



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ADRIELLY PEREIRA ANSANELO

MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES:
CONTRIBUIÇÕES PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA
NO ENSINO FUNDAMENTAL

ADRIELLY PEREIRA ANSANELO

MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES:
CONTRIBUIÇÕES PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA
NO ENSINO FUNDAMENTAL

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú.

Londrina
2026

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Ansanelo, Adrielly Pereira.

MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES: CONTRIBUIÇÕES PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO FUNDAMENTAL / Adrielly Pereira Ansanelo. - Londrina, 2026.
227 f. : il.

Orientador: Carlos Eduardo Laburú.

Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Exatas, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática, 2026.
Inclui bibliografia.

1. Múltiplas Representações - Tese. 2. Alfabetização Científica - Tese. 3. Semiótica - Tese. 4. Ensino de Ciências - Tese. I. Laburú, Carlos Eduardo. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Exatas. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática. III. Título.

CDU 37

ADRIELLY PEREIRA ANSANELO

**MÚTIPLAS REPRESENTAÇÕES:
CONTRIBUIÇÕES PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA
NO ENSINO FUNDAMENTAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Educação Matemática da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Prof. Dr. Álvaro Lorencini Júnior
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Ana Paula Hilário Gregório
Instituto Federal do Paraná – IFPR

Profa. Dra. Fernanda Frasson
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Profa. Dra. Renata Aparecida Faria
Universidade Estadual de Londrina – UEL

Londrina, 31 de março de 2026.

AGRADECIMENTOS

Este momento de agradecimento tem um significado especial para mim. Acredito que quanto mais agradecemos, mais reconhecemos as bênçãos e os encontros que tornam a caminhada possível.

Agradeço a Deus, por tudo e por tanto. Por ser refúgio e fortaleza em todos os momentos, especialmente nos dias de cansaço e incerteza.

À minha família, pelo apoio e pela compreensão diante dos diversos momentos de ausência. Vocês foram base e sustento.

Ao meu marido, pela parceria acadêmica ao longo destes quatro anos. Foram muitas viagens para cursar disciplinas e participar de eventos, e ele sempre esteve ao meu lado, oferecendo suporte, incentivo e serenidade para que minha jornada fosse mais leve. Obrigada por caminhar comigo.

Aos meus amigos e amigas, pelo incentivo constante. Muitas vezes acreditaram em mim mais do que eu mesma, e essa confiança me fortaleceu para seguir adiante.

Aos profissionais do PECEM, minha gratidão e admiração. Professores inspiradores que, por meio de suas aulas e reflexões, contribuíram para que eu ressignificasse o ensino e a aprendizagem de Ciências. À equipe da secretaria, sempre disponível e paciente, meu sincero agradecimento.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Carlos Eduardo Laburú, agradeço pelos ensinamentos, pelos direcionamentos precisos e pelo incentivo constante. Sempre disponível e generoso, é exemplo de profissional e pesquisador. Foi um privilégio contar com sua orientação.

Aos professores da banca, agradeço o aceite e as contribuições qualificadas ao meu trabalho. Obrigada pelo tempo precioso dedicado à leitura e análise desta pesquisa.

Aos colegas do grupo de pesquisa, agradeço a partilha, a escuta atenta e as contribuições. Em especial, Fernanda e Álex, que suavizaram minhas inquietações ao compartilharem suas experiências e aprendizados.

Aos meus alunos, minha gratidão por aceitarem participar desta pesquisa e por tornarem cada aula um espaço de construção coletiva de conhecimento.

A educação é um processo social, é desenvolvimento. Não é a preparação para a vida, é a própria vida.

John Dewey

RESUMO

ANSANELO, Adrielly Pereira. **Múltiplas representações:** contribuições para a alfabetização científica no ensino fundamental. 2026. 227 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2026.

Este estudo objetiva investigar como a mobilização de múltiplas representações pode favorecer a emergência de indicadores de alfabetização científica em situações autênticas de sala de aula. Nessa direção, à luz da perspectiva vygotskiana, adota-se uma abordagem sociointeracionista, que articula a perspectiva das múltiplas representações com a alfabetização científica como eixo formativo para responder às demandas contemporâneas da educação científica. A pesquisa, de natureza qualitativa e caráter interventivo, desenvolvida segundo pressupostos da investigação-ação, foi realizada com uma turma do sétimo ano do Ensino Fundamental de uma escola pública do interior de São Paulo, no segundo semestre de 2024. As intervenções se fundamentaram no ensino por investigação, com atividades planejadas para integrar diferentes modos e formas representacionais em todos os momentos de ensino. O *corpus* analítico constituiu-se de transcrições de áudios, registros audiovisuais, produções escritas e materiais elaborados pelos estudantes. A análise foi orientada por dois instrumentos complementares: os indicadores de alfabetização científica e o instrumento analítico de dinâmica representacional dependente e independente, desenvolvido nesta tese. Esse instrumento possibilitou rastrear o papel estruturante das múltiplas representações na aprendizagem científica. Os resultados indicaram que as múltiplas representações funcionaram como ferramentas epistêmicas capazes de sustentar, refinar e ampliar os indicadores de alfabetização científica, permitindo aos estudantes delimitar problemas, explicitar critérios de classificação, estabelecer comparações, justificar explicações e formular hipóteses. Observou-se também a progressão da fluência representacional discente, evidenciada na passagem de ações dependentes da mediação docente para a mobilização independente, momento em que os estudantes passaram a selecionar e articular representações para construir explicações e apresentar conclusões. Conclui-se que a multimodalidade, quando planejada de forma intencional, constitui condição estruturante e não acessória para o desenvolvimento da alfabetização científica, ao articular linguagem, conteúdo e mediação docente em práticas de ensino que promovem participação, reflexão e comunicação.

Palavras-chave: multimodalidade; indicadores de alfabetização científica; semiótica; mediação; negociação de significados.

