movimento de apropriação conceitual. A estudante expressa empatia com o ser vivo e entendimento sobre as condições físicas do ambiente, articulando emoção e razão, aspecto fundamental do processo investigativo.

Dessa forma, tanto o registro quanto o desenho configuram comprovações complementares do miniciclone "Terrário Interativo", expressando um processo de aprendizagem em que a curiosidade inicial evolui para a formulação de hipóteses, experimentação, representação e comunicação dos entendimentos, conforme o modelo proposto por Souto (2013).

Nesse contexto, apresenta-se a síntese do processo de produção do conhecimento, detalhando como a observação, o registro e a representação visual se entrelaçaram na reconfiguração do saber. O texto e o desenho denotam movimentos investigativos e expressivos que integram cognição, emoção e estética, promovendo novas maneiras de compreender o microecossistema estudado. Dessa forma, o percurso interpretativo, com as falas e suas respectivas análises, é apresentado no Quadro 10.

Quadro 10 – 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 saía 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 conceituação. 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: Elaborado pela autora (2025).

O quadro sintetiza o percurso investigativo das estudantes no miniciclone "Expressões Multimodais", expressando a passagem da curiosidade inicial à apropriação conceitual. As falas expressam observação, formulação de hipóteses e experimentação sobre o terrário. O registro multimodal, integrando texto e desenho, expressa a fusão entre pensamento científico e

expressão simbólica. Assim, o processo de transformação se materializa pela articulação entre razão, sensibilidade e linguagem.

Nesse fluxo, o movimento investigativo pode ser percebido a partir de um evento desencadeador, em que a curiosidade parece ter conduzido à observação do besouro. Em continuidade, nota-se indício de reorganização conceitual por meio da formulação de hipóteses e de práticas experimentais. A expansão manifesta-se nas representações gráficas, enquanto a apropriação sugere uma possível estabilização conceitual, ao articular compreensão ecológica e expressão afetiva no registro multimodal.

Cabe mencionar que o possível miniciclone “Expressões Multimodais”, de intensidade mediana, manifesta-se na dimensão epistêmica com ênfase no aspecto colaborativo, pois as estudantes elaboram conhecimentos a partir da observação e experimentação aliadas ao diálogo com a IA Flora. Nesse processo, articulam saberes científicos sobre fotossíntese e equilíbrio ecológico, transformando a prática investigativa em um espaço de troca e reflexão conjunta. A interação humano-IA impulsiona a ampliação conceitual, resultando em aprendizagens profundas sobre as interdependências que sustentam os ecossistemas.

Diante dos resultados observados na Unidade 2, nota-se que o percurso investigativo indica um avanço no pensamento científico das estudantes, marcado pela capacidade de articular teoria e prática e de atribuir novos sentidos aos conceitos estudados. As interações com as inteligências artificiais desencadearam a reorganização das ideias e a incorporação de uma compreensão mais integrada dos fenômenos ecológicos. Esse movimento intelectual fortaleceu o processo educativo e estabeleceu bases para a transição à próxima unidade.

À medida que avançavam para a Unidade 3, as estudantes direcionaram o olhar para a complexidade das teias alimentares, analisando como os fluxos de energia e matéria conectam produtores, consumidores e decompositores. As atividades, apoiadas em mídias digitais e interações com a IA, contribuíram para o pensamento científico das participantes e a percepção sistêmica dos ecossistemas. Conforme Moran (2013), a aprendizagem é, por natureza, híbrida e interligada, articulando diferentes tempos, espaços e metodologias. Com as tecnologias digitais e a conectividade, esse processo torna-se mais perceptível e criativo, configurando um ecossistema educacional aberto. Essa perspectiva dialoga com a proposta da unidade, na qual as estudantes aprendem em um ambiente de múltiplas linguagens, conectando espaços físicos e digitais em um processo contínuo de criação e reflexão.

Nessa etapa da pesquisa, a dupla “IAzinhas da Teia” foi desafiada a produzir um vídeo em interação com a plataforma Video GPT by VEED, tendo como tema central os níveis tróficos da cadeia alimentar. A atividade buscou integrar conhecimentos científicos e criativos

com a tecnologia digital, a fim de incentivar o protagonismo das estudantes no processo de aprendizagem.

A proposta suscitou, de início, apreensão, expressa na fala das estudantes: “Não estamos preparadas para isso!”, confirmando a tensão desencadeadora típica do processo. Contudo, à medida que a atividade foi detalhada e realizada, constatou-se o fortalecimento da autoconfiança, o que gradualmente motivou as participantes a assumir o desafio.

Essa reação inicial configura um momento de ruptura na rotina pedagógica e caracteriza uma quebra de *script* no sistema de atividade. Conforme analisa Souto (2013), esse tipo de tensão emerge quando um novo artefato ou forma de mediação desestabiliza o padrão de ação previamente estabelecido, exigindo a reorganização das compreensões e das relações entre os sujeitos. A partir disso, a insegurança manifestada pelas estudantes não representa apenas resistência, mas constitui o ponto de inflexão da aprendizagem expansiva, no qual emoção e cognição se entrelaçam, impulsionando a reconstrução do objeto de conhecimento e inaugurando novas possibilidades de ação no contexto educativo.

Dando continuidade à referida atividade com as estudantes, realizou-se a discussão prévia sobre os passos a serem considerados para alcançar o objetivo: definir o cenário, selecionar os enfoques mais pertinentes e articular as proposições a partir das discussões já realizadas sobre a temática cadeia alimentar. Esse planejamento inicial reforçou a importância do trabalho em equipe para manter o foco da atividade.

Na sequência, ocorreram momentos de familiarização com a tecnologia, em parceria com a pesquisadora/professora, nos quais a dupla testou comandos e explorou formas de elaborar *prompts* capazes de gerar respostas mais adequadas às necessidades da tarefa. Somente após essa preparação, as estudantes elaboraram o roteiro, organizaram informações em sequência narrativa, definiram personagens, falas e exemplos, que foram posteriormente transformados em material audiovisual pela tecnologia digital. A Figura 25 traz um registro desse momento.

Figura 25 – Interações das estudantes com as TD e com a IA durante a produção de vídeos e a exploração de conteúdos digitais na Unidade 3



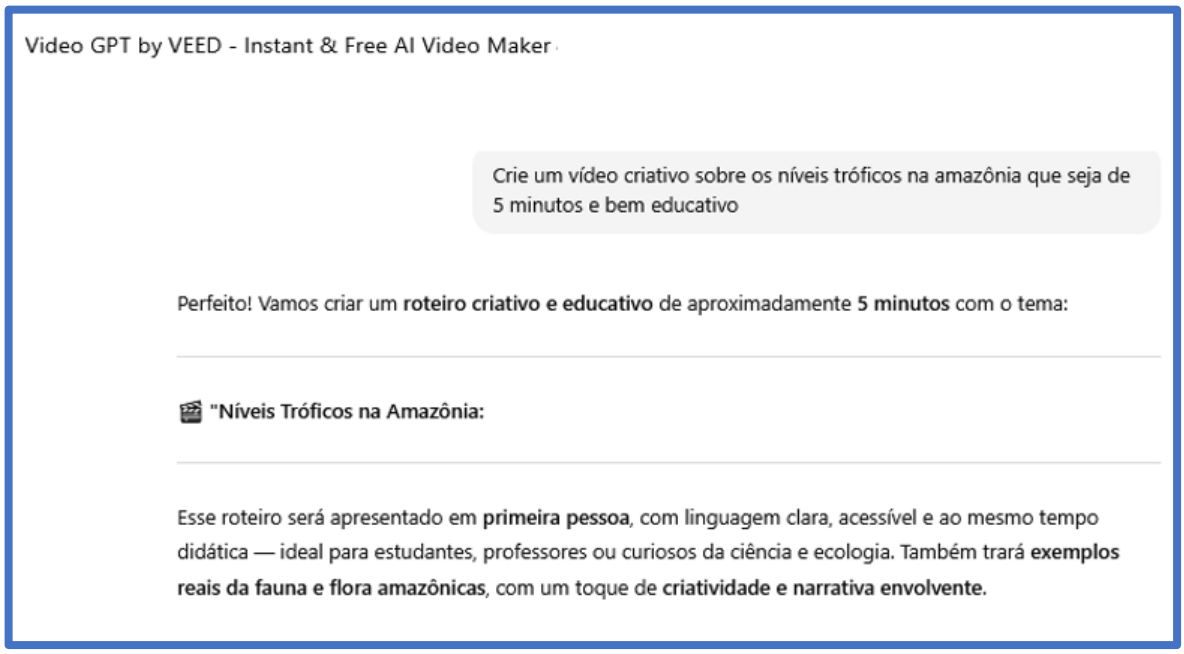
Fonte: Acervo da autora (2025).

A imagem ilustra o envolvimento das estudantes com diferentes mídias, destacando gestos de apontar, observar e discutir os conteúdos apresentados. Tais ações contemplam a produção coletiva do conhecimento e a articulação entre tecnologia, engajamento e aprendizagens científicas sobre a cadeia alimentar. Conforme Engeström (2008, p. 86), o engajamento é entendido como formas de participação que se configuram em diferentes esferas dentro dos sistemas de atividade, funcionando como um elo analítico que conecta as ações individuais às práticas coletivas.

À luz dessa dinâmica colaborativa, conforme analisam Souto, Cunha e Borba (2025), a criação de vídeos com a Inteligência Artificial Generativa pressupõe uma atuação conjunta entre os participantes e as tecnologias, valorizando o diálogo e a cooperação ao longo do processo. Para os autores, o caráter coletivo dessa produção é o que garante que o resultado final traduza as experiências partilhadas e a pluralidade de vozes envolvidas.

A Figura 26 a seguir ilustra esse processo de elaboração do roteiro, apresentando o percurso da dupla na produção de um vídeo educativo sobre os níveis tróficos na Amazônia.

Figura 26 – Elaboração do *prompt* pelas estudantes

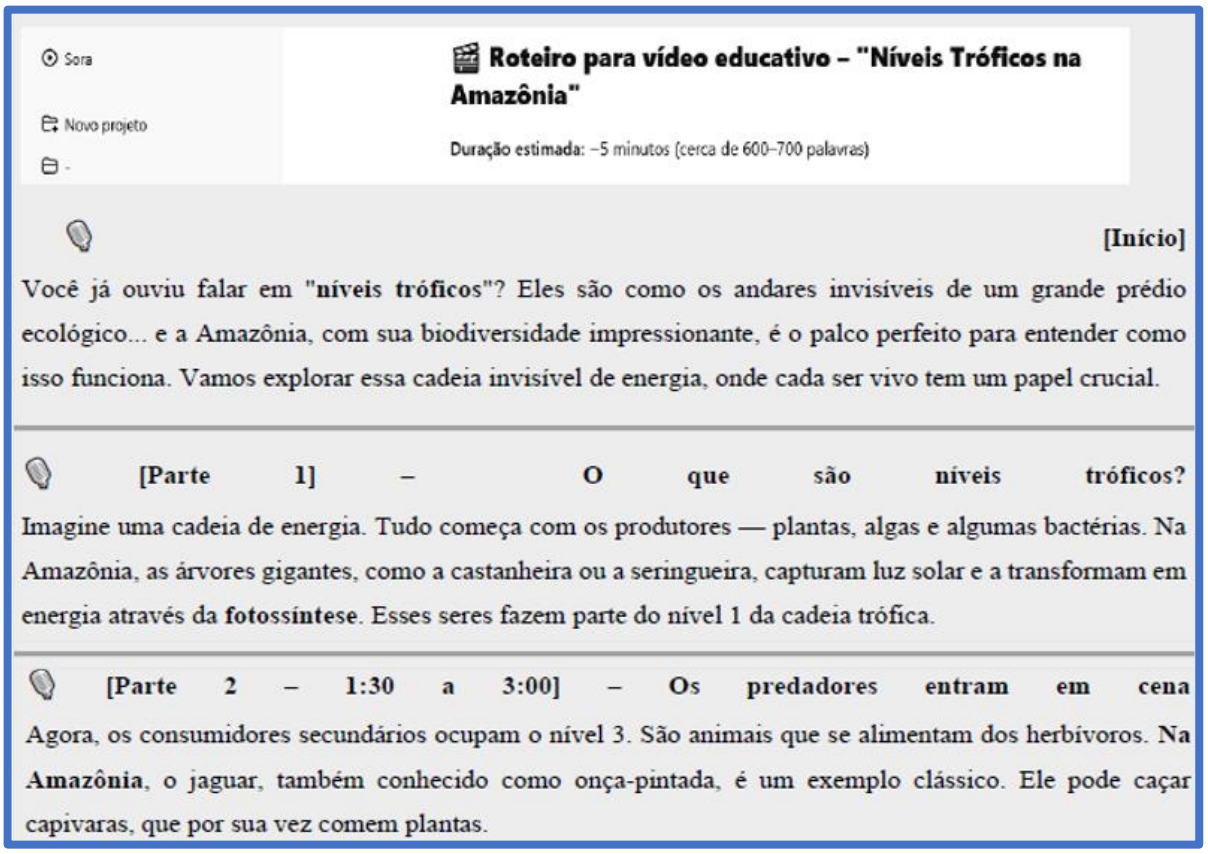


Fonte: Captura de tela da interface digital da plataforma Video GPT by VEED (2025).

Conforme apresentado na imagem, observou-se a elaboração do *prompt* pelas participantes, momento em que traduziram suas intenções de aprendizagem em linguagem digital direcionada à IA. Ao solicitar a criação de um vídeo educativo sobre os níveis tróficos na Amazônia, a dupla “IAzinhas na Teia” formulou um comando textual que orientava a IA na produção de um roteiro fundamentado no tema.

Esse processo expressou a dinâmica da atividade, na qual as ações das alunas e as respostas da IA se entrelaçaram em um mesmo fluxo de elaboração do conhecimento. A Figura 27 representa essa interação, mostrando o roteiro elaborado pela IA a partir do *prompt* desenvolvido pelas participantes. Com relação aos estilos de aprendizagem, a multimodalidade amplia consideravelmente a qualidade do processo educativo, pois o uso simultâneo de recursos verbais e não verbais atende a diferentes perfis de estudantes, tanto aqueles com predominância visual quanto os com preferência por abordagens mais linguísticas (Müller, 2015, p. 39).

Figura 27 – Roteiro gerado pela IA sobre níveis tróficos na Amazônia



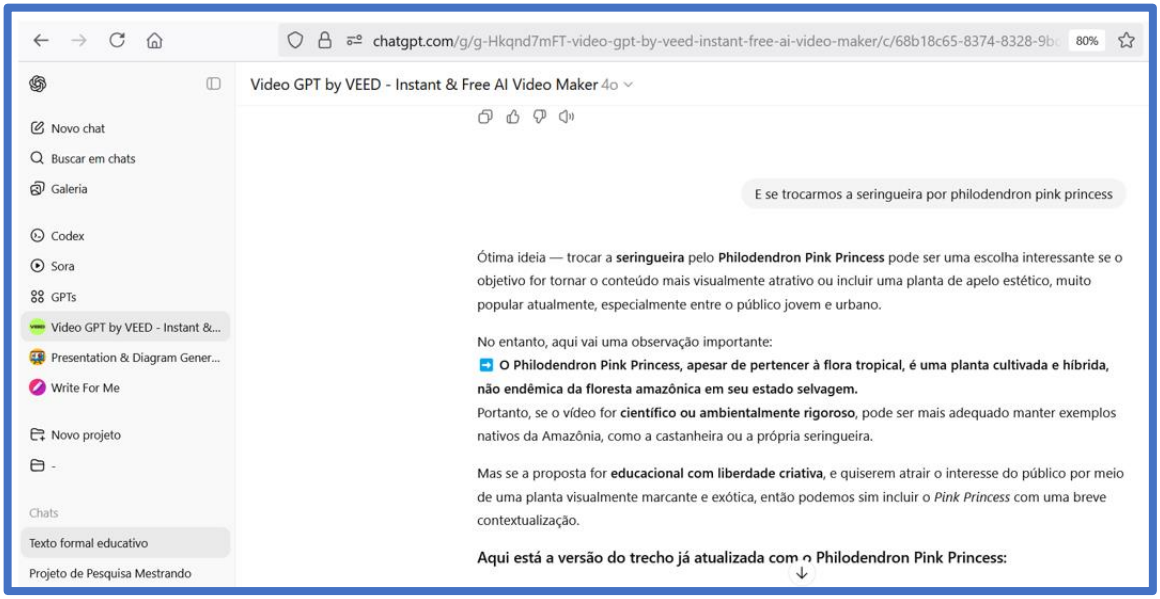
Fonte: Captura de tela da interface digital da plataforma Video GPT by VEED (2025).

Conforme ilustrado na figura, após o recebimento do comando, a IA GPT by VEED apresentou um roteiro que explicava, de forma clara e criativa, o funcionamento da cadeia alimentar no bioma amazônico, ressaltando os principais níveis tróficos: produtores, consumidores e decompositores. No roteiro inicial, a IA incluiu exemplos da fauna e flora da região, como a seringueira, a capivara e a onça-pintada, oferecendo uma base acessível e informativa para as estudantes desenvolverem o processo criativo.

Em seguida à apresentação do roteiro inicial pela IA, surgiram indícios nos processos de aprendizagem da dupla "IAzinhas na Teia", que, à luz de Souto (2013), correspondem às tensões características do miniciclone. As estudantes questionaram a pertinência de alguns elementos sugeridos, propondo alterações. Um exemplo foi a substituição da castanheira pelo *Philodendron Pink Princess*[2], decisão que buscava aproximar o vídeo do público infantil. Para visualizar melhor esse processo, apresenta-se a Figura 28, em que ocorre a interação de humanos com mídias.

[2] O *Philodendron Pink Princess* é uma planta ornamental rara, conhecida por suas folhas verde-escuras com manchas rosa vibrantes, muito apreciada em ambientes internos pela beleza estética e relativa facilidade de cultivo.

Figura 28 – Movimento de negociação com a IA no processo de elaboração do vídeo educativo



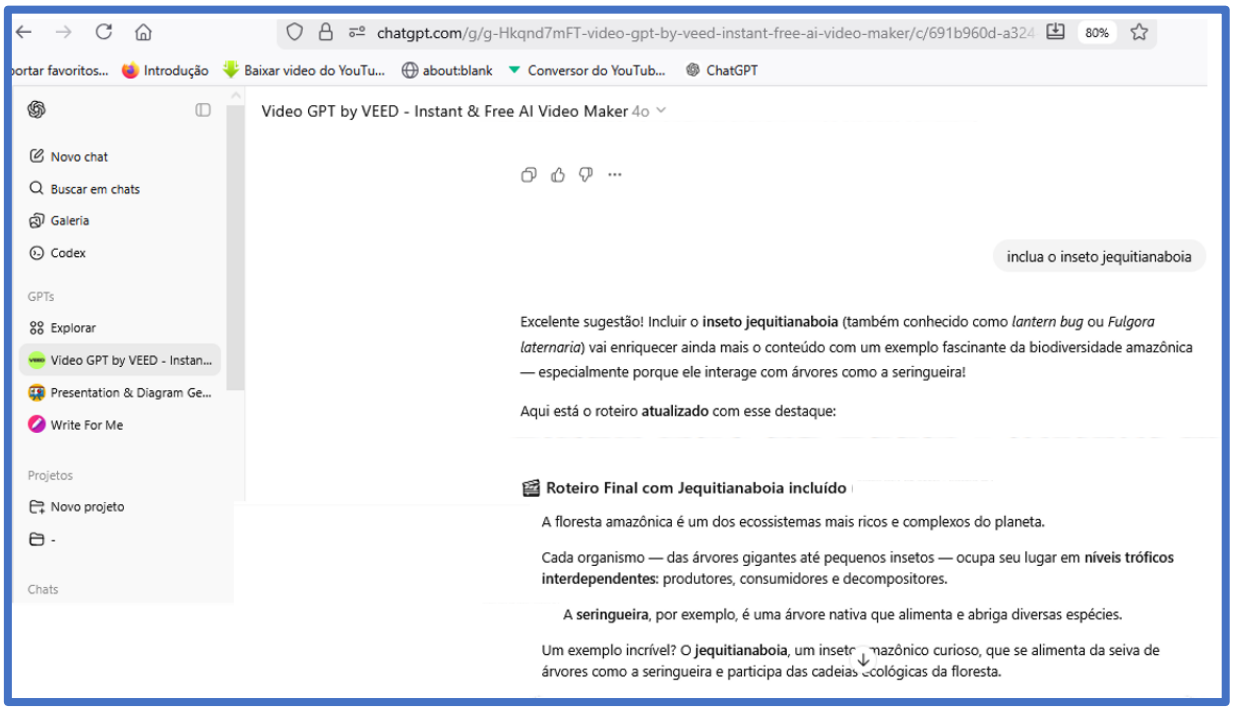
Fonte: Captura de tela da interface digital da plataforma Video GPT by VEED (2025).

A partir dessa imagem, observa-se como as estudantes não apenas interagiram com a IA, mas conduziram o processo de forma reflexiva, transformando as sugestões em escolhas alinhadas aos seus objetivos criativos e pedagógicos. A escolha pelo *Philodendron Pink Princess* gerou uma discussão que incentivou a dupla a negociar e reformular o roteiro, reafirmando sua autonomia.

Esse momento aponta que o processo não consistiu em uma simples aplicação de comandos, mas em uma produção conjunta, na qual estudantes e IA atuaram de forma interdependente. Como discutido em Borba e Balbino Junior (2023), a interação com mídias digitais reorganiza formas de raciocínio e estratégias de produção de conhecimento, configurando relações não unidirecionais, mas interdependentes. Essa perspectiva sustenta a compreensão do processo aqui analisado como coautoria humano-tecnológica, uma vez que o roteiro final resultou da negociação contínua entre as proposições da IA e as decisões das estudantes.

Além disso, as estudantes ampliaram o roteiro a partir da sugestão de incluir o inseto jequitiranaboia. Tal decisão não apenas enriqueceu o conteúdo científico do material, mas também expressou a capacidade das participantes de incorporar novos elementos ao processo de produção. A Figura 29 a seguir representa esse momento do percurso.

Figura 29 – Registro da solicitação das estudantes à IA Video GPT by VEED



Fonte: Captura de tela da interface digital da plataforma Video GPT by VEED (2025).

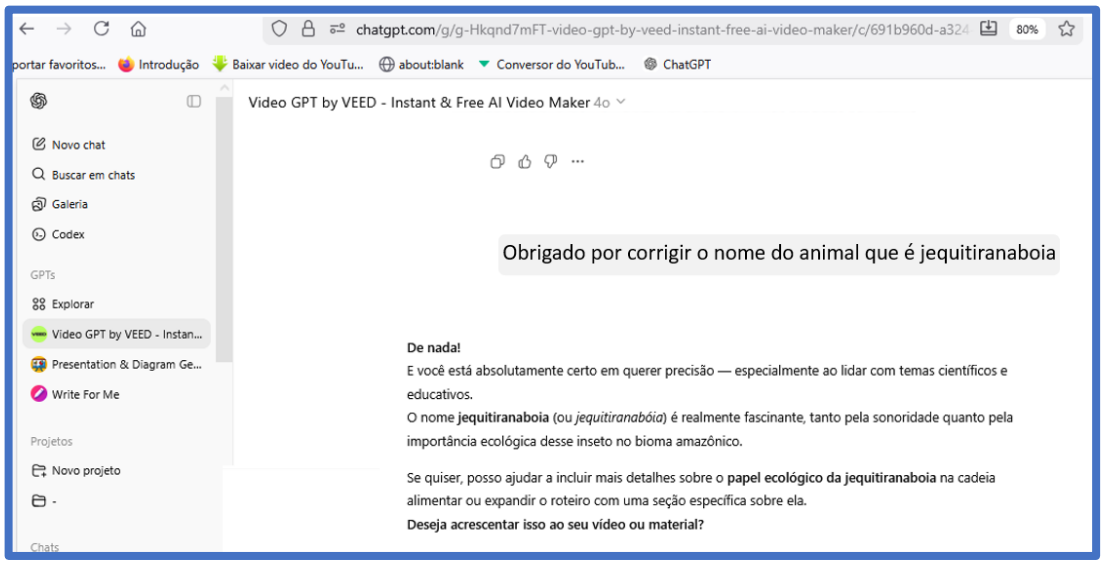
Com base na análise desse percurso de aprendizagem das estudantes, percebe-se o movimento que mostrou a inserção do inseto jequitiranaboia, cuja escolha representou a valorização da biodiversidade amazônica e a preocupação com a precisão ecológica. Assim, o roteiro não apenas incorporou elementos estéticos, mas também ampliou o repertório das estudantes, conectando ciência, ética e criatividade.

Convém destacar que a escolha do inseto partiu do encantamento estético, pois o jequitiranaboia, com sua aparência incomum de cabeça de jacaré e asas, despertou a curiosidade das estudantes e mostrou-se atrativo do ponto de vista criativo. A tensão emergiu justamente desse contraste: de um lado, a liberdade de invenção, que permitia trabalhar com elementos visuais capazes de despertar o interesse do público infantil; em contrapartida, a inserção exigia atenção quanto à coerência científica da representação.

Como a cadeia alimentar demanda precisão na seleção dos organismos que a compõem, a solicitação da estudante tornou-se um ponto de virada, no qual o impulso criativo foi confrontado pela necessidade de fidelidade conceitual. Esse momento configura-se como reorganização conceitual, em que estética e ciência se entrelaçam. A decisão das estudantes em incluir o termo jequitiranaboia pode ser observada na Figura 29, que registra a interação com a plataforma digital durante a elaboração do roteiro.

A Figura 30 a seguir exemplifica esse processo, mostrando a discussão sobre o termo jequitiranaboia.

Figura 30 – Discussão sobre a inserção do inseto jequitiranaboia no roteiro educativo



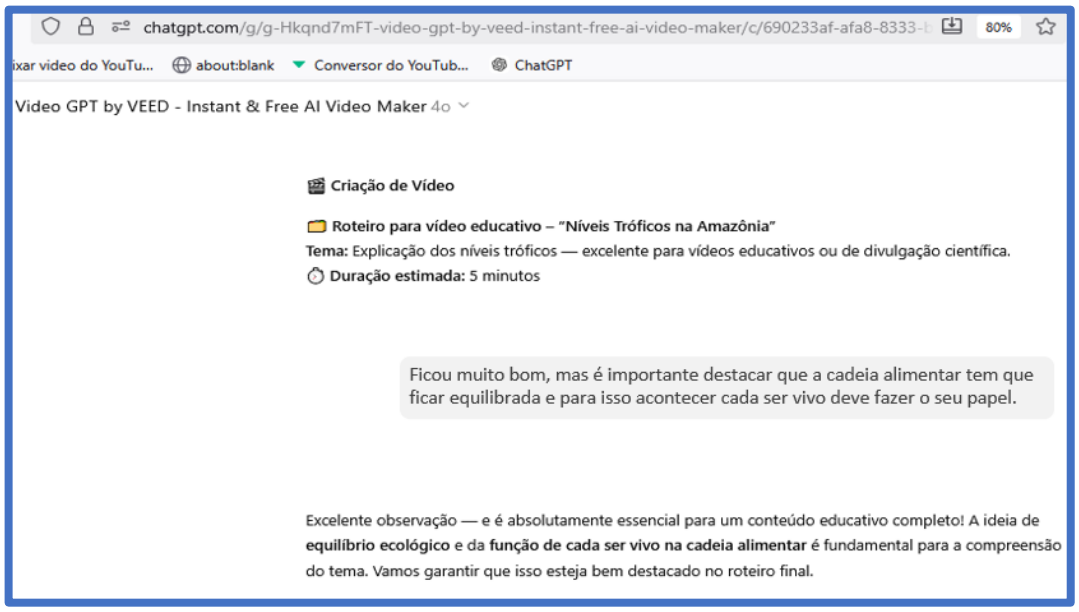
Fonte: Captura de tela da interface digital da plataforma Video GPT by VEED (2025).

Pode-se inferir que a imagem acima ilustra esse momento de precisão, manifestando como a interação entre estudantes e a IA fortaleceu a produção criativa. Sendo assim, o processo configurou-se como uma verdadeira coautoria: a IA, em parceria com as estudantes, deu sentido e direção às decisões, expressando protagonismo coletivo na produção do conhecimento.

Enquanto a dupla de estudantes “IAzinhas na Teia” discutia sobre quais aspectos poderiam tornar o vídeo mais interessante e atrativo, intercalando inclusive pausas para comentários e histórias que fugiam ao contexto imediato da tarefa, elas naturalmente avançaram na prática de organizar o roteiro em uma sequência lógica: produtores, consumidores e decompositores. Nesse movimento, testaram hipóteses sobre a melhor forma de estruturar a narrativa da cadeia alimentar, experimentando diferentes possibilidades de abordagem. O processo foi marcado por ajustes sucessivos, validações conceituais, trocas de opiniões e reformulações, funcionando como um exercício de verificação e consolidação dos conhecimentos científicos mobilizados.

Ademais, na sequência da atividade, apresenta-se uma interação registrada na plataforma Video GPT by VEED, ocorrida durante a produção do vídeo sobre os níveis tróficos da Amazônia. Nesse momento, as estudantes avaliaram a qualidade do roteiro gerado pela IA e acrescentaram a relevância de destacar que cada ser vivo exerce uma função essencial para a manutenção do equilíbrio da cadeia alimentar. A interação das estudantes com a IA durante a elaboração do roteiro, destacando a importância do equilíbrio na cadeia alimentar, está registrada na Figura 31.

Figura 31 – Interação das estudantes com a IA VEED durante a revisão do roteiro



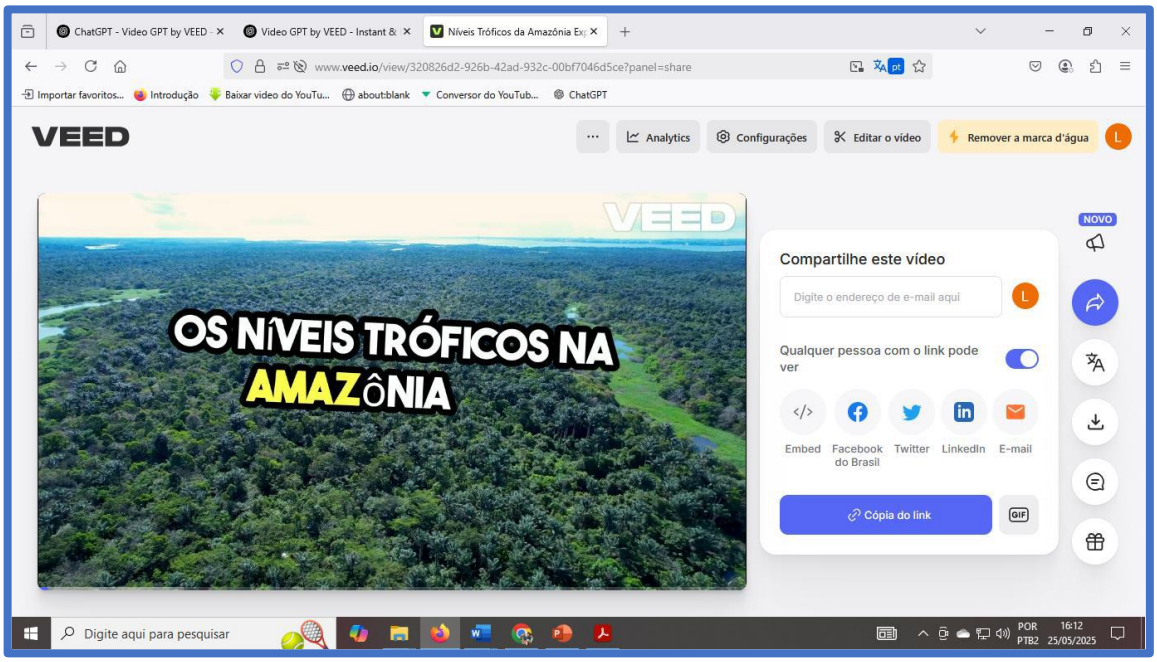
Fonte: Captura de tela da interface digital da plataforma Video GPT by VEED (2025).

Nesse processo, observam-se indícios de aprendizagem caracterizados por um movimento de forte expansão, pois as estudantes não apenas validaram o material apresentado, mas também introduziram uma reflexão crítica que amplia o entendimento científico. Ao enfatizarem que "cada ser vivo deve fazer o seu papel", expressam a elaboração de um raciocínio ecológico mais elaborado, rompendo com visões fragmentadas e fortalecendo a ideia de interdependência entre os níveis tróficos.

Considerando essa concepção, Borba e Balbino Junior (2023) defendem que a Inteligência Artificial Generativa coloca em destaque os fundamentos do construto S-H-C-M, ao indicar que os processos cognitivos resultam da interação entre humanos e tecnologias. Nessa direção, a IA se constitui como um espaço de coautoria, no qual pessoas e artefatos digitais produzem sentidos compartilhados.

Em síntese, a produção do vídeo "Os níveis tróficos da Amazônia" materializa o percurso realizado, integrando os conceitos trabalhados entre estudantes e IA. Mais do que representar a compreensão abrangente da cadeia alimentar, o vídeo efetiva a experiência coletiva de articulação entre conhecimento científico, estética visual e intencionalidade pedagógica. Como se pode constatar na Figura 32, a capa do vídeo expressa visualmente o resultado desse processo colaborativo.

Figura 32 – Capa do vídeo educativo elaborado pelas estudantes mediante interação com a IA Video GPT by VEED, com o tema “Os níveis tróficos na Amazônia”



Fonte: Captura de tela da interface digital da plataforma Video GPT by VEED (2025).

Nesse contexto, a imagem acima apresenta a capa do vídeo produzido pelas estudantes ao interagir com a IA, representando a culminância de um processo criativo iniciado a partir do questionamento proposto. Nesse processo, a partir de diálogos criativos com a tecnologia, as estudantes avançaram para compreensões mais amplas acerca da cadeia alimentar. Esse processo de possível apropriação conceitual envolveu interação humanos-com-mídia, no qual escolhas estéticas e pedagógicas se entrelaçaram à precisão conceitual, consolidando a noção de que “cada ser vivo desempenha um papel essencial para a manutenção do equilíbrio ecológico em cada ecossistema”.

Diante disso, verificaram-se indícios do miniciclone, associado à produção audiovisual com a IA Video GPT by VEED, classificado como de intensidade forte, pois expressou colaboração criativa entre estudantes e mídia digital. O processo envolveu negociação estética, domínio conceitual e consciência ambiental, resultando em uma produção multimodal de elevado valor educativo.

Para melhor visualização dos processos de transformação aventados em “Amazônia Trófica”, apresenta-se, a seguir, no Quadro 11, uma sistematização do fluxo percebido do miniciclone, indicando, a partir dos registros de falas, intervenções, notas de campo e análise dos indicadores, os tipos de transformações conceituais produzidas na pesquisa.

Quadro 11 – Miniciclone “Amazônia Trófica”

Movimento(s)	Registro(s)	Indicadore(s) do(s) Processo(s)
Desencadeador	IAzinhas: - Não estamos preparadas para isso!	As estudantes recebem a proposta de elaborar um vídeo com a IA Video GPT by VEED. A reação inicial de insegurança e apreensão é o ponto de partida do miniciclone.
Reorganização Conceitual	IA1:- E se trocarmos a seringueira pelo Philodendron Pink Princess, IA2:-Inclua o inseto jequitiranaboia.	No diálogo com a IA, as estudantes negociam elementos do roteiro, conciliando escolhas estéticas e preocupações científicas.
Experimentação	**Notas de campo:** organização do roteiro em sequência (produtores → consumidores → decompositores).	As estudantes estruturam a narrativa da cadeia alimentar de forma sequencial, experimentando diferentes formas de apresentar o conteúdo. Etapa marcada por ajustes e validações.
Expansão	IA2: -Ficou muito bom, mas é importante destacar que a cadeia alimentar tem que ficar equilibrada e, para isso acontecer, cada ser vivo deve fazer o seu papel.	Surge a compreensão ampliada de que cada ser vivo desempenha um papel essencial no equilíbrio ecológico. Rompem-se visões fragmentadas e fortalece-se a ideia de interdependência entre os níveis tróficos.
Apropriação	**Notas de campo:** -No nosso vídeo sobre a Amazônia, dá pra ver que todos os bichos e plantas precisam uns dos outros pra viver.	Culmina na construção de uma narrativa integrada. O vídeo integra elementos científicos, estéticos e pedagógicos, demonstrando um processo de aprendizagem colaborativa entre estudantes e IA.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O quadro acima apresenta a trajetória do movimento do miniciclone “Amazônia Trófica” em cinco fluxos que apontam indícios do processo de aprendizagem expansiva efetivado entre as estudantes em interação com a IA. O desencadeador mostra como a insegurança inicial das estudantes foi mobilizada como ponto de partida para a atividade. Na reorganização conceitual e afetiva, destacam-se as negociações entre escolhas estéticas e critérios científicos, explicitando como o diálogo com a IA motivou a revisão de conceitos.

Prosseguindo, a experimentação é observada na organização sequencial da cadeia alimentar, indicando tentativas, ajustes e validações no roteiro. A etapa de expansão mostra a ampliação da compreensão sobre o equilíbrio ecológico, quando as estudantes reconhecem a importância de cada ser vivo para a manutenção do sistema. Por fim, a apropriação se materializa no vídeo educativo produzido, que integra ciência, estética e pedagogia, confirmando a incorporação crítica e criativa do conhecimento e a elaboração conjunta entre estudantes e tecnologia.

Importa ressaltar que o possível miniciclone “Amazônia Trófica”, de intensidade forte, destaca-se pela predominância da dimensão epistêmica, uma vez que promove a reorganização conceitual sobre os níveis tróficos e o equilíbrio dos ecossistemas. As estudantes mobilizam o raciocínio científico para compreender as relações de interdependência entre os seres vivos, articulando-as à dinâmica energética da floresta. No interior dessa dimensão, sobressai o aspecto expressivo, que se manifesta na elaboração estética das produções digitais, em que o

conhecimento ecológico se converte em linguagem visual, fundindo ciência, arte e consciência ambiental.

Ao concluir a Unidade 3, as estudantes transpareceram avanços no pensamento científico e na produção colaborativa, ao integrarem conceitos ecológicos à criação com IA. As interações promoveram reflexão crítica e compreensão ampliada sobre o equilíbrio dos ecossistemas, sustentando a continuidade do trabalho investigativo na unidade seguinte. Nessa nova etapa, o foco se desloca para o papel dos decompositores e demais espécies na manutenção da vida, articulando também a reflexão sobre a extinção e as inter-relações que sustentam os ecossistemas.