ABSTRACT

ANSANELO, Adrielly Pereira. **Multiple representations: contributions to scientific literacy in elementary education.** 2026. 227 p. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2026.

This study aims to investigate how the mobilization of multiple representations can foster the emergence of scientific literacy indicators in authentic classroom situations. In this direction, in light of a Vygotskian perspective, a socio-interactionist approach is adopted, articulating the perspective of multiple representations with scientific literacy as a formative axis to address contemporary demands in science education. The research, qualitative in nature and interventionist in character, developed according to action research principles, was conducted with a seventh-grade class in a public school in the interior of São Paulo during the second semester of 2024. The interventions were grounded in inquiry-based teaching, with activities designed to integrate different representational modes and forms across all teaching moments. The analytical corpus consisted of audio transcripts, audiovisual records, written productions, and materials produced by the students. The analysis was guided by two complementary instruments: scientific literacy indicators and the analytical instrument of dependent and independent representational dynamics, developed in this thesis. This instrument enabled the tracking of the structuring role of multiple representations in scientific learning. The results indicated that multiple representations functioned as epistemic tools capable of supporting, refining, and expanding scientific literacy indicators, enabling students to delimit problems, make classification criteria explicit, establish comparisons, justify explanations, and formulate hypotheses. A progression in students' representational fluency was also observed, evidenced by the transition from actions dependent on teacher mediation to independent mobilization, at which point students began to select and articulate representations to construct explanations and present conclusions. It is concluded that multimodality, when intentionally planned, constitutes a structuring rather than an auxiliary condition for the development of scientific literacy, as it articulates language, content, and teacher mediation in teaching practices that promote participation, reflection, and communication.

Key-words: multimodality; scientific literacy indicators; semiotics; mediation; negotiation of meanings.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre eixos estruturantes e domínios do conhecimento na alfabetização científica	58
Figura 2 – Integração entre alfabetização científica e múltiplas representações no ensino de Ciências	76
Figura 3 – Níveis integrados da aprendizagem científica multimodal.....	81
Figura 4 – Representação em quatro fases do ciclo básico da investigação-ação	84
Figura 5 – Representação esquemática dos fundamentos da alfabetização científica e planejamento didático articulados às múltiplas representações e aos indicadores de alfabetização científica	87
Figura 6 – Ciclo investigativo	92
Figura 7 – Estudantes participando da Contação de histórias	95
Figura 8 – Estudantes realizando a investigação na informática	119
Figura 9 – Representação esquemática dos IAC e da mobilização representacional de E05 durante as interações no laboratório de informática.....	123
Figura 10 – E03 e E09 realizando a atividade proposta.....	132
Figura 11 – Estudantes socializando os resultados e elaborando os cartazes	137
Figura 12 – Estudantes apresentando o cartaz elaborado na Etapa III.....	140
Figura 13 – Apresentação oral realizada pelos estudantes.....	154
Figura 14 – Conceitos mencionados pelos estudantes na etapa final do seminário formativo sobre os reinos dos seres vivos	155
Figura 15 – Sistematização realizada por E09	156
Figura 16 – Sistematização realizada por E03	157
Figura 17 – Sistematização realizada por E02	158
Figura 18 – Sistematização realizada por E15	159
Figura 19 – Sistematização realizada por E08	160
Figura 20 – Sistematização realizada por E01	163
Figura 21 – Quadro comparativo dos reinos dos seres vivos construído coletivamente como proposta de sistematização conceitual	167

Figura 22 – E02 e E12 realizando a atividade de microscopia.....	169
Figura 23 – Atividade realizada por E09	171
Figura 24 – Atividade realizada por E01	173
Figura 25 – Atividade realizada por E07	175
Figura 26 – Observação e registro do desenvolvimento dos fungos.....	178
Figura 27 – Produções imagéticas dos estudantes referentes aos resultados do experimento	182

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Definições conceituais dos termos representacionais adotados neste estudo.....	36
Quadro 2 – Articulação entre os eixos estruturantes da alfabetização científica e os domínios do conhecimento.....	57
Quadro 3 – Indicadores de alfabetização científica e aspectos observáveis para a análise dos dados	64
Quadro 4 – Categorias analíticas dos processos cognitivos representacionais.....	82
Quadro 5 – Organização da sequência de ensino	94
Quadro 6 – Síntese das etapas, atividades de ensino e representações que estruturaram o seminário formativo do Momento 2.....	98
Quadro 7 – Síntese das intervenções de ensino implementadas: momentos de ensino, fases do ciclo investigativo e representações predominantes	103
Quadro 8 – Síntese das representações, IAC e níveis representacionais presentes nas sistematizações dos estudantes	166
Quadro 9 – Síntese dos momentos de ensino, das fases do ciclo investigativo, das representações predominantes, da dinâmica representacional e dos indicadores de alfabetização científica.....	187
Quadro 10 – Indicadores de Alfabetização Científica e dinâmica representacional de E07 ao longo dos momentos de ensino.....	191

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CTS	Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
ENPEC	Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências
PNLD	Programa Nacional do Livro e do Material Didático
SAEB	Sistema de Avaliação da Educação Básica
IAC	Indicadores de Alfabetização Científica
INEP	Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira
HOCS	<i>Higher-Order Cognitive Skills</i>
LOCS	<i>Lower-Order Cognitive Skills</i>
PISA	Programa Internacional de Avaliação de Alunos
PRISMA	<i>Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta- Analyses</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