Avançando na análise, a Unidade 4 abordou o tema “Heróis e desafios da natureza”, destacando o papel essencial dos decompositores, microrganismos marinhos e demais espécies na manutenção do equilíbrio ecológico. As atividades propostas motivaram a reflexão sobre a extinção das espécies, as relações de interdependência nos ecossistemas e os exemplos práticos de cadeias alimentares, articulando conceitos científicos e linguagem multimodal. Nesse horizonte, Kenski (2007) destaca que as tecnologias digitais ampliam as possibilidades de aprendizagem ao contribuir com a interação, imersão e múltiplas linguagens, o que sustenta a abordagem investigativa presente nesta unidade.

Considerando o exposto, a tirinha intitulada “A destruição da floresta”, produzida pela dupla “IAzinhas na Teia”, apresenta uma narrativa visual e textual que expressa, de forma sensível e crítica, os impactos da ação humana sobre os ecossistemas. Composta por três quadros sequenciais, a produção expõe uma cena de conflito ambiental sob a perspectiva dos animais, traduzindo a percepção infantil sobre o desmatamento e suas consequências.

Antes de adentrar nas etapas de realização da atividade, vale destacar que, durante a elaboração da proposta, as estudantes dialogaram sobre o tema a ser representado e, incentivadas pelas leituras do *e-book* interativo, optaram por escolher o desmatamento como eixo central da narrativa. Nesse processo, decidiram que a história seria contada sob a perspectiva dos animais.

Ao representar suas percepções sobre o desmatamento e seus efeitos ecológicos, as estudantes transformam comunicação em aprendizagem, uma vez que cada gesto expressivo mobiliza e reorganiza entendimentos científicos. Como destaca Lévy (2000, p. 27), “toda atividade, todo ato de comunicação, toda relação humana implica aprendizado”, o que permite compreender a tirinha como um espaço de elaboração conceitual que articula emoção, crítica ambiental e conhecimento científico.

Nesse contexto, destaca-se o papel das estudantes, cuja interação com a plataforma Pixton possibilitou a criação narrativa coletiva. A partir da integração entre dispositivos técnicos e decisões criativas, as participantes elaboraram a tirinha combinando linguagem visual e textual para expressar preocupações ambientais. A seguir, apresenta-se um recorte do diálogo entre elas durante a elaboração da tirinha.

Diálogo 3

IA1: Vou arrastar o lenhador pro quadrinho.
IA2: Boa! Vamos trocar o fundo pra floresta destruída?
IA1: Pode ser! Também coloco um passarinho voando.
IA2: Já sei! Vou em "personagens" e boto o lobo com os outros.
IA1: Clica no personagem pra aparecer o balão.
IA2: Ué, não apareceu nada...
IA1: Clica de novo. Às vezes demora.
IA2: Agora foi! Achei o balãozinho.
IA1: O que você acha de escrevermos: "Destruíram a natureza...".
IA2: É bom, mas acho que "... não poderia ser o nosso lar!"
IA1: Cliquei no fundo e o quadrinho sumiu. Mas voltou com "desfazer"!

Nas primeiras ações de criação da tirinha, percebe-se o caráter colaborativo na produção narrativa, à medida que as estudantes inserem o lenhador e alteram o cenário para uma floresta destruída, introduzindo o conflito visual. Essa composição inicial estabelece a tensão ecológica que move o enredo. A escolha dos elementos visuais não é apenas estética, mas intencional, funcionando como movimento desencadeador do pensamento crítico.

Na sequência, ao sugerirem a inserção de um passarinho voando e de animais como o lobo no cenário, as estudantes apresentam um novo olhar sobre a destruição. Esses elementos deixam de ser meros recursos gráficos e passam a expressar sentimento de perda e deslocamento. A natureza é vista como vítima, unindo emoção e compreensão conceitual, indicando sinais de reelaboração conceitual e afetiva.

Durante a interação com a plataforma, a dupla "IAzinhas na Teia" testava comandos para inserir balões de fala. Lidavam com imprevistos ("não apareceu nada...") e recorriam a tentativas e acertos para alcançar o resultado desejado. Essa ação comprova a prática criativa das participantes com a mídia digital e o envolvimento ativo no processo de criação narrativa.

Como desdobramento dessa interação, a composição conjunta da fala "Destruíram a natureza... não poderia ser o nosso lar!" atesta a ampliação na compreensão do tema. A fala coletiva representa um olhar sistêmico, no qual os seres vivos se reconhecem interdependentes diante do desequilíbrio ambiental. A tirinha passa a comunicar uma crítica ecológica mais abrangente.

Por fim, ao utilizarem o botão de “desfazer” após um erro, as estudantes apresentam domínio do ambiente digital. Mais do que isso, expressam um conhecimento que articula linguagem visual, consciência ambiental e autonomia digital. Esse fluxo expressa possível apropriação crítica e criativa dos conceitos trabalhados.

É importante salientar que, ainda que os níveis tróficos não estejam representados de forma explícita, a tirinha explicita a compreensão de que a devastação compromete alimentação, reprodução e sobrevivência das espécies. Assim, o produto final sintetiza o percurso e confirma a coautoria, articulando dimensões cognitivas, afetivas e éticas, além de destacar uma postura crítica e criativa das participantes diante do tema. A Figura 33 mostra as estudantes diante da tirinha “A destruição da floresta”, concluída na tela do computador como síntese das discussões realizadas.

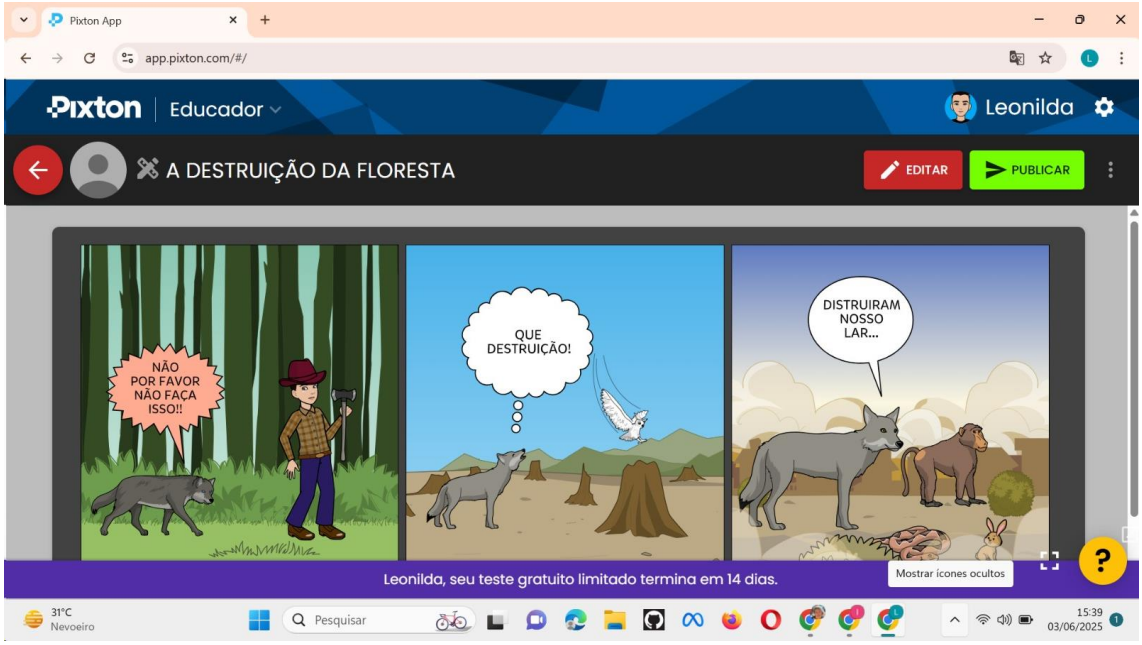
Figura 33 – Dupla “IAzinhas na Teia” finalizando a produção da tirinha



Fonte: Acervo da autora (2024).

A imagem retrata o instante em que as estudantes efetuam as últimas modificações na interface do editor digital, momento que simboliza a materialização das ideias formuladas ao longo da atividade. Essa cena marca a transição entre a criação colaborativa e a consolidação do produto final. Como resultado desse processo de elaboração colaborativa, a Figura 34 ilustra a tirinha final, na qual as estudantes expressam visualmente as reflexões desenvolvidas no decorrer da atividade.

Figura 34 – Tirinha produzida pelas estudantes, intitulada “A destruição da floresta”



Fonte: Produção coletiva da dupla “IAzinhas na Teia” no Pixton (2025).

A tirinha representa a culminância do percurso criativo, em que as estudantes articularam elementos visuais, textuais e conceituais para expressar uma leitura crítica sobre a devastação ambiental. O enredo retrata o impacto do desmatamento na vida dos animais e destaca a relação de interdependência entre os seres vivos, conceito desenvolvido nas atividades propostas no *e-book* interativo. A interação com a plataforma Pixton possibilitou às estudantes experimentar a autoria digital compartilhada e traduzir suas ideias em uma narrativa multimodal, unindo imaginação, consciência ecológica e linguagem tecnológica.

Com base nas ações observadas durante o processo de criação da tirinha “A destruição da floresta”, foi possível identificar um percurso marcado por sucessivos movimentos de transformação conceitual, que se articularam na elaboração coletiva do conhecimento. A seguir, o Quadro 12 apresenta a síntese desses movimentos conforme os referenciais teóricos de Souto (2013), destacando os registros mais relevantes e os indicadores que expressaram a dinâmica educativa.

Quadro 12 – Miniciclone na tirinha

Movimento(s)	Registro(s)	Indicadore(s) do(s) Processo(s)
Desencadeador	IA1: – Vou arrastar o lenhador pro quadrinho. IA2: – Boa! Vamos trocar o fundo pra floresta destruída?	Estabelecimento do conflito visual e ecológico que impulsiona o enredo; emergência do pensamento crítico sobre o desmatamento.
Reorganização Conceitual	IA1:-Pode ser! Também coloco um passarinho voando. IA2:-Já sei! Vou em "personagens" e boto o lobo com os outros.	Ampliação da compreensão do fenômeno ambiental; integração entre emoção e conceito ecológico; início da reelaboração conceitual e afetiva.
Experimentação	IA2: - Não apareceu nada…" IA1: -"Clique de novo", às vezes demora.	Experimentação criativa da mídia digital; resolução de problemas e construção colaborativa de sentido por meio da prática tecnológica.
Expansão	Elaboração da fala conjunta: "Destruíram a natureza… não poderia ser o nosso lar!".	Síntese crítica e sistêmica do tema; reconhecimento da interdependência entre os seres vivos; ampliação da leitura ecológica.
Apropriação	Uso do recurso "desfazer" após erro e finalização da tirinha digital..	Domínio do ambiente digital; expressão autônoma e consciente do conhecimento ambiental; apropriação crítica e criativa do conceito.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

De acordo com o referido quadro, o percurso inicia-se com um possível evento desencadeador, em que a introdução do conflito ecológico na narrativa desperta o pensamento crítico e impulsiona a reorganização das ideias. No decorrer das ações, observam-se passagens gradativas entre os momentos de experimentação e expansão, que apontam para um possível movimento de apropriação, quando as estudantes transparecem domínio técnico e consciência ambiental ao concluírem a produção digital. Essa trajetória apresenta uma dinâmica educativa em constante transformação, marcada pela articulação entre emoção, cognição e autoria digital coletiva.

No conjunto das ações analisadas, emergem indícios consistentes do miniciclone da Tirinha, caracterizado por intensidade forte e pela predominância da dimensão epistêmica, em que o aspecto expressivo se destaca como força articuladora do pensamento e da criação. A produção da tirinha sintetiza o percurso de aprendizagem ao unir emoção, crítica social e estética digital, convertendo a reflexão ambiental em narrativa visual e textual de alto teor simbólico. Nesse movimento, a linguagem artística atua como campo de convergência cognitiva e afetiva, consolidando o ciclo expansivo da aprendizagem ao integrar sensibilidade, engajamento ecológico e elaboração conceitual.

Na sequência do percurso investigativo, outras atividades pedagógicas passaram a integrar o processo de aprendizagem, permitindo observar novos movimentos de construção conceitual; entre elas, destaca-se a atividade “Nuvem de palavras”, que amplia e complementa os indícios analisados.

Durante a atividade “Nuvem de palavras”, as estudantes foram convidadas a praticar conceitos relacionados à cadeia alimentar por meio da plataforma WordArt Create. Para isso, antes de avançarem para a produção final, elaboraram diferentes versões utilizando fontes e desenhos variados, como forma de se familiarizar com a plataforma.

Nesse processo inicial, as participantes recorreram a saberes prévios e a associações espontâneas para listar termos relacionados à temática, indicando um modo de pensamento ainda baseado em experiências anteriores. As palavras surgiam de forma fragmentada e intuitiva, sem que houvesse, naquele momento, uma compreensão conceitual consolidada.

Essa dinâmica caracteriza um movimento de internalização (Engeström, 1999), no qual o sujeito mobiliza conhecimentos já estabilizados e reproduz modos de agir conhecidos, antes de adentrar o movimento expansivo da aprendizagem. É a partir desse estágio que se abrem as possibilidades de externalização e reorganização conceitual, que emergem nas etapas seguintes da atividade.

Nesse movimento, a dupla “IAzinhas na Teia” criou múltiplas composições, experimentando possibilidades artísticas e testando alternativas visuais. A Figura 35 ilustra esse momento de experimentação e elaboração coletiva.

Figura 35 – Estudantes durante a elaboração da nuvem de palavras na plataforma WordArt Create



Fonte: Acervo da autora (2025).

Na sequência, observa-se o momento em que a estudante IA1 enuncia a palavra energia, que se configurou como provável ponto de partida e desencadeador no processo de aprendizagem. Esse termo funcionou como ruptura inicial, mobilizando a dupla a organizar ideias em torno do conceito.

A esse respeito, Engeström (1999) explica que as transformações expansivas são impulsionadas por contradições internas, que desestabilizam as compreensões anteriores e abrem espaço para a reconstrução do objeto da atividade. Ainda que ocorra um desvio momentâneo com a correção da escrita (“Ih, você errou a letra... apaga aí”), a palavra permanece como centro da interação. Esse movimento pode ser melhor compreendido ao observar-se um trecho do diálogo entre as estudantes durante a elaboração da nuvem de palavras.

Diálogo 4

IA1: Energia!
IA2: Ih, você errou a letra... apaga aí.
IA1 (rindo): Verdade! Vou apagar... pronto.
IA2: Escreve também: energia passando.
IA1 (digitando): Ah, é mesmo... energia vai de um bicho pro outro...
IA2 (atropelando): Isso! São os níveis tróficos, tipo os lugares de comida de cada animal.
IA1: Então, quando um bicho come o outro... a energia passa junto, né?
IA2: A gente viu isso no vídeo!
IA1: Qual vídeo mesmo?
IA2: O da capivara... lembra? Falava que dependem uns dos outros.
IA1: Ah, é mesmo! Cada ser vivo ajuda o outro a continuar existindo.
IA2: Se faltar um... o outro já fica sem comida.
IA1 (mexendo na tela): Agora só falta escolher a figura... vou clicar nessa!
IA2: Tá... mas coloca a árvore também.
IA1: Não ficou legal...
IA2: Então volta, tenta o planeta!
IA1: Hum... esse sim ficou muito bom!

O diálogo 4 apresenta como as estudantes ressignificam o termo energia, quando IA2 sugere a expressão “energia passando”, ampliando o termo inicial. A1 incorpora a ideia e a reformula: “energia vai de um bicho pro outro”, conectando a palavra a um processo ecológico. Em seguida, IA2 acrescenta: “Isso! São os níveis tróficos, tipo os lugares de comida de cada animal”, explicitando um conceito científico.

Essa interação configura a reorganização conceitual como um processo coletivo, no qual as estudantes negociam ideias, mobilizam referências anteriores e constroem uma explicação compartilhada. O diálogo é atravessado por dimensões afetivas (riso, incentivo e correções cooperativas) e intertextuais, como na retomada do vídeo da capivara, que reativa conhecimentos previamente trabalhados. Nesse movimento, a compreensão não é apenas

corrigida ou ampliada, mas reelaborada, pois os saberes espontâneos são reposicionados em novas formulações explicativas, tornando o entendimento mais complexo e articulado.

Posteriormente, observa-se a tentativa de traduzir o conceito em linguagem cotidiana: “quando um bicho come o outro... a energia passa junto, né?”. Essa formulação destaca a testagem de hipóteses e a aproximação entre ciência e experiência concreta, transformando a aprendizagem em exemplos acessíveis e compreensíveis. Configuram-se, assim, elementos característicos próprios da experimentação.

Nesse momento, a conversa incorpora novas referências: IA2: “O vídeo da capivara... lembra? Falava que dependem uns dos outros”. Essa retomada de outro material integra elementos conceituais, emocionais e midiáticos, enriquecendo a compreensão para além da simples transferência de energia e introduzindo a noção de interdependência. Tal concepção se articula com ideias em processo de expansão.

Dessa forma, o conceito é estruturado em falas emitidas pelas estudantes, tais como: IA1: “Ah, é mesmo! Cada ser vivo ajuda o outro a continuar existindo”; IA2: “Se faltar um... o outro já fica sem comida”. Nesse ponto, o conhecimento é internalizado e reelaborado em linguagem própria, sugerindo tratar-se possivelmente de uma apropriação crítica das proposições científicas.

A atividade se encerra com a escolha e os ajustes visuais na plataforma WordCreate, quando surgem observações como: IA2: “Tá... mas coloca a árvore também”; IA2: “Não ficou legal...”; IA1: “Então volta, tenta o planeta!”; IA1: “Hum... esse sim ficou muito bom!”. Esse momento estético materializa o percurso conceitual anterior, traduzindo o conhecimento elaborado em uma representação simbólica e compartilhada.

Nesse momento de criação coletiva, manifesta-se o movimento de externalização, entendido por Engeström (1999) como a projeção das formas internalizadas de pensamento em ações concretas e expressões materiais, permitindo que o sujeito reconfigure e socialize o objeto de sua aprendizagem. Nessa perspectiva, o ato de criar a nuvem de palavras não apenas visualiza o conceito, mas o reconfigura, tornando o pensamento coletivo visível e passível de diálogo entre as estudantes. A sequência das ações mencionadas encontra-se disposta no Quadro 13.