SUMÁRIO

	APRESENTAÇÃO	14
	INTRODUÇÃO.....	15
1	SEMIÓTICA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	20
1.1	Breve percurso histórico.....	20
1.2	Transposição da semiótica para o ensino.....	24
1.3	Fundamentos da significação: contribuições de Vygotsky	26
1.4	Comunicação e elaboração de significados no ensino de ciências.....	27
2	MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS	32
2.1	Delimitação conceitual	33
2.2	Panorama das múltiplas representações no ensino de ciências.....	36
2.3	Funções das múltiplas representações	39
2.4	Processos cognitivos representacionais na aprendizagem científica.....	42
3	ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA COMO EIXO FORMATIVO NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA	50
3.1	Demandas contemporâneas da educação científica	50
3.2	Concepção de alfabetização científica.....	52
3.3	Eixos estruturantes da alfabetização científica.....	56
3.4	Indicadores de alfabetização científica	60
4	ARTICULAÇÃO ENTRE OS EIXOS TEÓRICOS DA TESE.....	70
5	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	84
5.1	Natureza da pesquisa e instrumentos de coleta dados.....	84
5.2	Intervenções de ensino	86

5.3	Ensino por investigação como abordagem de ensino para a alfabetização científica	89
5.3.1	Ciclo investigativo.....	92
5.4	Momento 1 - Contação de histórias: “Era uma vez a classificação dos seres vivos”	95
5.5	Momento 2 - Seminário formativo	97
5.5.1	Etapa I - Estruturação da investigação.....	99
5.5.2	Etapa II - Investigação no laboratório de informática	99
5.5.3	Etapa III - Socialização dos resultados e elaboração dos cartazes.....	100
5.5.4	Etapa IV - Apresentação oral	100
5.5.5	Etapa V – Sistematização	101
5.6	Momento 3 - Integração e uso dos saberes construídos	101
5.6.1	Microscopia investigativa: "De quem é essa célula?".....	102
5.6.2	Experimentação: "Fungo faz fotossíntese?"	102
5.7	Procedimentos analíticos	104
6	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	106
6.1	Momento 1 - Contação de história	106
6.1.1	Algumas considerações do momento 1	114
6.2	Momento 2 - Seminário formativo	115
6.2.1	Etapa I - Estruturação da investigação.....	115
6.2.2	Etapa II - Investigação no laboratório de informática	118
6.2.3	Algumas considerações das etapas I e II do momento 2.....	136
6.2.4	Etapa III - Socialização dos resultados e elaboração dos cartazes – Grupo do Reino Monera	136
6.2.5	Algumas considerações da etapa III do momento 2	140
6.2.6	Etapa IV - Apresentação oral	141
6.2.7	Algumas considerações da etapa IV do momento 2	153
6.2.8	Etapa V – Análise sistematização	154
6.2.9	Algumas considerações da etapa V do momento 2	163
6.3	Momento 3 – Integração e uso dos saberes construídos	168
6.3.1	Microscopia investigativa: "De quem é essa célula?".....	168

6.3.2	Experimentação: "Fungo faz fotossíntese?	176
6.4	Análise longitudinal de E07	190
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS	195
	REFERÊNCIAS	199
	APÊNDICES	206
	APÊNDICE A – Termo de consentimento livre e esclarecido	207
	APÊNDICE B – Termo de assentimento livre e esclarecido	208
	APÊNDICE C – Atividades do momento 1 de ensino	211
	APÊNDICE D – Representações imagéticas utilizadas no momento 1	213
	APÊNDICE E – Etapas e atividades do Momento 2	223
	APÊNDICE F – Atividade do Momento 3 - Microscopia investigativa: "De quem é essa célula?"	225
	APÊNDICE G – Atividade do Momento 3 - Experimentação: "Fungo faz fotossíntese?"	226

APRESENTAÇÃO

Ao longo de mais de 15 anos de docência, vivencio situações que suscitam inquietações acerca da qualidade da educação pública, especialmente em contextos socialmente vulneráveis, e sobre as possibilidades reais de transformação que a prática docente pode produzir. A educação de qualidade configura-se como dimensão estruturante da transformação social, especialmente quando se trata de estudantes cujas trajetórias escolares são atravessadas por desigualdades históricas.

Diante desses desafios, compreendo que uma das ações ao meu alcance é a oferta de aulas de Ciências comprometidas com a formação crítica e científica dos estudantes. Ao reconhecer a formação permanente como condição para o aprimoramento da prática, ingressei, em 2022, no Programa de Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática, da Universidade Estadual de Londrina, com o propósito de aprofundar teoricamente questões que emergem do cotidiano escolar.

As disciplinas cursadas, as interações no grupo de pesquisa e a participação em eventos acadêmicos permitiram refletir sobre minha prática, resignificá-la e estruturar esta investigação. Hoje compreendo o processo de ensino e aprendizagem como um ato de mediação simbólica, profundamente dependente da linguagem, do diálogo e da construção compartilhada de significados. Nessa perspectiva, o estudante ocupa lugar ativo na produção do conhecimento. Precisa expressar-se, transitar entre diferentes linguagens e mobilizar representações na elaboração de conceitos científicos.

Esses pressupostos, articulados à alfabetização científica como perspectiva formativa, orientam minha prática pedagógica e a organização desta pesquisa. A professora Adrielly ancora-se nesses referenciais para traçar intencionalidades pedagógicas, mediar interações discursivas e proporcionar a João e Maria, sujeitos concretos de sua prática cotidiana, um ambiente favorável à aprendizagem científica.

A pesquisadora Adrielly analisa as produções desses mesmos sujeitos, agora identificados como E01, E02, entre outros, com o objetivo de compreender os processos cognitivos estruturantes do pensamento científico. Nesse movimento, docente e pesquisadora, dimensões indissociáveis de uma mesma trajetória profissional, articulam prática e teoria na busca por escolhas pedagógicas mais conscientes e consistentes, traduzidas em avanços no ensino e na aprendizagem de Ciências.

INTRODUÇÃO

No contexto da escola pública brasileira, marcado por desafios persistentes, surgem questionamentos sobre como intervir diante dos resultados aquém do esperado nas avaliações externas de Ciências da Natureza. De acordo com o Sistema de Avaliação da Educação Básica (Saeb) e o Programa Internacional de Avaliação de Alunos (Pisa), em 2022, o desempenho dos estudantes brasileiros em Ciências situou-se abaixo da média da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), evidenciando não apenas fragilidades na consolidação das aprendizagens, mas também baixa participação discente e obstáculos no processo de aprendizagem (Inep, 2024a; Inep, 2024b). Nessa direção, o estudo de Possa e Di Felice (2024) aponta que a desmotivação escolar é um fator significativo, que compromete o processo de ensino e aprendizagem, o que reforça a necessidade de que os professores adotem práticas pedagógicas capazes de promover o engajamento dos estudantes.

Esses desafios se intensificaram durante e após a pandemia, período em que movimentos negacionistas e a circulação massiva de desinformação, potencializada pela velocidade e alcance das tecnologias digitais, ampliaram os entraves à aprendizagem. Esse cenário evidencia a necessidade de uma formação científica crítica e baseada em evidências, que prepare os estudantes para interpretar, avaliar e mobilizarem informações de forma autônoma e consciente (Osborne *et al.*, 2022; Reis, 2021; Sasseron, 2024; Teixeira, 2019).

Essas constatações dialogam com as inquietações vivenciadas pela pesquisadora, ao longo de 15 anos de docência na Educação Básica, em uma escola pública situada em região periférica e em situação de vulnerabilidade social, nas quais se observam recorrentes desafios ao engajamento e à aprendizagem dos estudantes. Com isso, adotamos nesta investigação a multimodalidade e a alfabetização científica, em diálogo com a perspectiva sociointeracionista, como horizonte teórico-metodológico para fundamentar intervenções de ensino comprometidas com uma educação científica que atenda às demandas contemporâneas.

Nesse contexto, a semiótica constitui a lente analítica para qualificar a mediação e o uso de múltiplas representações no ensino de Ciências. A transposição da ciência dos signos para a educação científica não exige adesão integral a seu arcabouço; trata-se de apropriação crítica e instrumental de noções úteis para

elaborar significados e analisar fenômenos comunicacionais do ensino e da aprendizagem. Como os signos ocupam lugar central na produção de sentidos, o domínio dos sistemas simbólicos do conhecimento científico constitui competência essencial de professores e estudantes.

Como veremos à frente, estudos apontam que, no contexto das intervenções e avaliações, a inserção de múltiplas representações e multimodos no ensino de Ciências configura uma ferramenta eficaz. A variedade de formas e modos de representar fenômenos científicos é tomada, neste estudo, como eixo para mediar significados e sustentar a aprendizagem. Ao assumir essa abordagem, o ensino favorece a construção de entendimentos, evita a instrução mecânica e amplia oportunidades de participação discente. Aliados a esse propósito, tomamos a alfabetização científica como perspectiva formativa que orienta o recorte empírico e o instrumento analítico apresentados ao longo do trabalho.

A alfabetização científica, neste estudo, é entendida como a capacidade de ler, produzir e usar evidências e linguagens próprias da ciência para compreender fenômenos, argumentar com critérios e tomar decisões informadas. Isso supõe relacionar ideias, justificar posições, interpretar dados e empregar diferentes formas de representação. Não se limita a acumular conceitos, mas configura uma perspectiva formativa que envolve práticas, normas e modos de comunicação da cultura científica, com impacto dentro e fora da escola. Como o conhecimento científico é simbólico e multimodal, alinhar múltiplas representações à alfabetização científica é pertinente, pois a variação de modos e formatos qualifica a elaboração de significados científicos, amplia a participação discente e evita práticas fragmentadas.

No contexto brasileiro, os indicadores de alfabetização científica se consolidaram como instrumento para acompanhar o desenvolvimento dela, como sinalizam os trabalhos de Lorenzetti (2021), Pizarro e Lopes Jr (2016) e Sasseron e Carvalho (2008). De modo concomitante, estudos nacionais e internacionais têm se dedicado à investigação do uso de múltiplas representações e multimodos no Ensino de Ciências, como as investigações de Botelho e Quadros (2023), Ainsworth, Tytler e Prain (2020), Mortimer e Quadros (2018), Laburú e Silva (2011), Tytler, Prain e Peterson (2007), Prain e Waldrup (2006), Lemke (1998) entre outros que serão discutidos posteriormente. Todavia, são raros os estudos que, em um mesmo *corpus*, combinem um instrumento focalizado nos processos cognitivos representacionais com a identificação sistemática dos referidos indicadores de alfabetização científica.

Esta tese avança sobre esse ponto pouco explorado ao propor e aplicar um instrumento analítico fundamentado nos processos cognitivos representacionais de tradução, coordenação e re-representação. Quando empregada concomitantemente à identificação dos indicadores de alfabetização científica, essa ferramenta possibilita integrar as duas frentes em análises de situações autênticas de sala de aula e apresentar evidências para o planejamento, a mediação e a avaliação no ensino de Ciências.

Além disso, embora haja muitos estudos sobre alfabetização científica, persiste a necessidade de validar empiricamente as articulações entre os eixos estruturantes dessa alfabetização, os domínios do conhecimento e as visões contemporâneas de alfabetização científica, como apontam Silva e Sasseron (2021). Em âmbito internacional, uma revisão recente reforça a pertinência de pesquisar múltiplas representações e evidencia lacunas no Ensino Fundamental, como a escassez de estudos sistemáticos, a fragmentação entre trabalhos conceituais, relatos de implementação e análises de impacto, e a ausência de investigações que articulem mediação docente à coordenação representacional em sala de aula (Zuhri; Wilujeng; Haryanto, 2023). Portanto, este estudo busca contribuir com essa demanda empírica sobre o tema.

Considerando essa lacuna, a questão de pesquisa consiste em identificar: qual é o papel das múltiplas representações na construção de indicadores de alfabetização científica pelos estudantes no processo de ensino e aprendizagem de ciências? Dessa forma, o objetivo da pesquisa é investigar como a mobilização de múltiplas representações no ensino e aprendizagem em Ciências, com foco na construção de indicadores de alfabetização científica pelos estudantes. Esse papel é analisado a partir da identificação e da caracterização dos processos cognitivos representacionais que estruturam a ação discursiva e orientam o raciocínio dos aprendizes, de modo a favorecer a autonomia no percurso de alfabetização científica, sob uma perspectiva sociointeracionista.