Quadro 13 – Miniciclone “Teia de Palavras”

Movimento(s)	Registro(s)	Indicadore(s) do(s) Processo(s)
Desencadeador	IA1: – Tem a palavra energia!	A lembrança inicial da palavra funciona como ponto de partida para a construção do conhecimento, despertando a necessidade de novas conexões.
Reorganização Conceitual	IA2: – Coloca energia passando também! IA1: – Ah, é mesmo! A energia vai de um bicho pro outro. IA2: – Isso! São os tais níveis tróficos. Quer dizer os lugares de comida de cada animal.	O conceito é ampliado: de “energia” para “energia passando” e, depois, para “níveis tróficos”. Observa-se a reorganização entre emoção, lembrança e conceito científico.
Experimentação	IA1: – Tem a ver com um bicho come o outro, a energia passa junto.	As estudantes testam hipóteses e traduzem o conceito científico em linguagem simples e cotidiana, aproximando ciência e experiência concreta.
Expansão	IA2: – A gente viu isso no vídeo. IA1: – Qual vídeo? IA2: – Aquele do bichinho falando dos níveis... não lembro. IA1: – Acho que era o da capivara! Ela falava que os animais dependem uns dos outros.	O conhecimento é expandido ao integrar outra fonte (vídeo da capivara). A articulação entre diferentes mídias amplia a compreensão para além da transferência de energia, chegando ao conceito de interdependência.
Apropriação	IA2: – Isso mesmo! Se faltar um, o outro fica sem comida. Todos precisam uns dos outros pra continuar.	A síntese aparece em linguagem própria e acessível. O conhecimento é incorporado e transformado em discurso autoral, evidenciando que as estudantes compreenderam e se apropriaram do conceito.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O referido quadro apresenta o miniciclone “Teia de Palavras”, iniciado pelo desencadeador, quando a palavra energia é evocada como ponto de partida. Em seguida, ocorre a reorganização conceitual e afetiva, na qual as estudantes refinam suas ideias, seguida da experimentação, quando testam hipóteses em linguagem simples. Depois, a expansão integra o vídeo da capivara, introduzindo o conceito de interdependência e, por fim, a apropriação transforma a aprendizagem em discurso autoral.

Dessa forma, o núcleo do movimento manifesta-se na reorganização conceitual e afetiva, momento em que a evocação inicial se converte em conceito estruturado. No miniciclone “Teia de Palavras”, isso se manifesta na passagem de energia para energia, passando, em seguida, para níveis tróficos, o que marca a transição para uma compreensão mais elaborada e prepara o caminho para as etapas seguintes.

Por conseguinte, o possível miniciclone “Teia de Palavras”, de intensidade mediana, emerge na dimensão epistêmica, destacando a predominância do aspecto colaborativo na elaboração conjunta do conhecimento. Desenvolvida na interação entre as participantes e a mídia WordArt, a atividade contribuiu com o diálogo, a troca de ideias e a articulação entre escrita, oralidade e expressão visual, promovendo avanços conceituais e envolvimento afetivo. As estudantes construíram sentidos compartilhados sobre a temática ecológica e, nesse processo, a colaboração configurou-se como força integradora que impulsiona a expansão do pensamento e a produção simbólica coletiva.

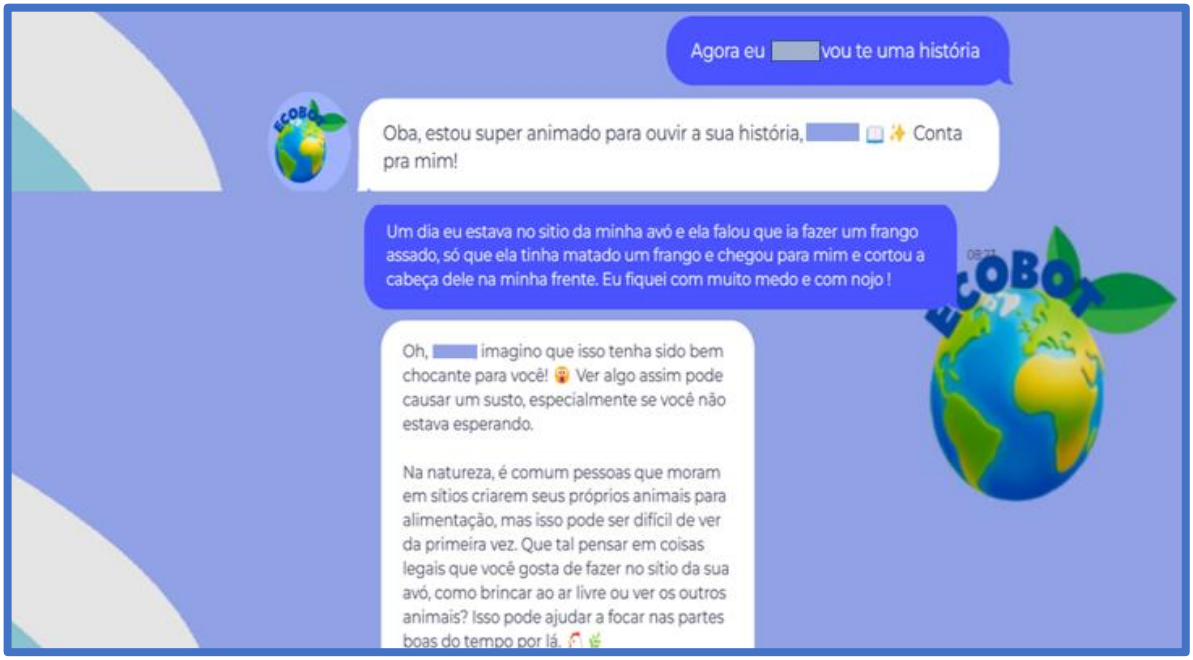
Avançando na análise, observa-se que, nessa unidade, o “Bate-papo com o EcoBot” adquire novas configurações, nas quais as experiências pessoais das estudantes impulsionaram uma nova realização da atividade. Dessa forma, a proposta despertou imediata curiosidade ao

saberem que teriam a oportunidade de dialogar com uma IA. Entre olhares e comentários, expressaram entusiasmo sobre “como seria falar com uma máquina que responde”, manifestando a expectativa em torno da experiência.

Esse clima inicial rapidamente se converteu em engajamento, pois, mesmo antes de iniciarem as perguntas, já manifestavam interesse em conhecer as possibilidades de interação. No decorrer do diálogo, o EcoBot apresentou informações sobre decomposição e equilíbrio ecológico, o que dinamizou o trabalho com o conteúdo. A curiosidade deu lugar a um envolvimento ativo, à medida que percebiam a pertinência das respostas fornecidas pela IA.

Em todos os momentos da atividade, as estudantes mostraram-se receptivas e curiosas, encarando cada interação com entusiasmo renovado. Tal postura contrariou a expectativa de comodismo frente a um cenário já conhecido e revelou, ao contrário, um interesse constante em conhecer as possibilidades de diálogo com a IA. A Figura 36 registra esse instante, apresentando o diálogo estabelecido entre a estudante e o EcoBot.

Figura 36 – Registro do diálogo inicial com o EcoBot



Fonte: Captura de tela da interface de diálogo da plataforma Landbot, presente no *e-book* interativo (2025)

As interações representadas na figura acima merecem destaque por apresentarem como o conhecimento se desenvolve nas trocas entre estudantes e a tecnologia. No diálogo, a estudante compartilha uma vivência carregada de emoção ao relatar sua reação diante do abate do frango: IA1: “Fiquei com muito medo e com nojo!”. Essa experiência afetiva sugere o ponto

de partida do miniciclone, instaurando a tensão necessária para que novas compreensões possam emergir.

A partir desse impacto, observa-se que a intervenção do EcoBot amplia a perspectiva ao contextualizar que a criação de animais para alimentação é uma prática comum. A fala desloca o olhar da estudante, que deixa de enxergar o abate apenas como experiência desagradável e passa a situá-lo em um sistema mais amplo, em que emoção e ciência se entrelaçam. Assim, tornam-se visíveis sinais de uma possível reelaboração conceitual. Com base nessa dinâmica conceitual, as estudantes experimentam a aplicação dos conceitos trabalhados. Esse movimento se expressa no diálogo 6.

Diálogo 6

IA2: Tadinha da IA1! Hahaha!
IA1: Contei a história do frango porque isso tem a ver com a cadeia alimentar: nós, seres humanos, comemos animais herbívoros e, às vezes, animais que comem carne, como alguns peixes ou porcos.
IA2: Muitas vezes, a gente é consumidor secundário!
IA1: Isso! Os consumidores são heterotróficos, porque dependem de outros seres vivos para conseguir alimento.
IA2: E os autotróficos são os produtores, tipo as plantas, que fazem o próprio alimento.

No excerto desse diálogo, observa-se um movimento de reorganização conceitual quando as estudantes avançam da situação concreta do frango para a generalização dos papéis ecológicos na cadeia alimentar. A fala de IA2: “E os autotróficos são os produtores, tipo as plantas, que fazem o próprio alimento” indica que o conceito deixou de estar associado apenas ao exemplo isolado, passando a integrar uma compreensão mais abstrata e sistematizada do funcionamento dos níveis tróficos.

Esse deslocamento caracteriza o movimento que Souto (2013) denomina reorganização conceitual, no qual o saber cotidiano é tensionado pelo conhecimento científico, produzindo explicações mais amplas e coerentes. Ao discutir a experiência vivida, as estudantes articularam memória da prática e conceito científico, estabelecendo pontes entre experiência sensível e elaboração teórica. Nessa direção, a aprendizagem emergiu como processo progressivo, no qual a consolidação decorre da circulação e retomada compartilhada das ideias no coletivo.

Também é relevante considerar que o diálogo indica que a terminologia científica foi mobilizada com segurança, como quando afirmam: IA1: “Isso! Os consumidores são

heterotróficos, porque dependem de outros seres vivos para conseguir alimento". Isso transparece incorporação conceitual, em que o termo é empregado corretamente e em contexto adequado.

Para dar visibilidade ao processo, o Quadro 14 sistematiza os movimentos observados, indicando os aspectos centrais que emergiram no diálogo com o EcoBot e que podem ser relacionados ao miniciclone.

Quadro 14 – Miniciclone "Saberes em Vivência e Saberes Escolares"

Movimento(s)	Registro(s)	Indicadore(s) do(s) Processo(s)
Desencadeador	IA1: -Eu fiquei com muito medo e com nojo!	O impacto emocional diante do abate mobiliza a estudante. É a ruptura que abre espaço para reflexão, pois o afeto desperta curiosidade e necessidade de compreender.
Reorganização Conceitual	EcoBot: -Na natureza é comum… as pessoas criam animais para alimentação…" IA1: -Isso tem a ver com a cadeia alimentar…	O afeto inicial é reorganizado à luz da ciência: o abate do frango deixa de ser apenas choque pessoal e passa a ser compreendido como parte de um sistema alimentar (cadeia).
Experimentação	IA2: - Muitas vezes a gente é consumidor secundário!	O conceito é testado pelas próprias estudantes: elas localizam os humanos na cadeia, experimentando o uso de categorias científicas para explicar a realidade.
Expansão	IA1: - Os consumidores são heterotróficos.	O conhecimento se amplia para novos conceitos além do caso inicial (autotróficos), revelando expansão e circulação do aprendido no diálogo.
Apropriação	IA2: - E os autotróficos são os produtores, tipo as plantas.	O termo científico é incorporado com segurança, indicando apropriação conceitual. A estudante já consegue utilizar a nomenclatura de forma correta e contextualizada.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Em linhas gerais, o quadro acima possibilita visualizar indícios de um movimento que dialoga com as etapas do miniciclone, desde a ruptura inicial (desencadeador) até a apropriação e circulação do saber. As possíveis ações remetem inicialmente ao desencadeador, que surge no impacto emocional do relato da estudante, mobilizando a reflexão e a tensão cognitiva. A seguir, ocorre uma mudança conceitual quando as estudantes reelaboram o sentido da vivência à luz de conceitos científicos.

A partir disso, a dupla testa hipóteses e posiciona os humanos na cadeia alimentar, superando ideias iniciais. Esse processo conduz à expansão, marcada pela incorporação de novos conceitos, como heterotróficos e autótrofos. Além disso, pode-se perceber indícios da apropriação no uso pertinente e contextualizado da terminologia científica, aspecto que pode ser interpretado como avanço no processo de aprendizagem.

Ademais, o possível miniciclone "Saberes em Vivência e Saberes Escolares", de intensidade mediana, constitui-se na dimensão epistêmica, marcado pela predominância do aspecto colaborativo, ao integrar experiências do cotidiano às aprendizagens formais. Nesse movimento, as estudantes relacionam práticas vividas fora da escola com os conceitos científicos discutidos em sala, ampliando a compreensão sobre os fenômenos naturais. A

interação entre conhecimento empírico e saber sistematizado caracteriza um processo de reorganização conceitual e social, em que o diálogo se torna elemento propulsor da elaboração compartilhada do conhecimento.

Desse modo, entre análises e reflexões sobre as atividades propostas na Unidade 4 do *e-book* interativo, ficou claro o avanço das estudantes na compreensão dos impactos ambientais e do papel dos seres vivos no equilíbrio dos ecossistemas. As produções digitais integraram ciência, emoção e estética, atestando evolução crítica e sensibilidade ecológica. Esse percurso amplia as possibilidades de expressão científica e estética, conduzindo à próxima unidade, que explora o diálogo entre arte, tecnologia e sustentabilidade na formação da consciência ambiental.

Para começar, no conjunto das atividades planejadas para a Unidade 5, destacou-se a produção "Arte sustentável com IA", por meio da qual as estudantes foram gradualmente conduzidas a um novo campo expressivo: a produção artístico-visual crítica. Assim, esse movimento denota a ampliação das formas de elaboração conceitual, agora orientada pela imaginação e pela criação estética. Desse modo, a atividade representa um espaço em que arte, ciência e tecnologia se entrelaçam na produção de novos modos de compreender o mundo.

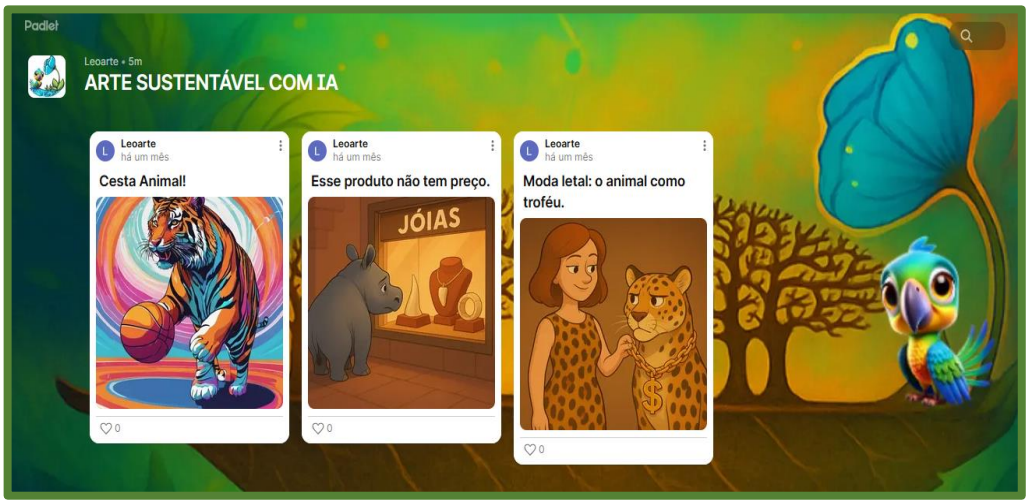
Nesse contexto, a atividade foi apresentada às estudantes com a proposta de produzir um *card* digital que articulasse representações visuais ligadas ao eixo temático da sustentabilidade. No primeiro momento, a proposta despertou curiosidade e interesse quanto às possibilidades abertas no contato com a tecnologia, que se entrelaçou ao processo de dar forma às ideias e de transformá-las em representações visuais.

Na sequência, foram esclarecidas dúvidas e destacadas as possibilidades de criação tanto na plataforma Padlet com IA quanto com a IA ChatGPT, inclusive como os conceitos poderiam ser aplicados na elaboração artística. Esse momento de interação com as mídias digitais incentivou as estudantes a visualizarem novas maneiras de transformar suas interpretações em produções concretas.

Durante a execução da atividade, as estudantes definiram como tema central do *card* "O consumo inconsciente e a exploração animal" e optaram por representar personagens animais para compor a mensagem, tecendo, assim, uma reflexão crítica sobre a ação humana no meio ambiente.

Nas primeiras tentativas, as estudantes já expressaram desenvoltura nas interações com a IA, incorporando as proposições de modo consistente ao processo criativo, o que resultou em produções visuais abrangentes voltadas à preservação ambiental. As produções foram reunidas em um espaço digital coletivo, como pode ser observado na Figura 37.

Figura 37 – Mural “Arte sustentável com IA” com produções coletivas criadas em interação com o Padlet e o ChatGPT



Fonte: Captura de tela da plataforma Padlet, com imagens geradas pelo ChatGPT (2025).

Nessa figura, é possível observar que as produções artísticas publicadas no mural colaborativo do Padlet foram elaboradas em parceria com a Inteligência Artificial Generativa (ChatGPT e Padlet com IA), compondo um processo criativo coletivo sobre temas socioambientais urgentes. As imagens trazem diferentes perspectivas: algumas abordam diretamente o tráfico ilegal de animais e a exploração da fauna como mercadoria ou troféu, enquanto outras recorrem a metáforas visuais para provocar reflexão sobre a relação entre práticas humanas e o equilíbrio dos ecossistemas.

Vale destacar que o processo de criação envolveu um movimento prévio de interação com a IA, cuja atuação consistiu em provocar questionamentos, apresentar informações e tensionar interpretações das estudantes. Esse movimento contribuiu para reorganizar o modo de compreender a problemática ambiental, o que se expressa, nesse recorte, na elaboração simbólica do cartaz. Assim, a criação não se deu de forma isolada, mas como resultado das reorganizações desencadeadas no coletivo estudantes-IA-mundo.

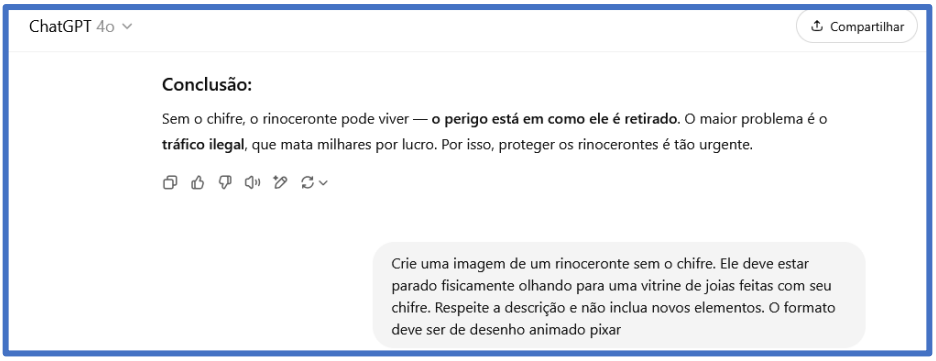
Entre as produções, destacou-se a charge “Esse produto não tem preço!”, elaborada no primeiro instante a partir de uma pesquisa realizada no ChatGPT, a qual despertou indignação nas estudantes diante dos maus-tratos sofridos pelos rinocerontes e da extração de seus chifres. Essa experiência configurou a emergência de uma tensão inicial, mobilizando afetos e abrindo espaço para a problematização crítica.

Em decorrência disso, a indignação despertada diante do problema, ao articular-se com o saber científico, é ressignificada em forma de crítica ética no Padlet com IA. Nesse movimento, emoção e conhecimento se entrelaçam, permitindo que os sentimentos iniciais se transformem em reflexão estruturada e socialmente relevante. Aqui observam-se indícios de

uma reorganização conceitual e afetiva, núcleo do miniciclone em que ocorre a integração entre afetos e conceitos.

Mais adiante, as estudantes recorreram novamente ao ChatGPT para a elaboração de um *prompt* direcionado à criação de uma imagem. O enunciado solicitado foi preciso: representar um rinoceronte sem chifre, posicionado diante de uma vitrine de joias produzidas a partir do próprio chifre. A Figura 38 apresenta esse movimento.