Para alcançar esse objetivo, a pesquisa desdobra-se nos seguintes objetivos específicos: a proposição e a construção de um instrumento analítico dos processos cognitivos representacionais, capaz de evidenciar a mobilização de múltiplas representações em momentos de ensino em ocorrências reais de sala de aula; a identificação dos indicadores de alfabetização científica produzidos pelos estudantes; a análise das relações entre tais indicadores e os processos cognitivos

representacionais; e o exame de indícios de autonomia discente associados à mobilização representacional.

No que se refere ao delineamento metodológico, consideramos os pressupostos do ensino por investigação e estruturamos as intervenções seguindo as fases do ciclo investigativo de Pedaste *et al.* (2017), descritas na seção 3.4.1, com uso planejado de múltiplas representações durante as etapas. O estudo focaliza momentos de ensino em uma turma dos anos finais do Ensino Fundamental da rede pública. Esse recorte permite examinar episódios autênticos e relacionar múltiplas representações à alfabetização científica na medida em que o instrumento analítico articula processos representacionais e indicadores de alfabetização científica para acompanhar a aprendizagem e orientar a interpretação dos resultados.

Para responder à questão de pesquisa e cumprir os objetivos delineados, a tese está estruturada em seis capítulos. O referencial teórico organiza-se em quatro partes. O primeiro reúne os fundamentos da semiótica que sustentam a compreensão dos processos de significação implicados ao ensino de Ciências. Apresenta um panorama histórico-conceitual da área, discute sua apropriação crítica e instrumental no campo educacional, integra aportes da vertente psicológica de Vygotsky e articula linguagem, signo e cognição. A partir desse quadro, explicita ainda as bases comunicativas que orientam as intervenções de ensino deste estudo, com ênfase na mediação discursiva e na linguagem multimodal como dimensões constitutivas da aprendizagem científica.

O segundo capítulo aprofunda a base epistemológica das múltiplas representações e esclarece a terminologia empregada ao apresentar as delimitações conceituais de representação, modos representacionais e multimodalidade, além de sintetizar resultados de pesquisas nacionais e internacionais sobre o uso de representações no ensino de Ciências. Em seguida, organiza a dimensão operatória da análise, diferencia as funções que as múltiplas representações – como complementaridade, delimitação e aprofundamento – exercem no aprender dos processos cognitivos representacionais mobilizados pelos estudantes, como tradução e integração. Com esse arcabouço, fundamenta a estrutura do instrumento analítico e suas bases conceituais, cujo detalhamento da ferramenta consta no quarto capítulo, e discute como o uso coordenado de recursos semióticos pode favorecer a elaboração de significados científicos e sustentar propostas voltadas à alfabetização científica.

O terceiro capítulo aborda a alfabetização científica como perspectiva formativa

e define seus fundamentos e finalidades, situa suas implicações didáticas à luz das demandas contemporâneas, explicita os eixos estruturantes que orientam o desenvolvimento de habilidades e toma o ensino por investigação como abordagem privilegiada para sua promoção. Por fim, estabelece os indicadores de alfabetização científica como categorias de análise e avaliação, a fim de informar diretamente o desenho e a implementação das intervenções de ensino. O capítulo quatro encerra o bloco teórico e articula os referenciais em um enquadramento comum.

O quinto capítulo detalha o percurso teórico-metodológico adotado, caracteriza o contexto e a amostra, descreve as atividades de ensino e explicita a estratégia de análise dos dados e o instrumento analítico. O sexto apresenta a análise e discussão dos dados, examina os momentos de ensino, inventaria os indicadores de alfabetização científica e suas características e analisa a mobilização das representações ao longo do percurso de ensino e aprendizagem, o que evidencia os processos representacionais e sua contribuição para a construção dos indicadores de alfabetização científica. Para fechar o estudo, apresentamos as considerações finais da pesquisa.

1 SEMIÓTICA NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Neste capítulo, apresentamos os fundamentos da semiótica que oferecem suporte à compreensão dos processos de significação envolvidos no ensino e na aprendizagem de Ciências. Iniciamos com um breve panorama histórico-conceitual da área, seguido da discussão sobre sua apropriação crítica e instrumental no campo educacional. Em seguida, são apresentados os fundamentos da vertente psicológica de Vygotsky, que articulam linguagem, signo e cognição. Por fim, são explorados os fundamentos comunicativos que orientam as intervenções pedagógicas desta pesquisa, com destaque para a mediação discursiva e a linguagem multimodal como dimensões essenciais da aprendizagem científica.

1.1 BREVE PERCURSO HISTÓRICO

A compreensão contemporânea da semiótica foi precedida por reflexões fundamentais ao longo da história do pensamento ocidental. Os trabalhos de Aristóteles (384–322 a.C.), por exemplo, já faziam menção a ideias que são pilares da semiótica. Ele propôs um sistema triádico de Ciências Teóricas, Práticas e Produtivas. Nestas últimas, que incluem a retórica e a poética, encontramos elementos da semiótica. Francis Bacon (1561–1626) também contribuiu para a semiótica em seus trabalhos *Doutrina do Homem e Doutrina dos Gestos*, nos quais propõe um modelo do signo verbal e não verbal (Nöth, 2024). John Locke em 1690 é o primeiro a incluir a semiótica como um ramo principal das Ciências, em um capítulo intitulado “Ensaio acerca do entendimento humano”. Para Locke (1978 *apud* Nöth, 2024), o conhecimento humano se divide em três domínios: *physica*, *practica* e *semeiotica*. Este último refere-se à doutrina dos signos, em que as palavras são vistas como instrumentos fundamentais do conhecimento.

Vale esclarecer que o signo, em sua definição clássica, que remete ao pensamento grego, é aquilo que, ao ser reconhecido por alguém, indica algo (Volli, 2015). Segundo Nöth e Santaella (2017), com base em Agostinho, o signo é aquilo que, apresentado aos sentidos, além da impressão que causa a eles, evoca outra ideia na mente. A linguagem, os números e os símbolos culturais são exemplos de signos que, ao serem internalizados, transformam qualitativamente a cognição (Garton, 1992; Vygotsky, 1988). Eco (2005, 2014) destaca que o significado dos

signos não é intrínseco, mas resulta de sistemas de codificação sustentados por convenções culturais historicamente situadas. Esses códigos organizam as formas de produção e interpretação dos signos e são fundamentais para garantir a inteligibilidade da comunicação (Eco, 2005, 2014).

Como se vê, o interesse pelo estudo dos signos remonta à antiguidade. A consolidação da semiótica como campo teórico na modernidade se deu principalmente a partir de duas correntes estruturantes: a proposta por Charles Sanders Peirce e a desenvolvida por Ferdinand de Saussure.

Charles Sanders Peirce (1839–1914), filósofo e lógico norte-americano, elaborou, entre as décadas de 1870 e 1900, uma teoria abrangente da semiose e concebeu a semiótica como parte de um sistema filosófico maior. Nascido em Massachusetts, teve formação em Química, um vasto conhecimento em diferentes campos do saber e contribuições relevantes em áreas como Matemática, Física, Astronomia, Geodésia, Psicologia e Filosofia. Deixou uma extensa produção intelectual, com mais de 80 mil manuscritos e 12 mil páginas publicadas em vida. Grande parte de sua obra só se tornou amplamente acessível com a publicação póstuma dos *Collected Papers*¹, publicados de 1931 a 1958 (Nöth; Santaella, 2017; Santaella, 2012).

As ideias peirceanas se estruturam em três domínios: fenomenologia, que descreve e analisa os fenômenos em sua forma mais pura; ciências normativas, dedicadas à análise das condições da ação e do raciocínio; e metafísica, voltada às questões fundamentais da realidade, como liberdade, tempo e leis naturais. Nesse conjunto, a semiótica ocupa posição central entre as ciências normativas, pois estuda as condições de validade dos signos, do raciocínio e da comunicação (Nöth; Santaella, 2017; Santaella, 2012). Peirce entendia a semiótica não como disciplina isolada, mas como fundamento para todas as formas de conhecimento. Seu objetivo era, como afirma Santaella (2012, p. 85), “configurar conceitos sógnicos tão gerais que pudessem servir de alicerce a qualquer ciência aplicada”. Por isso, a semiótica constitui-se como um campo transversal, apto a analisar os processos de significação em múltiplos domínios do saber.

Em paralelo à tradição norte-americana de Peirce, Ferdinand de Saussure

¹ *Collected Papers* (CP) - manuscritos dos estudos de Peirce que se encontram no Departamento de Filosofia da Universidade de Harvard.

(1857–1913), professor de linguística geral na Universidade de Genebra, é amplamente reconhecido como um dos fundadores da semiótica moderna. Antes de se dedicar à linguística geral e estrutural, já havia contribuído significativamente com estudos sobre linguística histórica. Suas ideias semióticas foram desenvolvidas no contexto das aulas ministradas entre 1907 e 1910, reunidas por seus alunos e publicadas postumamente em 1916 sob o título *Curso de Linguística Geral*. Essa obra não apenas inaugurou os fundamentos da linguística estrutural, mas também deu origem a uma vertente da semiótica do século XX, conhecida como semiologia ou semiótica estruturalista (Nöth; Santaella, 2017).

Por sua vez, Saussure propôs a existência de uma ciência geral dos signos, a semiologia, da qual a linguística seria apenas uma parte. A função da semiologia seria esclarecer a natureza dos signos e as leis que os regem, com vistas à análise dos mecanismos subjacentes à produção de sentido em diferentes manifestações culturais (Barthes, 2012; Nöth; Santaella, 2017). Barthes (2012), seguidor das ideias de Saussure, pontua que, na semiologia, o objeto de estudo não se restringe à linguagem verbal, mas abrange todo e qualquer sistema de signos, independentemente de sua substância ou configuração – gestos, sons, imagens, objetos e até ritos ou espetáculos –, desde que componham sistemas de significação. Essa concepção amplia o campo da significação para além do verbal e abre caminho para diferentes modelos explicativos dos processos sígnicos.

Embora Saussure e Peirce sejam considerados fundadores da semiótica moderna, ambos propõem modelos distintos para compreender os signos. Enquanto Saussure concebe o signo como algo dicotômico composto por significante e significado, Peirce adota uma visão triádica, em que o signo resulta da relação entre *representamen*, objeto e interpretante.

Essa diferença estrutural reflete abordagens epistemológicas diversas: Saussure enfatiza a estrutura interna e sincrônica dos sistemas de significação, ao passo que Peirce privilegia o processo dinâmico e interpretativo da semiose. A semiótica saussuriana funda a tradição estruturalista europeia, enquanto a semiótica peirceana sustenta abordagens processuais, interpretativas e abertas ao inacabamento dos sentidos. Segundo Peirce, qualquer elemento pode operar como signo se for capaz de representar algo e gerar um efeito interpretativo em uma mente e, assim, revelar o caráter dinâmico e processual da semiose (Nöth, 2024; Nöth; Santaella, 2017; Peirce, 2005; Santaella, 2012).