Figura 38 – Interação com o ChatGPT durante a pesquisa sobre o tráfico de rinocerontes



Fonte: Captura de tela da interface do ChatGPT (2025).

A interação apresentada ilustra o momento em que as estudantes elaboraram o *prompt*. Essa construção imagética, ainda que não represente todas as trocas de ajustes e reformulações realizadas, traduz, de modo simbólico, a denúncia da exploração animal, configurando-se como um deslocamento do impacto emocional inicial para uma representação crítica digital.

Complementarmente, o diálogo a seguir destaca a interação entre as estudantes e o ChatGPT e explicita a dimensão processual da criação, marcada por negociações e reelaborações coletivas de sentidos sobre a preservação ambiental, transformando indignação em expressão crítica.

Diálogo 5

IA1: Hum... não ficou legal assim, parece que tá faltando alguma coisa.
IA2: Também achei... bora tentar de outro jeito.
IA1: E se a gente colocar o rinoceronte sem chifre olhando pra uma vitrine de joias?
IA2: Aí, sim, ficou massa! Dá pra mostrar que as joias não valem a vida dele.
IA1: Verdade! Mas falta um nome pra cena...
IA2: Boa! Podia ter a palavra “preço”. Tipo: “Esse produto não tem preço!”.
IA1: Fechou! Assim vai ficar claro que a vida vale mais do que qualquer joia.

No diálogo 5, pode-se perceber indícios do movimento de experimentação, quando as estudantes testam alternativas para representar a crítica ambiental. A fala “tá faltando alguma coisa” sinaliza abertura para revisar e reformular a ideia inicial. Ao inserir o rinoceronte sem

chifre diante de uma vitrine de joias, elas elaboram uma hipótese simbólica que contrapõe o valor da vida ao valor econômico. O ajuste da imagem e a formulação da frase final indicam a busca por maior precisão expressiva. Assim, a compreensão se desenvolve no próprio ato de criar, testar e redefinir a representação.

Nesse contexto, a produção da charge com o enunciado “Esse produto não tem preço!” confirma a incorporação do conhecimento em forma de criação própria das estudantes, podendo ser interpretada como indício de expansão, na medida em que reconfigura sentidos, avançando das formulações iniciais para uma síntese crítica. Essa elaboração é apresentada na Figura 39.

Figura 39 - Charge “Esse produto não tem preço!”



Fonte: Captura de tela da interface do ChatGPT (2025).

O *card* finalizado resulta da harmonia entre texto e imagem, pois o enunciado “Esse produto não tem preço!” integra-se aos elementos visuais escolhidos (rinoceronte, joias, vitrine), destacando, de maneira clara e sensível, a ideia de que a vida não pode ser reduzida a valor de mercado. Essa integração estética fortalece a força da denúncia, conferindo-lhe maior poder de sensibilização e promovendo sua circulação em espaços coletivos de reflexão.

Vale ressaltar que o compartilhamento no Padlet cumpre dupla função: por um lado, amplia a circulação da produção, indicando a expansão do conhecimento; por outro, sinaliza indícios de apropriação, pois consolida a autoria crítica das estudantes em um produto socialmente partilhado.

Além disso, o compartilhamento da produção no mural colaborativo com IA do Padlet representa a expansão do possível miniciclone, ao permitir a circulação da imagem entre os pares e fomentar reflexões e ressignificações. A tecnologia, nesse escopo, atua como parceira

na experiência pedagógica, ampliando o alcance da aprendizagem e fortalecendo o protagonismo coletivo.

O Quadro 15 organiza esse movimento, sugerindo como as falas das estudantes se articulam às etapas do possível miniciclone de Souto (2013). Nele, observa-se a progressão conceitual em que os movimentos convergem para o processo de compreensão.

Quadro 15 – Miniciclone "Arte-Denúncia-Animal"

Movimento(s)	Registro(s)	Indicadore(s) do(s) Processo(s)
Desencadeador	IAzinhas pesquisam no ChatGPT sobre maus-tratos e tráfico de rinocerontes.	A busca por informações desencadeia indignação diante do sofrimento animal, mobilizando afetos e inaugurando a tensão inicial que abre espaço para a problematização crítica.
Reorganização Conceitual	A1: "Hum... não ficou legal assim, parece que tá faltando alguma coisa."	A insatisfação com a primeira ideia expressa avaliação crítica e reorganização: as estudantes não se acomodam, reelaboram e refinam a proposta, transformando emoção em reflexão estruturada.
Experimentação	A2: "Bora tentar de outro jeito." IA1: "E se a gente colocar o rinoceronte sem chifre olhando pra uma vitrine de joias?" IA2: "Aí sim, ficou massa! Dá pra mostrar que as joias não valem a vida dele."	As falas revelam testes, ajustes e hipóteses visuais. A escolha dos elementos (rinoceronte, vitrine, joias) traduz simbolicamente a denúncia, evidenciando como o pensamento se materializa em representação crítica com participação da tecnologia.
Expansão	IA1: "Mas falta um nome pra cena..." IA2: "Boa! Podia ter a palavra preço. Tipo: 'Esse produto não tem preço!'"	Aqui ocorre a produção autoral: o enunciado sintetiza emoção, ciência e ética em uma criação própria. A autoria coletiva dá forma à mensagem crítica e ética.
Apropriação	Compartilhamento no Padlet.	O card finalizado é publicado no mural colaborativo, ampliando o alcance da denúncia. A circulação transforma a produção individual em conhecimento socialmente partilhado.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O quadro sugere que o processo se desenvolveu em etapas articuladas, desde o desencadeador, que mobilizou indignação, passando pela reorganização conceitual e núcleo do miniciclone, em que as estudantes superam a insatisfação inicial e refinam suas ideias. Em seguida, a experimentação aparece como espaço de testes e reelaborações criativas.

Em vista disso, a expansão se mostra na clareza alcançada pela charge e na força comunicativa do enunciado "Esse produto não tem preço!", que amplia a compreensão crítica sobre o tema. Por fim, a circulação no Padlet consolida a aprendizagem em dimensão socialmente compartilhada.

Assim, o possível miniciclone "Arte-Denúncia-Animal", de intensidade forte, manifesta-se na dimensão epistêmica, com predominância dos aspectos expressivo e colaborativo. A atividade despertou indignação e consciência ambiental, transformando emoção em criação coletiva. As estudantes articularam arte, ciência e ética na produção de composições visuais que denunciam agressões à vida animal. O movimento resultou em uma aprendizagem crítica, sensível e socialmente engajada.

A partir das experiências desenvolvidas na Unidade 5, as estudantes ampliaram suas formas de expressão ao unir arte, tecnologia e reflexão ética, transformando emoção em consciência ambiental. As produções apontaram autoria digital e uma postura crítica diante das questões socioambientais, resultando em processos educativos que integraram sensibilidade e raciocínio científico. Esse movimento final encaminha para a unidade seguinte, centrada na reflexão sobre os impactos humanos e no fortalecimento do compromisso com a preservação e a sustentabilidade dos ecossistemas.

A Unidade 6 promoveu reflexões sobre os impactos da ação humana nos ecossistemas, abordando o desequilíbrio na cadeia alimentar, as consequências das alterações climáticas e o problema global do lixo plástico. As estudantes analisaram como esses fatores influenciam diretamente a vida nos ecossistemas e a sustentabilidade ambiental.

Para a unidade em questão, optou-se por descrever e analisar em profundidade o *podcast* "SOS Mar: A Tartaruga e a Alguinha contra o Óleo Pegajoso!", publicado no *site* "Teia da Vida com IAzinha", disponível no *link*: https://vozesdanatureza.mobirisesite.com/, em razão de sua relevância e do exercício de protagonismo digital das estudantes. Essa produção possibilitou a expressão criativa das participantes, ao mesmo tempo em que incentivou a produção de soluções críticas frente aos desafios ambientais.

Como desdobramento das experiências desenvolvidas nas unidades anteriores, a proposta avançou para uma nova etapa de exploração multimodal: a criação do *podcast* "Vozes da Natureza". Essa perspectiva buscou articular ciência, tecnologia e linguagem narrativa em um formato sonoro, aproximando as estudantes da oralidade e da autoria digital (Müller, 2015). A atividade configurou-se como um espaço de expressão criativa e reflexão ambiental, em que as vozes infantis tornaram-se instrumento de denúncia e sensibilização diante dos problemas ecológicos.

Nesse contexto, a elaboração do episódio "SOS Mar: A Tartaruga e a Alguinha contra o Óleo Pegajoso!" constituiu uma trajetória coletiva e investigativa que integrou etapas de pesquisa, roteirização, gravação e edição, com participação da IA. O percurso apresentou múltiplas dimensões, desde a aprendizagem do encantamento inicial até a apropriação crítica do conhecimento, expressando a contribuição pedagógica do diálogo entre imaginação, emoção e tecnologia.

Coadunando com essa concepção, Costa (2017) observa que as tecnologias ampliam a imaginação e a percepção, reconfiguram os modos de interação e instauram novos referenciais espaço-temporais, possibilitando a construção coletiva de sentidos e a reorganização do pensamento.

Vale pontuar que essa abordagem nasceu de uma conversa em que as estudantes refletiram sobre diferentes tipos de poluição e seus impactos na vida dos seres vivos. Durante esse diálogo, o grupo mencionou os vazamentos de óleo que atingiram o litoral brasileiro, manifestando indignação diante da destruição ambiental causada por esse tipo de contaminação. A partir desse debate, a questão ecológica foi transformada em narrativa educativa, aproximando a ciência da realidade social das estudantes e despertando nelas o desejo de agir de forma consciente.

Posteriormente, iniciou-se a elaboração do roteiro com a participação do ChatGPT. Durante essa etapa, as estudantes dialogaram, ajustaram falas e inseriram novos elementos na narrativa, em um movimento de negociação entre as ideias humanas e as contribuições da IA, o que reforçou o protagonismo e a autonomia intelectual das participantes. Embora existam registros dessa fase, as imagens correspondentes não foram apresentadas neste trabalho devido à qualidade insuficiente para fins de análise. Optou-se, então, por descrevê-la de forma interpretativa, com base nas anotações e observações realizadas durante o processo.

Durante essa etapa, o processo de gravação e regravação das falas revelou um movimento de autorreflexão e reorganização conceitual, beneficiado pela escuta das próprias vozes. A experiência de ouvir e analisar as gravações impulsionou momentos de reflexão crítica sobre o conhecimento em construção, permitindo que as estudantes revisassem suas ideias e aprimorassem a narrativa.

Com base nessa concepção, Borba (1999) afirma que os *feedbacks* proporcionados pelas mídias, como a possibilidade de visualizar a própria imagem ou ouvir a própria voz, atuam como elementos de reorganização cognitiva, promovendo novas formas de compreender o processo de aprendizagem. Na sequência desse movimento, observa-se o envolvimento das estudantes na elaboração do roteiro, momento de colaboração e organização das ideias, retratado na Figura 40.

Figura 40 – Estudantes engajadas no processo inicial de criação do *podcast*



Fonte: Acervo da autora (2025).

Em razão disso, o entusiasmo das estudantes diante da proposta de criação do *podcast* pareceu sinalizar um movimento desencadeador inicial. A fala de IA1: “Eu adorei fazer o *podcast*! Era a Tarta e a Alguinha” expressou abertura a novas formas de aprendizagem, articulando ciência, tecnologia e narrativa. Esse envolvimento afetivo e a motivação para criar inauguraram um movimento distinto, articulando emoção, imaginação e conhecimento científico, constituindo o provável ponto de partida para a transformação expansiva.

Na sequência, observa-se a tensão cognitiva, provocada pela intervenção da pesquisadora ao questionar: “O que que essa história ensina?”. Esse deslocamento da dimensão afetiva para o campo reflexivo gera uma tensão produtiva, pois exige das estudantes não apenas recordar a experiência, mas interpretá-la à luz de um sentido pedagógico. A esse respeito, Engeström (1987, p. 33-34) amplia a noção vygotskyana de Zona de Desenvolvimento Proximal ao concebê-la como uma possibilidade de aprendizagem expansiva no interior de um sistema de atividade coletivo, em que as ações partilhadas promovem a transformação e a criação de novos modos de compreender e agir. Esse momento confirma o papel essencial da orientação dialógica, ao instigar a ressignificação da atividade e ao ampliar o horizonte conceitual.

Avançando no exercício da análise, Souto (2016, p. 165) explica que, quando o pesquisador percebe que um ciclo não avança, pode intervir de modo a provocar tensões que impulsionem a resolução das contradições existentes, incentivando o desenvolvimento de transformações expansivas. Assim, a atuação pedagógica realizada nesse momento assume caráter intervencionista, mobilizando a reorganização conceitual e o avanço do miniciclone.

Além disso, o diálogo a seguir, registrado durante a atividade de produção do *podcast*, ilustra a transição entre as etapas de tensão cognitiva e reorganização conceitual, apontando o movimento dialógico que impulsionou a construção do pensamento científico.

Diálogo 6

IA1: Eu adorei fazer o *podcast*! Era a Tarta e a Alguinha.
Pesquisadora: O que que essa história ensina?
IA 2: A história ensinava que não pode poluir o oceano.
IA 1: Tem muitos animais que comem plástico e daí eles acabam morrendo. O óleo também prejudica muitos animais; na hora de nadar, eles ficam presos.
Pesquisadora: E o que isso tem a ver com a cadeia alimentar?
IA2: Mostra que não existem apenas animais terrestres, mas também os marinhos, e ambos precisam de cuidados. O mar também precisa ser preservado, não podemos jogar lixo nele.

No entrelaçar das vozes, percebeu-se a progressão do raciocínio das estudantes, que passaram do envolvimento afetivo inicial à elaboração conceitual. A fala de IA2: "A história ensinava que não pode poluir o oceano" indica que o tema foi reinterpretado de modo consciente e reflexivo. Nesse processo, as estudantes expressaram suas compreensões em diferentes linguagens, e a imagem do golfinho clamando "Não aguentamos mais!" (Figura 41) sintetizou, de forma sensível, os impactos da ação humana sobre os ecossistemas.

Figura 41 – Representação visual da poluição marinha na imagem do golfinho clamando "Não aguentamos mais!"



Fonte: Créditos à autora (2025).

Em continuidade, observou-se um movimento de ampliação da análise, ratificado em falas como a de IA2: "Tinha muitos animais que comiam plástico e daí eles acabavam

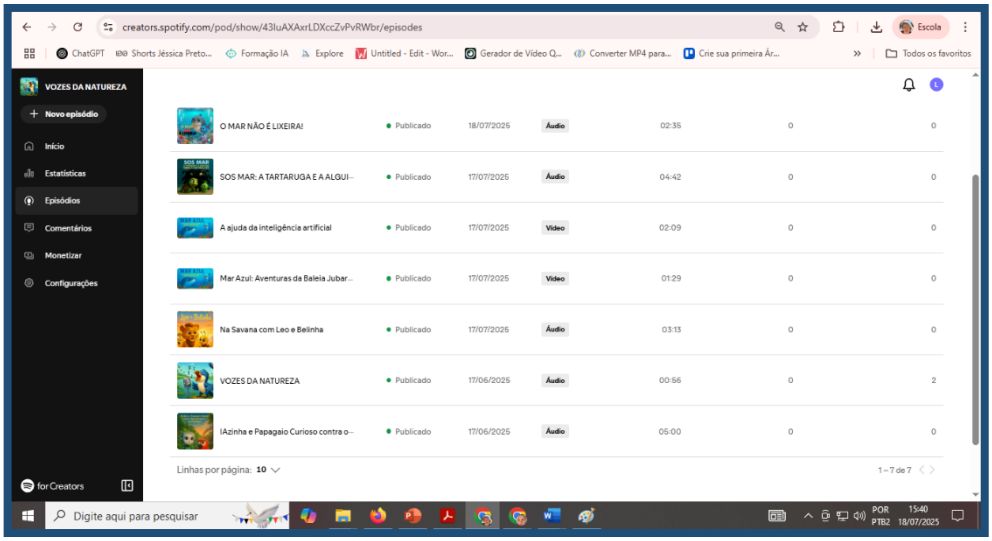
morrendo. O óleo também prejudicava muitos animais; na hora de nadar, eles ficavam presos". Ao trazer exemplos concretos, a estudante sinalizava a busca por compreender causas e consequências, articulando conhecimentos prévios com novas aprendizagens. Do mesmo modo, as tentativas de gerar diferentes capas para o episódio refletiam o exercício criativo e a busca pela representação visual mais adequada, expressando um percurso de ensaio, erro e reelaboração das ideias.

Essa postura ativa remete ao movimento colaborativo identificado por Meirinhos (2022) em suas investigações com crianças dos anos iniciais, nas quais a produção digital promove negociação, autoria e reflexão compartilhada. Do mesmo modo, o processo vivido pelas estudantes nessa unidade expressa como a produção coletiva, integrando mídias digitais, pode ampliar a participação, incentivar a criatividade e fortalecer a elaboração conjunta de sentidos.

Posteriormente, o *print* com a lista de episódios e a foto das estudantes acessando o material mostraram que a produção transcendeu o espaço escolar, alcançando circulação cultural e social mais ampla. Essa expansão do alcance do *podcast* comprova o impacto da atividade, na medida em que os saberes elaborados coletivamente passaram a dialogar com novos públicos.

Assim, a experiência do *podcast* "Vozes da Natureza" consolidou-se como um espaço de integração entre emoção, criatividade e pensamento científico. A articulação entre as linguagens humanas e a participação da inteligência artificial sugere uma aprendizagem viva, em que imaginação e razão se encontram para dar voz à ciência e sensibilidade à tecnologia, como se observa na Figura 42.

Figura 42 – Lista de episódios do *podcast* "Vozes da Natureza", publicados no Spotify



Fonte: Captura de tela da interface do aplicativo Spotify (2025).

Além disso, esse possível movimento de expansão pareceu refletir-se nas falas das estudantes, que transpareceram maior sensibilidade e compreensão diante das relações ecológicas. A fala de IA2: “Mostra que não existem apenas animais terrestres, mas também os marinhos, e ambos precisam de cuidados. O mar também precisa ser preservado, não podemos jogar lixo nele” expressou o reconhecimento de relações mais amplas entre os ecossistemas e a compreensão coletiva do grupo. Esse conhecimento foi compartilhado em plataformas digitais, atingindo novos públicos, como se observa na Figura 43.

Figura 43 – Estudantes interagem com a capa final do episódio “SOS Mar: A Tartaruga e a Alguinha contra o Óleo Pegajoso!”



Fonte: Acervo da autora (2025).

No avanço das aprendizagens, o processo criativo também se materializou na definição da identidade visual do episódio. Diversas imagens foram geradas até que a versão final fosse escolhida, consolidando as personagens Tarta e Alguinha como protagonistas da narrativa e simbolizando, de maneira poética, o drama do óleo nos mares. Essa passagem das tentativas iniciais à escolha definitiva indica um amadurecimento estético e conceitual das estudantes, manifestando a apropriação de saberes científicos e expressivos. Com o intuito de sintetizar os movimentos observados neste possível miniciclone, apresenta-se o Quadro 16.

Quadro 16 – Miniciclone “SOS Mar: Consciência Ambiental em Formato de Podcast”

Movimento(s)	Registro(s)	Indicadore(s) do(s) Processo
Desencadeador	IA1: -Eu adorei fazer o podcast! Era a Tarta e a Alguinha.	O entusiasmo inicial rompe com práticas tradicionais e inaugura um novo modo de aprender pela emoção, imaginação e ciência.
Reorganização Conceitual	IA2: - A história ensinava que não pode poluir o oceano.	As falas demonstram avanço conceitual e consciência ambiental, articulando ciência e sensibilidade na análise da poluição marinha.
Experimentação	Criação de diferentes capas e ajustes no roteiro.	As estudantes testam ideias e representações, exercitando a autoria e o pensamento científico de forma colaborativa.
Expansão	IA2: - Mostra que não existem apenas animais terrestres, mas também marinhos.	O conhecimento ultrapassa o espaço escolar, ganhando alcance social e relevância educativa.
Apropriação	Interação com a capa final do episódio “SOS Mar”.	As estudantes demonstram compreensão ampliada dos conceitos, expressando sensibilidade e consciência ecológica em suas produções finais.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

O quadro acima sintetiza os passos desenvolvidos pelas estudantes na criação do *podcast* “SOS Mar: A Tartaruga e a Alguinha Contra o Óleo Pegajoso!”. Com base nos dados apresentados, acredita-se que o movimento do miniciclone inicia-se no entusiasmo das estudantes diante da proposta de criação do *podcast*, marcando o desencadeador, ou seja, a ruptura com práticas tradicionais e abrindo espaço para uma aprendizagem articulada com a emoção, imaginação e a ciência.

Em seguida, observa-se a reelaboração conceitual, quando as falas indicam maior compreensão sobre a poluição marinha e o papel humano nos ecossistemas. Logo após, na experimentação, as estudantes testam ideias, criam capas e ajustam o roteiro, exercitando a autoria e o pensamento científico de modo colaborativo.

Também se observou certa expansão com a ampliação do alcance educativo, quando o conhecimento ultrapassa o espaço escolar e ganha relevância social. Em decorrência, na apropriação, tornaram-se visíveis indícios de internalização crítica dos conceitos e a consolidação de uma consciência ecológica expressa nas produções finais.

Com base nos critérios adotados, infere-se que o possível miniciclone “SOS Mar: Consciência Ambiental em Formato de *Podcast*” apresenta predominância da Dimensão Epistêmica, destacada na articulação entre pensamento científico e consciência ecológica, que orientaram a construção dos enunciados e das reflexões.

Nesse contexto, sobressai o aspecto expressivo, que se manifesta na fusão entre emoção, imaginação e iniciativa criativa, materializada na elaboração estética e sensível do episódio.

Nesse entrelaçamento, ciência, arte e tecnologia se integraram em uma aprendizagem crítica e multimodal (Müller, 2015), configurando uma rotação de forte intensidade.

Nesse cenário investigativo, nota-se que o processo de aprendizagem foi se configurando gradualmente, ganhando consistência e sentido a cada unidade. As interações entre estudantes, mídias e inteligências artificiais apresentaram movimentos de produção coletiva, nos quais emoção, criatividade e raciocínio científico se entrelaçaram. Assim, o conjunto das análises sugere um percurso de evolução contínua, no qual aprender se transforma em experiência coletiva, abrangente e integrada, em permanente expansão.

5.3 À luz dos dados: uma síntese analítica

Nesta seção, destacam-se os quatro miniciclones observados na análise dos dados, que se entrelaçam ao longo da investigação. Dentre os movimentos identificados, o ponto de união entre eles representa o momento em que a reorganização conceitual se intensifica, promovendo diálogos entre emoção, razão e interação tecnológica. É nesse entrecruzamento que o pensamento se expande, inaugurando novas formas de compreender os fenômenos e consolidando o caráter dinâmico da aprendizagem.

Antes, contudo, é importante ressaltar que o percurso investigativo, no começo, foi marcado por momentos de encantamento e pela curiosidade das estudantes diante dos fenômenos naturais, referentes aos eixos temáticos relacionados à “cadeia alimentar” trabalhados, impulsos que despertaram a vontade de compreender, questionar e transformar o que conhecer e aprender. Esses afetos iniciais funcionaram como força desencadeadora do processo educativo, servindo de base para as experiências que se desdobraram em diálogos com as tecnologias digitais e culminaram na emergência dos miniciclones analisados.

Nessa perspectiva, o miniciclone se define como um processo de transformação contínua, marcado por movimentos sucessivos de tensão, reelaboração e reorganização conceitual. Conforme explica Engeström (1987), as transformações expansivas não ocorrem em etapas estáveis, mas em fluxos nos quais o objeto de estudo é constantemente reformulado pelas pessoas durante a atividade.

Assim, diferentemente de pesquisas que descrevem o miniciclone como um processo único, este estudo identificou a emergência de múltiplos miniciclones que se articularam ao longo do percurso investigativo. Foi justamente no entrelaçamento entre eles, quando o

miniciclone de uma atividade retomava e expandia o movimento do outro, que se observou um processo contínuo de reorganizações conceituais. Desse modo, a aprendizagem se concretizou não em ações isoladas, mas no entrelaçamento progressivo entre os miniciclones, uma vez que tais movimentos são interdependentes e se desdobram em reorganizações sucessivas do pensamento (Souto, 2013).

A continuidade desse processo pode ser observada nos registros seguintes, em que os miniciclones se entrelaçam e, ao mesmo tempo, o diálogo com a IA ampliava as possibilidades de reelaboração intelectual. As interações com a IA contribuíram para o aprofundamento das compreensões sobre as cadeias alimentares, de forma que as estudantes revisassem suas hipóteses iniciais e produzissem explicações mais consistentes acerca do equilíbrio ecológico.

À medida que o percurso investigativo se desdobrava, foi identificada, na análise das atividades de produção de cartaz e bate-papo com o EcoBot, a indicação do enlace entre o miniciclone da Savana, no qual as estudantes mobilizaram saberes prévios sobre a cadeia alimentar, e o miniciclone "Diálogo com o EcoBot", no qual tais compreensões foram tensionadas e revisadas em interação com a IA, conforme ilustrado na Figura 44.

Figura 44 – Enlace entre os miniciclones da Savana e "Diálogo com o EcoBot"



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Nesse enlace, o movimento inicial de representação da cadeia alimentar, marcado pela lógica linear "quem come quem", é problematizado quando, em diálogo com o EcoBot, as estudantes revisitam o equívoco envolvendo o leão e a tartaruga, reorganizando coletivamente

a ideia de papéis ecológicos. O ponto de fusão conceitual ocorre quando as explicações deixam de ser meramente descritivas e passam a integrar a noção de interdependência ecológica, reconhecendo que os seres vivos participam de ciclos e influenciam-se mutuamente.

Conforme Borba e Villarreal (2005), o conhecimento é produzido por coletivos de S-H-C-M, nos quais a tecnologia integra o próprio processo de pensar, coproduzindo sentidos. Nesse contexto, o miniciclone da Savana impulsiona a expressão inicial das ideias, enquanto o "Diálogo com o EcoBot" motiva sua reconfiguração, constituindo um movimento no qual a IA atua como coautoria epistêmica, participando da elaboração conceitual e da produção de sentidos. A aprendizagem, então, emerge como reorganização conceitual, na passagem de compreensões fragmentadas para uma visão mais relacional do funcionamento da cadeia alimentar.

O movimento contínuo entre os miniciclones desenha um fluxo espiral de aprendizagem sustentado por tensões criativas e reorganizações sucessivas. Assim, o diálogo entre representação simbólica e colaboração digital materializa a aprendizagem expansiva descrita por Engeström (1987), na qual o sujeito se transforma ao transformar o próprio objeto de conhecimento.

Nesse encadeamento, a atividade "Terrário Interativo" promoveu o diálogo com a assistente Flora antes de efetivar a montagem do terrário, despertando a curiosidade e impulsionando a investigação sobre o equilíbrio ecológico, movimento que configura o possível miniciclone "Terrário Interativo". Em continuidade, as experiências sustentaram a produção de registros e transposições de linguagem, desaguando no miniciclone "Expressões Multimodais".

Do diálogo à criação com a IA EcoBot, as expressões materiais das estudantes resultaram na produção de registros que traduzem o pensamento em forma, cor e palavra, articulando intencionalidade pedagógica, racionalidade científica, sensibilidade e criatividade. Desse modo, as interações das estudantes com a IA, as falas com a pesquisadora e as produções gráficas alinham esse percurso investigativo, cuja dinâmica é visualizada na Figura 45.

Figura 45 – Enlace entre os miniciclones “Terrário Interativo” e “Expressões Multimodais”



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Conforme ilustrado na figura acima, o ,iniciclone “Terrário Interativo”, de intensidade forte, desencadeia um movimento investigativo na configuração epistêmica, incentivado pela interação com a IA Flora. Nesse processo, as estudantes formulam hipóteses e reorganizam conceitos relacionados ao equilíbrio ecológico e à fotossíntese. O enlace com o miniciclone “Expressões Multimodais” ocorre quando a compreensão produzida no primeiro (“Terrário Interativo”) se articula à elaboração estética e ecológica do segundo miniciclone aventado, conforme representado na imagem.

Em continuidade, o miniciclone “Expressões Multimodais”, de intensidade mediana, amplia o campo de aprendizagem, convertendo o conhecimento científico em expressão simbólica e sensível. Essa transição representa expansão da capacidade de conceituar o fenômeno, integrando interpretação, autoria e imaginação.

Nessa perspectiva, a articulação entre ambos configura o ponto de fusão conceitual: o miniciclone “Terrário Interativo” sustenta o fundamento explicativo, enquanto o miniciclone “Expressões Multimodais” amplia a capacidade de modelização simbólica das relações ecológicas. Assim, a IA permanece como coagente epistêmica, pois o conhecimento não é apenas aplicado, mas reconfigurado. Desse encontro emerge uma aprendizagem expansiva (Engeström, 1987), na qual o objeto (ecossistema) é compreendido não como sequência, mas como rede interdependente de relações.

Prosseguindo com a análise das atividades “Nuvem de palavras” e “Produção de vídeos” com Video GPT by VEED, comprovou-se que os miniciclones “Amazônia Trófica” e “Teia de

Palavras" não atuam isoladamente, mas se alimentam mutuamente. Enquanto na produção do vídeo organizaram-se e explicitaram-se as relações ecológicas, a ação de criar uma nuvem de palavras tensionou esses sentidos ao convidar à reorganização visual e conceitual. Nesse movimento, o encontro entre os miniciclones se materializa, conforme sintetizado na Figura 46.

Figura 46 – Enlace entre os miniciclones "Amazônia Trófica" e "Teia de Palavras"



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Do mesmo modo, o miniciclone "Amazônia Trófica", de intensidade forte, inicia o processo investigativo ao promover a compreensão dos níveis tróficos e do equilíbrio dos ecossistemas. Na produção do vídeo, a interação com a IA organiza a sequência conceitual e oferece devolutivas às hipóteses formuladas pelas estudantes, incentivando a explicitação e revisão do próprio raciocínio. Nesse movimento, ciência e sensibilidade ambiental se articulam na construção do olhar ecológico.

Esse roteiro de aprendizagem torna preponderante a importância epistêmica, uma vez que as estudantes estabelecem relações entre produtores, consumidores e decompositores, justificam conexões e argumentam sobre os fluxos de energia. A elaboração conceitual passa a ser sustentada não pela memorização, mas pela análise, pela comparação entre papéis ecológicos e pela coerência interna das explicações construídas no coletivo. Consequentemente, a noção de interdependência ecológica emerge como conceito estruturante do pensamento.

Por sua vez, o miniciclone "Teia de Palavras" aprofunda esse entendimento ao representar graficamente, em forma de nuvem orientada pela IA, a rede de relações entre seres

vivos e energia. A visualização incentivou desestabilizações e reformulações coletivas, permitindo que as estudantes convertessem explicações lineares em representações sistêmicas. O ponto de fusão conceitual ocorre quando a interdependência deixa de ser sequência e passa a ser compreendida como teia.

Diante disso, o enlace entre os dois miniciclones configura um movimento de aprendizagem expansiva (Engeström, 1987), na medida em que o entendimento científico produzido no primeiro é reelaborado e ampliado no segundo, transformando a forma de conceituar e representar a cadeia alimentar. A fusão entre elaboração conceitual e expressão simbólica fortalece o pensamento sistêmico e produz deslocamentos na maneira como as estudantes se posicionam diante do objeto de estudo. Em suma, ciência, arte, tecnologia e consciência ambiental convergem para uma formação crítica e compartilhada do conhecimento.

Na sequência, apresenta-se o enlace entre os miniciclones da Sustentabilidade e "Arte-Denúncia-Animal", o qual representa o ponto de convergência entre as aprendizagens desenvolvidas nas duas atividades, indicando a reconfiguração e socialização do conhecimento científico e a capacidade de interpretação dos problemas ambientais, mediante a produção de crítica social (expressão crítica). Essa transição simboliza a continuidade do processo investigativo e a integração entre razão e sensibilidade que caracteriza o movimento expansivo, como apresentado na Figura 47.

Figura 47 – Enlace entre os miniciclones da Sustentabilidade e "Arte-Denúncia-Animal"



Fonte: Elaborado pela autora (2025).

A referida figura representa o ponto de convergência entre os miniciclones da Sustentabilidade e “Arte-Denúncia-Animal”. O primeiro, de intensidade forte, tem como núcleo a elaboração crítica da tirinha produzida pelas estudantes, mobilizando emoção, ética e consciência ambiental. Nesse processo, as estudantes articularam elementos visuais, textuais e conceituais para expressar uma leitura crítica sobre o desmatamento, destacando a interdependência entre os seres vivos e o impacto das ações humanas na natureza em diálogo com a IA.

Nesse fluxo, a atividade “Arte sustentável” amplia o percurso iniciado na tirinha, quando as estudantes retomam a lógica de indignação e autoria coletiva para representar o tráfico de animais. O foco desloca-se do desmatamento para os maus-tratos aos animais, preservando a coerência temática e o vínculo conceitual entre os miniciclones. A emoção é reelaborada em ação crítica e estética, unindo sensibilidade e razão na construção de novos entendimentos. Desse modo, ciência, arte, ética, tecnologia e IA se entrelaçam, enriquecendo a compreensão e a representação do mundo natural por meio de produções multimodais.

Nessa perspectiva, a relação entre os miniciclones expressa uma atividade de continuidade e expansão conceitual. Enquanto o miniciclone da Sustentabilidade desencadeia a ruptura expressiva inicial, o miniciclone “Arte-Denúncia-Animal”, de intensidade forte, reorganiza e sistematiza essas capacidades criativas, transformando emoção em reflexão conceitual. Assim, o que emerge é a produção compartilhada do saber, sustentada pela colaboração entre estudantes e IA.

Sob esse processo, na fusão entre ambos, a arte crítica, a transformação conceitual e a IA, em espiral, geram tensões produtivas entre emoção e razão, sensibilidade e conhecimento. No movimento expansivo de articulação entre esses miniciclones, o núcleo de ligação ocorre na ação de reorganização conceitual e afetiva, quando o sentido crítico elaborado na tirinha sobre o desmatamento é reelaborado e ampliado no novo contexto temático da denúncia ética dos maus-tratos, materializada na charge “Esse produto não tem preço!”, preservando a coerência expressiva entre indignação, ética e produção coletiva.

Nessa direção, esse encontro promove a reconfiguração da emoção inicial em crítica social e ambiental, impulsionada pela integração tecnológica, que amplia a consciência ecológica e o engajamento ético das estudantes. É nesse ponto de convergência que se destaca o princípio da aprendizagem expansiva (Engeström, 1987), pois o objeto de estudo deixa de ser apenas compreendido e passa a ser reelaborado e vivido. Assim, ciência, arte e tecnologia convergem na produção de conhecimento que transforma tanto o conceito quanto o modo de se relacionar com o mundo.

Para finalizar, apresentam-se os miniciclones analisados nesta síntese analítica, destacando as fusões que emergiram ao longo do processo investigativo e o detalhamento do entrelaçamento entre emoção, razão, ciência e tecnologia na elaboração contínua do conhecimento. Essa síntese dos quatro enlaces observados foi organizada de modo a retratar como cada fusão contribui para o movimento expansivo da aprendizagem, conforme ilustrado no Quadro 17.

Quadro 17 – Síntese analítica dos enlaces formados entre os quatro miniciclones

Enlace entre Miniciclone(s)	Núcleo	Indicadore(s) do(s) Processo(s)
Savana e Diálogo com EcoBot	O ponto de encontro entre os dois miniciclones ocorre quando, no diálogo com EcoBot, as estudantes retomam o erro conceitual do cartaz sobre o leão e a tartaruga, revisando-o criticamente.	A interação com o EcoBot transforma o erro em ação reflexiva e interpretativa, convertendo-o em oportunidade de reorganização conceitual e de expansão do pensamento ecológico. Nesse processo, a IA atua como agente epistêmico, impulsionando a reflexão e o desenvolvimento crítico das estudantes.
Terrário Interativo e Expressões Muldimodais	A fusão entre os miniciclones ocorre no momento em que a compreensão da fotossíntese (primeiro) se transforma em interpretação do equilíbrio ambiental (segundo), marcando a passagem da internalização conceitual para a expressão simbólica e ecológica do conhecimento.	A IA traduziu a compreensão da fotossíntese em representação simbólica, tornando visível o pensamento científico nas criações multimodais e participou ativamente na promoção do conhecimento, estimulando a autonomia interpretativa das estudantes.
Amazônia Trófica e Teia de Palavras	O encontro ocorre quando a organização dos níveis tróficos se articula à noção de interdependência ecológica, ampliando o entendimento das relações entre os seres vivos e provocando a aprendizagem expansiva.	A IA ampliou a integração entre linguagem e ciência, permitindo às estudantes representar as interdependências ecológicas em produções multimodais.
Sustentabilidade e Arte-Denúncia-Animal	O deslocamento temático crítico-expressivo da tirinha (centrada no desmatamento) mantém-se interligado à atividade Arte Sustentável, na qual o mesmo sentido é reelaborado e ampliado no novo contexto temático do tráfico de animais.	A IA atua como interface dinâmica entre sensibilidade artística e compreensão científica, transformando a criação estética em meio de reflexão conceitual. Manifestou-se nas produções multimodais das estudantes, promovendo a ampliação da integração entre arte e ciência.

Fonte: Elaborado pela autora (2025).

Conforme o quadro acima mostra, ao longo do percurso investigativo, os miniciclones atuaram de forma interdependente, entrelaçando-se em um movimento contínuo de reorganizações e reelaborações, no qual tensões e complementaridades impulsionam a transformação do pensamento. Essa dinâmica se concretiza nos miniciclones identificados, explicitando que cada um deles não se organiza de forma linear, mas se articula em uma rede ativa de interações, configurando um fluxo em permanente ação que integra emoção, ciência e tecnologia na construção do conhecimento.

Nesse contexto, os miniciclones da Savana e “Diálogo com o EcoBot” ampliam essa dinâmica ao integrar produção material e conversação digital, convertendo o erro em oportunidade de reelaboração conceitual, enquanto a tecnologia contribui com a expansão cognitiva e ecológica.

Na sequência, o miniciclone “Terrário Interativo” marca o começo da trajetória, salientando o período em que as estudantes transitam da observação empírica para a compreensão conceitual dos processos ecológicos. Nessa ocasião, a IA atua como agente epistêmico ao mediar a tradução da fotossíntese em representação simbólica, tornando visível

o pensamento científico e promovendo a internalização do conhecimento de forma crítica e criativa.