Os estudos semióticos foram e vêm sendo expandidos por diversos pesquisadores que se fundamentam nas ideias de Peirce e Saussure em diferentes campos do conhecimento. Entre os autores que ampliaram a tradição peirceana, destacam-se Lucia Santaella, cuja obra estabeleceu conexões profundas entre semiose, processos cognitivos e práticas comunicacionais, e Winfried Nöth, cujas análises se voltam especialmente para os modos de significação nas imagens, nos meios de comunicação e nos sistemas linguísticos contemporâneos (Nöth, 2024; Nöth; Santaella, 2017; Santaella, 2012). Já a tradição saussuriana foi amplamente desenvolvida por pensadores como: Roland Barthes, que aplicou os conceitos da semiologia à análise da cultura e da mídia; Algirdas Julien Greimas, criador da gramática narrativa estrutural; e Louis Hjelmslev, que refinou os fundamentos da linguística estrutural (Barthes, 2012; Nöth; Santaella, 2017); e Luis Jorge Prieto, cuja proposta de uma semiologia da comunicação aprofundou e sistematizou aspectos centrais da teoria saussuriana, especialmente no que tange à dimensão comunicativa dos signos (Prieto, 1973). Essas contribuições evidenciam a vitalidade das duas vertentes fundadoras da semiótica, cujos desdobramentos continuam a sustentar diferentes modelos de análise da significação.

Eco (2005, 2014), Fidalgo (2014) e Volli (2015) também contribuíram significativamente para o diálogo entre essas vertentes. Isso demonstra que a semiótica contemporânea não se limita a um único paradigma, mas se constitui como um campo plural, dinâmico, em constante reconstrução.

Diante do exposto, compreendemos a construção da semiótica a partir de uma alma dupla, histórica e filológica, cujos fundamentos percorrem distintas tradições. Optou-se aqui pelo uso do termo semiótica, em consonância com o consenso internacional estabelecido desde 1969 pela Associação Internacional de Estudos Semióticos, com apoio de autores como Jakobson, Barthes, Benveniste, Greimas e Sebeok. A unificação terminológica favoreceu o uso de “semiótica” como denominação ampla e plural para o campo de estudo dos signos, o que permitiu a superação das distinções históricas entre semiótica e semiologia (Godoy; Laburú; 2021). Segundo Nöth (2024), todas as distinções entre esses dois termos esboçadas ao longo do século XX revelam-se superadas. A comunidade científica que investiga os processos semióticos consolidou-se ao adotar o termo semiótica como conceito abrangente, sem necessariamente se limitar às filiações teóricas de Saussure ou Peirce.

Ainda que os estudos realizados sob a denominação de semiologia permaneçam válidos e tenham contribuído significativamente para a constituição do campo, observamos uma predominância do termo semiótica nas pesquisas contemporâneas. No Brasil, por exemplo, “há programas de estudos semióticos, mas não de estudos semiológicos” (Godoy; Laburú, 2021, p. 52). Adotamos o termo semiótica como designação de uma abordagem ampla e interdisciplinar dos signos e da significação, que engloba tanto os signos linguísticos quanto outras formas de representação.

No âmbito desta tese, esse olhar plural e processual sobre os signos adquire relevância particular ao ser articulado aos desafios do ensino de Ciências. A seguir, justificamos a apropriação e transposição de alguns elementos semióticos como instrumentos de mediação no contexto educativo.

1.2 TRANSPOSIÇÃO DA SEMIÓTICA PARA O ENSINO

De acordo com Eco (2005, 2014), a semiótica dedica-se a investigar a natureza, o funcionamento e a interpretação dos signos. Essa abordagem possibilita compreender como os sujeitos decodificam mensagens culturais, artísticas e científicas, aspecto que impacta a maneira como percebem e explicam o mundo. Tal concepção está alinhada aos apontamentos de Nöth e Santaella (2017), que reconhecem a semiótica como um campo transdisciplinar, cujos modelos explicativos se aplicam a fenômenos da natureza e da cultura.

A semiótica insere-se, portanto, de forma transversal entre diferentes áreas do conhecimento, ao investigar o funcionamento dos signos e a construção de mensagens dotadas de sentido. Mesmo em campos que não se dedicam explicitamente ao estudo dos signos, as dinâmicas comunicativas dependem de estruturas sógnicas, cuja compreensão exige instrumentos teóricos próprios da semiótica. Como explica Fidalgo (2014), compreender os diversos tipos de sinais, suas regras e usos sociais é essencial para analisar os mecanismos comunicativos que estruturam as relações humanas. Dessa forma, os aportes semióticos oferecem contribuições relevantes para à análise da significação no ensino de Ciências.

A transposição da semiótica para o ensino de Ciências não pressupõe a adesão integral ao seu aparato conceitual, mas sim uma apropriação crítica e instrumental de noções que se mostram úteis para subsidiar a elaboração de significados e analisar

fenômenos comunicacionais complexos implicados nos processos de ensino e aprendizagem. Compreender tais mecanismos é indispensável à mediação e à avaliação da construção do conhecimento, sobretudo em um contexto no qual os signos assumem papel central na produção de sentidos. Por isso, o domínio dos sistemas simbólicos do conhecimento científico e das relações entre sinais e mensagens constitui uma competência essencial tanto para professores quanto para estudantes (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021).

A aplicação da semiótica à educação científica contribui para práticas pedagógicas que promovam aprendizagens mais significativas e profundas. Oferece ao docente ferramentas teóricas e metodológicas capazes de apoiar a interação discursiva, a organização dos processos de ensino e aprendizagem e o uso planejado de múltiplas representações no ensino de Ciências (Laburú; Silva; Camargo, 2021). Além disso, sua contribuição teórica permite interpretar os processos de significação por meio de diferentes linguagens e representações utilizadas em sala de aula, especialmente em contextos comunicativos mediados por práticas científicas escolares (Lemke, 1998; Santaella, 2005).

No que se refere à aprendizagem dos estudantes, a abordagem semiótica contribui para compreender como os sentidos circulam por meio das representações e requer que os estudantes estabeleçam conexões entre diferentes linguagens para ampliar sua compreensão dos fenômenos científicos (Fidalgo, 2014; Mortimer; Scott, 2002). Os estudos fundamentados na semiótica buscam identificar os obstáculos enfrentados pelos estudantes na atribuição de sentido aos sistemas simbólicos da ciência e propor estratégias pedagógicas que favoreçam a elaboração de significados científicos a partir desses sistemas simbólicos (Laburú, Silva; Camargo Filho, 2021).