Posteriormente, o enlace entre “Amazônia Trófica” e “Teia de Palavras” traz à tona a articulação entre linguagem e ciência, em que as estudantes associam a interdependência ecológica à estruturação dos níveis tróficos, aprofundando a complexidade das elaborações e fortalecendo as compreensões sobre os sistemas vivos.

Ainda nessa travessia, o enlace Sustentabilidade e “Arte-Denúncia-Animal” sintetiza a integração entre sensibilidade estética e consciência científica, indicando como a arte se torna meio de expressão crítica e de expansão conceitual, ao promover o diálogo entre emoção, ética e ciência.

Considerando os movimentos identificados, entre os onze miniciclones, quatro apresentaram intensidade mediana e sete intensidade forte. Adicionalmente, quatro desse total se entrelaçaram em pares, constituindo um percurso contínuo no qual emoção, investigação e expressão simbólica se influenciaram mutuamente. Nesse desenvolvimento, cada par não atuou de forma isolada, mas reorientou o movimento do seguinte, sustentando processos de elaboração e revisão conceitual.

Nessa trajetória, a IA seguiu atuando como parte constitutiva das interações, participando da formulação de hipóteses, da elaboração de explicações e da reorganização dos modos de compreender e representar a cadeia alimentar. Sua intervenção ampliou o campo interpretativo, instaurando tensões produtivas que promoveram o deslocamento do olhar.

Assim, o ponto de fusão entre os miniciclones se manifesta na passagem de compreensões fragmentadas para uma visão sistêmica da cadeia alimentar, na qual ciência, sensibilidade e consciência ecológica se articulam. Nesse espiral, o aspecto afetivo não se separa da elaboração intelectual, pois, como afirma Vygotsky (2009, p. 479), “o próprio pensamento não nasce de outro pensamento, mas do campo da nossa consciência que o motiva, que abrange nossas necessidades, nossos interesses, nossas emoções e nossos afetos”.

Em síntese, a aprendizagem configura-se como coletiva e crítica, mobilizada por interesses, emoções e questionamentos que reconfiguram o modo de interpretar o equilíbrio ecológico. Ao interpretar, sentir, representar e elaborar, as estudantes transformam simultaneamente o objeto de estudo e a si mesmas, produzindo uma compreensão mais sensível, ética e responsável sobre a vida.

6 PALAVRAS FINAIS: O QUE FICA DA PESQUISA?

À luz das transformações que caracterizam o cenário educacional contemporâneo, esta pesquisa analisou a inserção da IA no processo educativo, partindo da pergunta orientadora: "Como a utilização de um *e-book* interativo desenvolvido com Inteligência Artificial poderá influenciar o processo de aprendizagem dos alunos do 5º ano do Ensino Fundamental na disciplina de Ciências da Natureza na Escola Estadual Professor João Batista, localizada em Tangará da Serra (MT)?"

Do ponto de vista bibliográfico, observou-se que a integração da IA ao ensino de Ciências ainda não tem sido tratada em pesquisas voltadas aos anos iniciais. Embora haja produções sobre a inserção da IA no Ensino Fundamental II e Médio, a literatura referente ao trabalho com crianças do 1º ao 5º ano permanece inexistente nesse recorte. Essa lacuna reforça a pertinência investigativa e reafirma a relevância da presente pesquisa.

Diante desse cenário, o objetivo foi compreender as possibilidades e limitações de um *e-book* interativo, desenvolvido com IA, para o ensino do conteúdo da cadeia alimentar da 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). Desse modo, o estudo voltou-se à compreensão das dinâmicas de aprendizagem que emergem dessa articulação.

No percurso investigativo, o estudo foi desenvolvido ao longo de doze encontros presenciais, com duração média de duas horas-aula, totalizando 24 horas de atividades. A pesquisadora participou de todas as etapas, orientando, intervindo e promovendo reflexões sempre que necessário.

As ações foram organizadas de modo gradativo e articulado, contribuindo com a prática dos conceitos científicos de forma integrada com as tecnologias digitais. Esse acompanhamento sistemático possibilitou observar o avanço na qualidade das discussões e produções das estudantes, que passaram a formular hipóteses e explicações com maior autonomia, sustentadas pela interação contínua com o material digital.

Os resultados deste estudo comprovam que práticas integradas com IA se fortalecem quando articuladas a um planejamento pedagógico intencional, capaz de integrar conteúdos, experiências e múltiplas linguagens e de sustentar percursos educativos coerentes e propícios a processos autorais e reflexivos. Em consonância, a revisão de literatura destacou que a formação continuada com enfoque na Inteligência Artificial Generativa na Educação Básica constitui elemento essencial para o fortalecimento da prática docente e, consequentemente, para a melhoria da aprendizagem. Diante desse cenário, torna-se fundamental o desenvolvimento de

ações educacionais que preparem os professores para compreender e integrar criticamente essas tecnologias ao cotidiano escolar.

Nessa tessitura, a IA atuou como elemento que ampliou possibilidades de interpretações, sem substituir o pensamento ou as decisões das participantes, contribuindo para a emergência de interpretações próprias. Como efeito, observou-se interesse e participação ativa, indicando a formação de uma postura investigativa diante das distintas situações de aprendizagem.

Ademais, os MTE manifestaram-se como movimentos de deslocamento conceitual e afetivo, trazendo à tona o entrelaçamento entre emoção, razão e tecnologia. Os dados mostraram que o aprender com a IA se configura como um processo gradual, no qual registros, comparações e experimentações possibilitaram refinamentos sucessivos das ideias das estudantes, indicando avanço na elaboração do pensamento.

Observou-se ainda que quatro dos onze miniciclones se entrelaçaram, produzindo retomadas e ampliações que impulsionaram novas interpretações. Nesse processo, a IA atuou como coautora epistêmica, ao provocar tensionamentos sobre o modo de organizar e justificar explicações. Assim, o conhecimento se constituiu processualmente e de forma colaborativa, reafirmando a perspectiva dos S-H-C-M como constituição conjunta de saberes.

Não obstante os avanços observados, a pesquisa enfrentou desafios ao incorporar tecnologias digitais no ambiente escolar. Entre eles, destacaram-se as restrições de acesso a determinadas plataformas, em virtude de exigências de assinatura paga, e a instabilidade da conexão com a *internet*, o que exigiu constantes adaptações no planejamento. Parte das gravações precisou ser realizada com o uso de um *smartphone* Samsung Galaxy A53, assegurando a continuidade das atividades. Tais dificuldades, entretanto, impulsionaram soluções originais e justificaram a importância da flexibilidade pedagógica diante das condições reais de ensino.

Apesar dessas limitações, os resultados reafirmam que a integração da IA ao processo educativo contribui para aprendizagens abrangentes, colaborativas e criativas. O *e-book* interativo consolidou-se como uma mídia pedagógica capaz de promover a expressão autoral, a reflexão crítica e o engajamento dos estudantes. As produções demostraram transformações conceituais e afetivas, ressaltando que a elaboração do conhecimento se processa de forma integrada entre pessoas e tecnologias, em um movimento contínuo de criação e reformulação dos saberes.

Esta investigação contribui de forma relevante para o campo acadêmico ao apontar que a IA pode colaborar com processos de aprendizagem em Ciências quando integrada a um planejamento pedagógico intencional, sustentado por múltiplas linguagens e por ações

orientadas à reflexão e à produção de sentidos. Fundamentado na articulação entre os princípios da TA e dos S-H-C-M, o estudo confirma que a inserção crítica das tecnologias digitais no cotidiano escolar pode ampliar os horizontes da formação científica e humana.

Desse modo, este trabalho ofereceu subsídios teórico-metodológicos para futuras pesquisas e se consolida como referência para experiências pedagógicas inovadoras que integram, de maneira intencional, a IA ao processo educativo, especialmente no ensino de Ciências, reafirmando suas possibilidades de transformação social. Considera-se, ainda, promissora a ampliação deste estudo em contextos diversos, que possibilitem a compreensão de outras formas de interação entre estudantes e sistemas inteligentes no cenário educacional brasileiro. Essa perspectiva reforça o compromisso desta pesquisa com uma educação mais reflexiva, inovadora e socialmente relevante.

6.1 Sugestões para futuros estudos

Com base na análise dos dados e nas reflexões teóricas desenvolvidas ao longo desta investigação, destacam-se, a seguir, questões que, embora ultrapassem o escopo desta dissertação, configuram-se como possibilidades promissoras para futuras pesquisas no campo do ensino de Ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Recomenda-se o desenvolvimento de estudos que articulem os fundamentos da TA e dos S-H-C-M, voltados à formação docente para o ensino de Ciências, com ênfase em práticas pedagógicas críticas e criativas que integrem a IA.

Sugere-se, ainda, a investigação do papel das tecnologias digitais como sujeitos no sistema de atividade, analisando se as mídias baseadas em IA, como chatbots, podem contribuir para a reorganização dos processos de construção conceitual e do letramento científico nos anos iniciais.

Além disso, é pertinente examinar as interações entre estudantes e Inteligência Artificial Generativa, ampliando os princípios dos S-H-C-M, com atenção à capacidade criativa e imprevisível dessas tecnologias na elaboração de conhecimentos científicos.

Por fim, recomenda-se a realização de estudos comparativos que aprofundem a análise dos MTE no contexto do ensino de Ciências, considerando diferentes faixas etárias, contextos educacionais e mídias digitais baseadas em IA.

REFERÊNCIAS

ALVES-MAZZOTTI, J.; GEWANDSZNAJDER, F. **O método nas ciências sociais**: pesquisa quantitativa e qualitativa. São Paulo: Pioneira, 1998.

ALMEIDA, Sheila Alves de; LIMA, Guilherme da Silva; PEREIRA, Bárbara Luíza Alves. Desfiando diálogos sobre o conceito de cadeia alimentar em uma aula de ciências nos anos iniciais do Ensino Fundamental. Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 21, 2019.

ANANTRASIRICHAI, N.; BULL, D. Artificial intelligence in the creative industries: a review. **Artificial Intelligence Review**, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10462-021-10039-7. Acesso em: 25 nov. 2025.

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.

ASBAHR, F. da S. F. A teoria da atividade de A. N. Leontiev: uma síntese a partir de suas principais obras. **Práxis Educacional**, v. 16, n. 2, 2020.

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.

BELLMAN, R. **An introduction to artificial intelligence**: can computers think? San Francisco: Boyd & Fraser Pub. Co, 1978.

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

BONA, B. O. Análise de softwares educativos para o ensino de matemática nos anos finais do ensino fundamental. **Experiências em Ensino de Ciências**, Cuiabá, v. 4, n. 3, p. 47–55, 2009.

BORBA, M. C. Tecnologias Informáticas na Educação Matemática e Reorganização do Pensamento. *In*: BICUDO, M. A. V. **Pesquisa em Educação Matemática**: Concepções e Perspectivas. São Paulo: Editora UNESP, 1999.

BORBA, M. C.; ALMEIDA, H. R. F. L.; GRACIAS, T. A. S. **Pesquisa em ensino e sala de aula**: diferentes vozes em uma investigação. Belo Horizonte: Autêntica, 2018.

BORBA, M. C.; BALBINO JUNIOR, V. R. O ChatGPT e educação matemática. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 25, n. 3, p. 142–156, 2023. DOI: https://doi.org/10.23925/1983-3156.2023v25i3p142-156.

BORBA, M. C.; LACERDA, H. Políticas Públicas e Tecnologias Digitais: Um Celular por Estudante. **Educação Matemática**, São Paulo, v. 17, n. 3, p. 490–507, 2015.

BORBA, M. C.; PENTEADO, M. **Informática e Educação Matemática**. Coleção tendências em Educação Matemática. Belo Horizonte: Editora Autêntica, 2001.

BORBA, M. C.; SOUTO, D. 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.

BORBA, M. de C.; VILLARREAL, M. E. **Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking**: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization. New York: Springer, 2018.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**: Brasília, DF, 23 dez. 1996.

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

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Terceira versão. Brasília: MEC, 2017.

BRASIL; UNESCO. Ministério da Educação. **Marco referencial de competências em IA para professores da Educação Básica**. Brasília: MEC/UNESCO, 2021.

CAMADA, M.; DURÃES, G. Ensino da inteligência artificial na educação básica: um novo horizonte para as pesquisas brasileiras. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 31., 2020, Porto Alegre. **Anais** [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2020. p. 1553–1562.

CARUSO, A. L. M.; COSTA, S. A. C. Integração entre pensamento computacional e inteligência artificial: uma revisão sistemática. *In*: CBIE 2021 – 10. CONGRESSO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, Pelotas. **Anais** [...]. Pelotas: UFPel, 2021.

CENTRO DE INOVAÇÃO PARA A EDUCAÇÃO BRASILEIRA (CIEB). *Inteligência artificial na educação básica: novas aplicações e tendências para o futuro*. São Paulo: CIEB, 2024. E-book (PDF).

COBB, P.; STEFFE, L. P. The constructivist researcher as teacher and model builder. **Journal for Research in Mathematics Education**, v. 14, n. 2, p. 83-94, 1983.

COSTA, R. F. **Aprendizagem da Matemática com cartoons**: qual o papel das tecnologias digitais? 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas, Unemat, Barra do Bugres, 2017.

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

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa**: métodos qualitativo, quantitativo e misto. Tradução de Luciana de Oliveira da Rocha. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

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.

ELICKER, A. T.; Barbosa, D. N. F. **Literacia digital: projeto pedagógico cooperativo**. Porto Alegre: CirKula, 2021

ENGESTRÖM, Y. Activity theory and individual and social transformations. *In*: ENGESTRÖM, Y. *et al.* (eds.). **Perspectives on Activity Theory**. Cambridge: CUP, 1999.

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

ENGESTRÖM, Y. **From Teams to Knots**: Activity-Theoretical Studies of Collaboration and Learning at Work. Cambridge: Cambridge University Press, 2008.

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

ENGESTRÖM, Y.; SANNINO, A. Studies of expansive learning: foundations, findings and future challenges. **Educational Research Review**, 2010.

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

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários a prática educativa. 23. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GARTNER. 3 themes surface in the 2021 hype cycle for emerging technologies. **Smarter with Gartner**, 2021. Disponível em: https://www.gartner.com/smarterwithgartner/3-themes-surface-in-the-2021-hype-cycle-for-emerging-technologies. Acesso em: 3 abr. 2024.

GUIMARÃES, R. R.; LAZARIM, C. A. P.; SILVA, E. T. A.; CARVALHO, E.; PAGLIARINI, A. C. F. Ensino por investigação como uma abordagem de ensino observada em teses brasileiras no período de 2009 a 2020. **Temas & Matizes**, v. 17, n. 31, 2023. DOI: https://doi.org/10.48075/rtm.v17i31.31964.

HAUGELAND, J. **Artificial intelligence**: the very idea. Massachusetts: The MIT Press, 1985. 136 p.

JOHANN, G. S. da R. Construindo narrativas em co-criação com inteligência artificial na educação básica. *In*: REUNIÃO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO ONLIFE – RIEonLIFE, 4., 2023, Janaúba. **Anais eletrônicos** [...]. Janaúba: Instituto Federal do Norte de Minas Gerais, 2024. Disponível em: https://eventos.ifnmg.edu.br/RIEWLC/anais/trabalho/1224. Acesso em: 10 maio 2024.

KENSKI, V. M. Educação e internet no Brasil. **Cad. Adenauer**, Rio de Janeiro, v. 16, n. 3, p. 133-150, 2015.

KENSKI, V. M. **Educação e Tecnologias**: o novo ritmo da informação. Campinas: Papirus, 2007.

LEONTIEV, A. N. **O desenvolvimento do psiquismo**. Livros Horizonte, Lisboa, 1978.

LÉVY, P. **A inteligência coletiva**: por uma antropologia do ciberespaço. São Paulo: Loyola, 2000.

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

LIMA, M. S. L. **A formação contínua do professor nos caminhos e descaminhos do desenvolvimento profissional**. 2001. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Acesso em: 25 nov. 2025.

LINCOLN, Y. S.; GUBA, E. G. **Naturalistic Inquiry**. Beverly Hills, CA: Sage Publications, 1985.

LONG, D.; MAGERKO, B. What is AI literacy? Competencies and design considerations. *In*: CHI CONFERENCE ON HUMAN FACTORS IN COMPUTING SYSTEMS, 2020. **Proceedings** [...]. New York: ACM, 2020.

LUCKIN, R.; HOLMES, W. **Intelligence unleashed**: an argument for AI in education. London: Pearson Education, 2016.

MAMEDE, M.; ZIMMERMANN, E. Letramento científico e CTS na formação de professores para o ensino de Ciências. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, 5., 2005, Bauru. **Anais** [...]. Bauru: ABRAPEC, 2005.

MARQUES, V. C. **Desenvolvimento de um tutor virtual inteligente através da utilização da inteligência artificial para contribuir no ensino de Ciências baseado no movimento STEAM**. 2021. Dissertação (Mestrado Profissional em Educação Escolar) – Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2021.

MEIRINHOS, C. S. O. M. **Práticas educativas de inteligência artificial no 1º ciclo do ensino básico**. 2022. Dissertação (Mestrado em TIC na Educação e Formação) – Escola Superior de Educação, Instituto Politécnico de Bragança, Bragança, 2022.

MORAN, J. M. **A educação que desejamos**: novos desafios e como chegar lá. 5. ed. Campinas: Papirus, 2013.

MORAN, J. M. As mídias na educação. 3. ed. São Paulo, 2008. Disponível em: https://moran.eca.usp.br/textos/tecnologias_eduacacao/midias_educ.pdf. Acesso em: 25 nov. 2025.

MORAN, J. M. Mudando a educação com metodologias ativas. *In*: SOUZA, C. A.; MORALES, O. E. T. (org.). **Coleção Mídias Contemporâneas**: convergências midiáticas, educação e cidadania – aproximações jovens, v. II. Ponta Grossa: UEPG/PROEX, 2015.

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.

OLIVEIRA, F. C. **Aplicativo QuiLegAl**: uma opção para o ensino de Ciências Naturais. 2017. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Unemat, Barra do Bugres, 2017.

OLIVEIRA, M. K. de. Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento – um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 1997.

OPENAI. **ChatGPT**: IA de linguagem natural. Disponível em: https://openai.com/chatgpt. Acesso em: 15 mar. 2025.

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.

PAZ, Alfredo Müllen da; ABEGG, Ilse; FILHO, José de Pinho Alves; OLIVEIRA, Vera Lúcia Bahl de. Modelos e modelizações no ensino: um estudo da cadeia alimentar. Ensaio, v. 8, n.2, p. 133-146. 2006

PASSOS, E.; KASTRUP, V.; ESCÓSSIA, L. **Pistas do método da cartografia**: pesquisa-intervenção e produção de subjetividade. Porto Alegre: Sulina, 2020.

PÉREZ-GÓMEZ, Ángel Ignacio. **Educação na era digital**: a escola educativa. Tradução de Marisa Guedes. Porto Alegre: Penso, 2015.

PIAGET, J. **A equilibração das estruturas cognitivas**: problema central do desenvolvimento. Rio de Janeiro: Zahar, 1976.

ROSADO, J. dos R. História do jogo e o game na aprendizagem. **Educação Temática Digital, Campinas**, v. 15, n. 2, p. 41–57, 2006. Disponível em: http://educa.fcc.org.br/pdf/etd/v15n02/v15n02a02.pdf. Acesso em: 1 fev. 2025.

RUSSELL, S. J.; NORVIG, P. **Artificial Intelligence**: A Modern Approach. 4. ed. New York: Pearson, 2020.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial Intelligence**: A Modern Approach. 2. ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2004.

SAMPIERI, R. H.; COLLADO, C. F.; LUCIO, M. D. P. B. **Metodologia de pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

SANTOS, Z. do N. Inteligência artificial aplicada nas aulas de Ciências no Ensino Fundamental II. **Cadernos da FUCAMP**, v. 26, 2024. Disponível em: https://revistas.fucamp.edu.br/index.php/cadernos/article/view/3295. Acesso em: 25 nov. 2025.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P de. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 3, p. 333-352, 2008. Disponível em: http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID199/v13_n3_a2008.pdf. Acesso em: 25 nov. 2025.

SCUCUGLIA, R. **A investigação do teorema fundamental do cálculo com calculadoras gráficas**. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, 2006.

SILVA, L. R. J. da. **HBot**: speaker bot educacional baseado em inteligência artificial para o auxílio na realização de deveres de casa de alunos do ensino fundamental. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2019a.

SILVA, M. C.; SOUZA, P. V. S.; MAIA, J. R.; GIRARDI, D.; MONTEIRO, F. F. A revolução da inteligência generativa artificial e o aprendizado na educação básica: o caso do ChatGPT no contexto brasileiro. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 19, n. 1, 2024.

SILVA, P. O. **Contradições internas no curso Lic-Toon**: produção de cartoons digitais na formação inicial de matemática. 2019. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Barra do Bugres, 2019b.

SOUTO, D. L. P. **Inteligências Artificiais nas aulas de matemática**: resistir ou admitir. *In*: IX ENCONTRO NACIONAL DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA – EnGEM, 2024. Disponível em: https://www.youtube.com/live/AWuuCumemiI. Acesso em: 9 maio 2024.

SOUTO, D. L. P. P**rojeto M@ttoon**. Unemat, Barra do Bugres, 2016. Manuscrito.

SOUTO, D. 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, D. 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.

SOUTO, D. L. P.; CUNHA, J. F. T. da; BORBA, M. C. **Inteligência Artificial em Educação Matemática**. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2025. (Série Tendências em Educação Matemática).

STEFFE, L.; THOMPSON, P. W. **Teaching experiment methodology**: underlying principles and essential elements. *In*: LESH, R.; KELLT, A. E. (eds.). **Research design in mathematics and science education Hillsdale**, NJ: Erlbaum. p. 267- 307, 2000.

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.

TURING, A. **Computação e Inteligência**. Tradução de Fabio de Carvalho Hansem. 1950. Disponível em: https://luciomarfernandes.wordpress.com/2013/06/22/computacao-e-inteligencia-alan-turing-traducao-de-fabio-de-carvalho-hansem/. Acesso em: 10 jun. 2024.

UNESCO. **Guia para a IA generativa na educação e na pesquisa.** Tradução de Teresa Margarida Loureiro Cardoso e Viviane Cristina Marques. Paris: UNESCO, 2024. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000390241. Acesso em: 05 fev. 2026.

UNESCO. **Recomendação sobre a Ética da Inteligência Artificial.** Paris: UNESCO, 2021. Disponível em: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000381137_por. Acesso em: 20 jan. 2026.

VALENTE, J. A. (org.). **O computador na sociedade do conhecimento**. São Paulo: NIED, 1999.

VICARI, R. M. Influências das tecnologias da Inteligência Artificial no ensino. **Estudos Avançados**, v. 35, n. 101, p. 73–84, jan. 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35101.006. Acesso em: 29 jan. 2024.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente**: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. São Paulo: Martins Fontes, 1984.

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

APÊNDICE A – ACESSO AO *E-BOOK* INTERATIVO “ENERGIA EM AÇÃO: CADEIA ALIMENTAR COM IA”

A seguir, apresenta-se o QR Code para acesso ao *e-book* interativo produzido no âmbito desta dissertação. O material foi elaborado na plataforma Canva e integra vídeos, *prompts*, atividades digitais e interações com IA utilizadas durante o experimento de ensino.

APÊNDICE B – TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO (TALE)

GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA – PPGECM

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO - TALE

Olá! Você está sendo convidado para participar de uma pesquisa, sob a responsabilidade da pesquisadora, Leonilda Alves Ribeiro, mestranda do PPGECM da UNEMAT.

O título da pesquisa é **"INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO DE E-BOOK INTERATIVO PARA A APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS"** e ela tem por objetivo compreender as possibilidades e limitações de um e-book interativo desenvolvido com Inteligência Artificial para ensino da cadeia alimentar e aprendizagem de Ciências Naturais dos alunos do 5º ano do Ensino Fundamental da Escola Estadual Professor João Batista, em Tangará da Serra-MT. Sua participação é voluntária e sem qualquer identificação e se dará em diferentes momentos. Todos esses momentos serão previamente agendados em um dia e horário que diferentes de sua aula e sua participação será na construção de um protótipo que apresenta na sua programação conceitos estatísticos e de probabilidade.

Não há requisitos específicos para participar, apenas a habilidade de leitura e escrita. Sua participação é essencial para a pesquisa, pois pode viabilizar novos estudos a serem conduzidos na área de ciências e contribuir de maneira qualitativa para a aprendizagem do conteúdo das cadeias alimentares. Além disso, estimula uma atitude investigativa e consciente em relação ao meio ambiente, bem como para a discussão do tema, possibilitando a expansão do experimento de ensino para outras salas de aula.

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA – PPGECM
Campus Universitário Dep. Est. René Barbour – Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECM. Rua A, s/n, Bairro Cohab São Raimundo, CEP 78.390-000, Barra do Bugres-MT. Fone: (65) 3361-1413, e-mail: ppgecm@unemat.br
UNEMAT Universidade do Estado de Mato Grosso

A fim de preservar cada momento e informação relevante, serão realizadas gravações de áudio e vídeo. Ressalto que esses registros destinam-se exclusivamente à pesquisa, e o anonimato será rigorosamente mantido, ou seja, seu nome e imagem não serão divulgados. Na versão escrita da pesquisa, serão utilizados pseudônimos (nomes fictícios).

Fica claramente estabelecido que esta pesquisa não resultará em qualquer compensação financeira para nenhum dos participantes, ou seja, não haverá custos nem benefícios financeiros. Dessa forma, os sujeitos participantes comprometem-se a estar cientes de que os dados produzidos serão publicados, garantindo-lhes o caráter confidencial da pesquisa, o anonimato das informações e a confidencialidade de sua participação, conforme preconizado pela legislação.

Entretanto, de acordo com as diretrizes estabelecidas pela Resolução 466/2012, é essencial reconhecer que os participantes podem estar suscetíveis a diversos riscos durante a condução da pesquisa. Nesse sentido, é imperativo destacar os procedimentos delineados para mitigar esses potenciais riscos, sendo eles:

1. Desconforto ao Expor Ideias e se Identificar pelo Nome:

- *Medidas Mitigadoras:* Garantir a opção de participação anônima, promover um ambiente de respeito e aceitação, e esclarecer desde o início que a privacidade dos participantes será respeitada.

2. Constrangimento ao Participar de Atividades em Dupla:

- *Medidas Mitigadoras:* Estabelecer diretrizes claras para a formação de duplas, criar um ambiente colaborativo e inclusivo, e proporcionar apoio técnico para reduzir a sensação de constrangimento.

3. Divulgação de Dados Confidenciais:

- *Medidas Mitigadoras:* Implementar protocolos de segurança e obter consentimento informado dos participantes para o uso de informações sensíveis.

4. Constrangimento ao Discutir Estratégias Utilizadas:

- *Medidas Mitigadoras:* Estimular uma cultura de aprendizado sem julgamentos, fornecer orientações claras sobre a natureza colaborativa da pesquisa, e incentivar a troca aberta de ideias.

5. Interferência na Vida e Rotina como Participante:

- *Medidas Mitigadoras:* Estabelecer horários flexíveis de participação, fornecer suporte psicológico quando necessário, e manter uma comunicação transparente sobre os compromissos.

6. Riscos Relacionados ao Uso de Computadores Chromebook

- *Medidas Mitigadoras:* Garantir que os dispositivos estejam em conformidade com padrões de segurança elétrica, promover treinamentos sobre o manuseio seguro dos tablets e adotar precauções para evitar choques elétricos.

7. Estresse e Perda de Autoestima nas Atividades Práticas com a Construção da Cadeia Alimentar:

- *Medidas Mitigadoras:* Oferecer suporte pedagógico, estabelecer metas realistas, criar um ambiente de aprendizado positivo, e proporcionar feedback construtivo para fortalecer a confiança dos participantes.

Além disso, como parte integrante do compromisso ético da pesquisa, será garantido o acesso dos participantes aos resultados do estudo. Esse acesso será viabilizado por meio da divulgação pública dos resultados, após homologação pelo órgão responsável. Essa prática está alinhada com a resolução ética, reforçando o

compromisso de seguir todas as normas e regras recomendadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). Dessa forma, além de mitigar os riscos durante as atividades práticas, a pesquisa busca assegurar transparência e participação ativa dos envolvidos em todas as fases do processo, promovendo um ambiente ético e colaborativo.

Para participar, solicito que preencha e assine este termo de consentimento. Ao término da pesquisa, se desejar, terá acesso livre ao conteúdo da mesma.

Na necessidade de falar com os pesquisadores, poderá fazê-lo a qualquer momento com a Mestranda Leonilda Alves Ribeiro, telefone (65) 99973 2829, e-mail leonilda.ribeiro@unemat.br e com a Dra. Daise Lago Pereira Souto, telefone (65) 99921 5865, e-mail daise@unemat.br ou ainda diretamente ao Programa de Pós-Graduação da UNEMAT- Barra do Bugres-MT pelo telefone (65) 3361-1413 ou pelo e-mail ppgecm@unemat.br .

Desde já agradecemos pela sua participação.

Consentimento: Ao considerar as informações e todas as garantias acima mencionadas,

eu_____

_____ CPF/ou RG_____, declaro para os devidos fins que cedo os direitos de minha participação nas narrativas feitas através dos meus diálogos e entrevista, para serem utilizados integralmente ou em partes, sem restrições de citações, podendo inclusive torná-las pública para o projeto acima descrito.

Assim sendo, declaro o meu consentimento em particular como sujeito desta pesquisa.

_____

Participante (Responsável)
CPF_____

_____

Leonida Alves Ribeiro
CPF 867.102.901-82
Pesquisadora Responsável

_____

Daise Lago Pereira Souto
CPF 707.804.209-34
Professora Orientadora

Barra do Bugres - MT, ___/___/2025.

APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO (TCLE)

GOVERNO DO ESTADO DE MATO GROSSO
SECRETARIA DE ESTADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA – PPGECM

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE ESCLARECIDO - TCLE

Seu filho está sendo convidado para participar da pesquisa, sob a responsabilidade da pesquisadora, Leonilda Alves Ribeiro, mestranda do Programa de Pós-Graduação *Stricto Senso* em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECM), da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT C*ampus* Deputado Estadual Renê Barbour - Barra do Bugres, sou a responsável pelo projeto intitulado **"INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA PRODUÇÃO DE E-BOOK INTERATIVO PARA A APRENDIZAGEM DE CIÊNCIAS NOS ANOS INICIAIS".** Essa pesquisa tem por objetivo compreender as possibilidades e limitações de um e-book interativo desenvolvido com Inteligência Artificial para a aprendizagem de Ciências Naturais dos alunos do 5º ano do Ensino Fundamental da Escola Estadual Professor João Batista, em Tangará da Serra-MT. Sua participação é voluntária e sem qualquer identificação e ocorrera em diferentes fases. Inicialmente, haverá uma apresentação do projeto aos participantes, seguida pelo convite para participação na pesquisa. Em fases subsequentes, serão realizados encontros para que os participantes interajam com o "E-book Interativo". Essa etapa tem como objetivo investigar a influência desta mídia digital no engajamento dos estudantes em relação aos conceitos abordados, além de identificar as contribuições de uso do mesmo no processo de aprendizagem do conceito de Cadeia Alimentar. Destaco que esses momentos serão registrados em um caderno de campo e poderão ser gravados, permitindo ao pesquisador revisitar as interações para garantir que nenhum momento de aprendizagem seja perdido.

A participação dos sujeitos pesquisados é fundamental, considerando que esta etapa de ensino desempenha um papel primordial no desenvolvimento do letramento científico dos alunos. Assim, a pesquisa torna-se relevante, pois pode viabilizar novos estudos a serem conduzidos na área de ciências e contribuir de maneira qualitativa para a aprendizagem do conteúdo das cadeias alimentares. Além disso, estimula uma

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *STRICTO SENSU* EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA – PPGECM
Campus Universitário Dep. Est. René Barbour – Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECM. Rua A, s/n, Bairro Cohab São Raimundo, CEP 78.390-000, Barra do Bugres-MT. Fone: (65) 3361-1413, e-mail: ppgecm@unemat.br
UNEMAT Universidade do Estado de Mato Grosso

atitude investigativa e consciente em relação ao meio ambiente, bem como para a discussão do tema, possibilitando a expansão do experimento de ensino para outras salas de aula.

O objetivo desta pesquisa é proporcionar benefícios coletivos, contribuindo para as discussões centradas no atual momento da civilização, que está intrinsecamente ligado às tecnologias digitais. Nessa perspectiva, o estudo buscará realizar uma análise que possa influenciar diretamente, fortalecendo os processos de aprendizagem e, principalmente, permitindo a relação das atividades naturais dos alunos com o conteúdo de ciências aprendido nas escolas.

Fica claramente estabelecido que esta pesquisa não resultará em qualquer compensação financeira para nenhum dos participantes, ou seja, não haverá custos nem benefícios financeiros. Dessa forma, os sujeitos participantes comprometem-se a estar cientes de que os dados produzidos serão publicados, garantindo-lhes o caráter confidencial da pesquisa, o anonimato das informações e a confidencialidade de sua participação, conforme preconizado pela legislação.

Entretanto, de acordo com as diretrizes estabelecidas pela Resolução 466/2012, é crucial reconhecer que os participantes podem estar suscetíveis a diversos riscos durante a condução da pesquisa. Nesse sentido, é imperativo destacar os procedimentos delineados para mitigar esses potenciais riscos, sendo eles:

1. Desconforto ao Expor Ideias e se Identificar pelo Nome:

- *Medidas Mitigadoras:* Garantir a opção de participação anônima, promover um ambiente de respeito e aceitação, e esclarecer desde o início que a privacidade dos participantes será respeitada.

2. Constrangimento ao Participar de Atividades em Dupla:

- *Medidas Mitigadoras:* Estabelecer diretrizes claras para a formação de duplas, criar um ambiente colaborativo e inclusivo, e proporcionar apoio técnico para reduzir a sensação de constrangimento.

3. Divulgação de Dados Confidenciais:

- *Medidas Mitigadoras:* Implementar protocolos de segurança e obter consentimento informado dos participantes para o uso de informações sensíveis.

4. Constrangimento ao Discutir Estratégias Utilizadas:

- *Medidas Mitigadoras:* Estimular uma cultura de aprendizado sem julgamentos, fornecer orientações claras sobre a natureza colaborativa da pesquisa, e incentivar a troca aberta de ideias.

5. Interferência na Vida e Rotina como Participante:

- *Medidas Mitigadoras:* Estabelecer horários flexíveis de participação, fornecer suporte psicológico quando necessário, e manter uma comunicação transparente sobre os compromissos.

6. Riscos Relacionados ao Uso de Computadores Chromebooks:

- *Medidas Mitigadoras:* Garantir que os dispositivos estejam em conformidade com padrões de segurança elétrica, promover treinamentos sobre o manuseio seguro dos tablets e adotar precauções para evitar choques elétricos.

7. Estresse e Perda de Autoestima nas Atividades Práticas com a Construção da Cadeia Alimentar:

- *Medidas Mitigadoras:* Oferecer suporte pedagógico, estabelecer metas realistas, criar um ambiente de aprendizado positivo, e proporcionar feedback construtivo para fortalecer a confiança dos participantes. Além disso, como parte integrante do compromisso ético da pesquisa, será garantido o acesso dos participantes aos resultados do estudo. Esse acesso será viabilizado por meio da divulgação pública dos resultados, após homologação pelo órgão responsável. Essa prática está alinhada com a resolução ética, reforçando o compromisso de seguir todas as normas e regras recomendadas pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). Dessa forma, além de mitigar os riscos durante as atividades práticas, a pesquisa

busca assegurar transparência e participação ativa dos envolvidos em todas as fases do processo, promovendo um ambiente ético e colaborativo.

Por meio do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), comprometo-me a preservar a imagem de todos os participantes, respeitando suas posições em relação à pesquisa e garantindo confidencialidade e anonimato no processo de coleta e divulgação de dados.

Destaco a relevância dos participantes como integrantes ativos na construção do conhecimento, uma vez que suas percepções, conhecimentos, experiências e manifestações contribuirão para aprimorar as discussões e desenvolver um trabalho com potencial impacto nos processos de aprendizagem de ciências em outras pesquisas e/ou salas de aula.

É fundamental salientar que os riscos para os participantes nesta pesquisa serão evitados ou minimizados, de modo a não ferir ou denegrir seus direitos, condições sociais, culturais, concepções e opiniões, entre outras características. Além disso, comprometemo-nos a manter contato constante com os participantes, oferecendo aconselhamento para qualquer dúvida ou manifestação que desejem expressar. As decisões serão tomadas de forma coletiva, visando o melhor desenvolvimento do trabalho.

Diante das situações apresentadas, é importante ressaltar que você, como participante, tem total liberdade para decidir sobre sua participação voluntária na atividade proposta. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mantendo sua identidade em sigilo, a menos que haja autorização expressa por parte do Sr. (a); caso contrário, todas as informações serão mantidas de forma confidencial. Se optar por participar, solicitamos que preencha e assine este termo de consentimento.

Ao término da pesquisa, caso tenha interesse, você terá livre acesso ao conteúdo da mesma e poderá discutir os resultados com os pesquisadores. Para

entrar em contato com a equipe de pesquisa, você pode fazê-lo a qualquer momento, sendo a Mestranda Leonilda Alves Ribeiro disponível pelo telefone (65) 999732829 e e-mail leonilda.ribeiro@unemat.br, a Dra. Daise Lago Pereira Souto pelo telefone (65) 99921 5865 e e-mail daise@unemat.br, ou diretamente com o Programa de Pós-Graduação da UNEMAT em Barra do Bugres-MT, pelo telefone (65) 3361-1413 ou pelo e-mail ppgecm@unemat.br.

Desde já agradecemos pela sua participação.

Consentimento: Ao considerar as informações e todas as garantias acima mencionadas,

eu_____

_____ CPF/ou RG_____, declaro para os devidos fins que cedo os direitos de minha participação nas narrativas feitas através dos meus diálogos e entrevista, para serem utilizados integralmente ou em partes, sem restrições de citações, podendo inclusive torná-las pública para o projeto acima descrito.

Assim sendo, declaro o meu consentimento em particular como sujeito desta pesquisa.

_____
Participante (Responsável)
CPF_____

_____
Leonilda Alves Ribeiro
CPF 867.102.901-82
Pesquisadora Responsável

Barra do Bugres - MT, ___/___/2025.