Essa perspectiva dialoga com a vertente psicológica de Vygotsky, que reconhece os signos como instrumentos fundamentais na constituição das funções mentais superiores. Essa relação se estabelece porque a tese adota um enfoque cognitivista, no qual ensino e aprendizagem ocorrem por meio de mediações simbólicas. A partir dessa base, a semiótica contribui como referencial teórico para compreender como os significados são construídos, internalizados e compartilhados no contexto escolar. A próxima seção aprofunda essa articulação ao apresentar os fundamentos da significação à luz das contribuições de Vygotsky, nos quais se evidencia o papel dos signos na constituição da cognição e na aprendizagem científica.

1.3 FUNDAMENTOS DA SIGNIFICAÇÃO: CONTRIBUIÇÕES DE VYGOTSKY

A vertente psicológica proposta por Vygotsky compreende o ser humano como um sujeito eminentemente social e histórico, cujos processos psicológicos se desenvolvem a partir da interação com o ambiente e com os produtos culturais que constituem essa relação (Oliveira, 1993). Para ele o conhecimento não se elabora de forma individual ou isolada, mas se constitui pela apropriação dos saberes historicamente produzidos e socialmente partilhados (Duarte, 1996).

O ponto central da teoria vygotskyana está na noção de mediação. As funções mentais superiores não emergem de forma direta das interações sociais, mas resultam de processos mediados. Essa mediação não é direta, ocorre por meio de signos, que reorganizam qualitativamente as funções psíquicas superiores, como a abstração, a memória, a lógica e a atenção voluntária, ao atuarem como instrumentos simbólicos, o que permite ao sujeito reconfigurar sua relação com o mundo (Laburú; Silva; Camargo, 2021; Vygotsky, 1988). O uso de signos permite ao sujeito ressignificar suas experiências e ampliar sua atuação sobre a realidade, o que lhe possibilita ir além da simples recepção de informações.

Vygotsky (1988) afirma que o desenvolvimento das funções psicológicas superiores depende da interiorização dos sistemas simbólicos produzidos culturalmente. Esse processo se inicia no plano social e, por meio da interação com o outro, transforma-se em função interna do sujeito. “Quanto mais o indivíduo utiliza os signos, mais profundas se tornam as operações psicológicas² que é capaz de realizar” (Moreira, 1999, p. 111). O uso progressivo de signos amplia significativamente a variedade de atividades cognitivas em que o sujeito pode se engajar. Os signos exercem, portanto, uma dupla função: por um lado, atuam como ferramentas cognitivas que apoiam o pensamento; por outro, moldam a forma como o sujeito compreende e interage com o mundo. Para Vygotsky, linguagem e pensamento se constituem como processos interdependentes, mediados por signos, que possibilitam o desenvolvimento da consciência (Driver *et al.*, 1994; Freitas, 1995; Oliveira, 1993).

A mediação simbólica torna possível operar com abstrações, representar situações ausentes, planejar ações e refletir sobre elas. Essas são características

² Expressão usada pelo autor como sinônimo para funções mentais e processos psicológicos superiores.

fundamentais da atividade científica. Sem a estabilização de signos culturais compartilhados, como os da linguagem verbal, simbólica e matemática, não seria possível desenvolver formas superiores de cognição, tampouco constituir a ciência (Husserl *apud* Fidalgo, 1998; Kubli, 2005).

Nesse contexto, a linguagem científica, por se estruturar por meio de múltiplos signos e sistemas de codificação, requer competências representacionais específicas. Tal exigência torna indispensável um ensino de Ciências fundamentado na multimodalidade, conforme defendido nesta pesquisa, com vistas à promoção da alfabetização científica. Além disso, os desafios representacionais próprios desse campo demandam não apenas o domínio de códigos disciplinares, mas também a adoção de práticas pedagógicas que favoreçam a dialogicidade e a negociação de significados.

A aprendizagem exige interação social recíproca, com a participação ativa de todos os envolvidos, o que permite o intercâmbio de experiências e saberes (Garton, 1992). O conhecimento se constitui nesse espaço intersubjetivo, mediado por signos e situado cultural e historicamente. Como argumentam Laburú, Silva e Camargo Filho (2021), a condição simbólica da linguagem humana impossibilita o acesso direto à realidade, mas permite acessos indiretos. Toda relação com o mundo é mediada por signos, sejam linguísticos, visuais, gestuais ou matemáticos, que viabilizam a construção de sentidos e o exercício do pensamento abstrato.

Diante do exposto, admite-se que, no ensino de Ciências, os signos culturalmente compartilhados estruturam a linguagem e o pensamento dos estudantes, manifestando-se principalmente nas práticas comunicativas em sala de aula. Por essa razão, é fundamental que o professor esteja atento ao caráter multimodal da linguagem científica e à forma como diferentes códigos e representações são articulados nas interações com os estudantes. A próxima seção aprofunda esse aspecto ao apresentar alguns pressupostos teóricos sobre comunicação que orientaram as intervenções de ensino realizadas nesta pesquisa.

1.4 COMUNICAÇÃO E ELABORAÇÃO DE SIGNIFICADOS NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Perante a centralidade da mediação simbólica para o desenvolvimento das funções mentais superiores, é preciso reconhecer que a linguagem científica, em sua complexidade, exige práticas comunicativas que considerem sua natureza multimodal.

Aprender Ciências constitui, portanto, um desafio representacional, pois os estudantes necessitam de múltiplos contextos para negociar e consolidar seus entendimentos sobre como as ideias científicas são construídas e interpretadas (Prain; Waldrup, 2006). A aprendizagem emerge da interlocução ativa, da escuta e da interação dialógica (Kubli, 2005; Scott; Mortimer; Aguiar Jr., 2006), o que exige práticas que favoreçam a autonomia intelectual e o pensamento articulado dos estudantes (Camargo; Daros, 2018; Teixeira, 2019).

Nesse contexto, a mediação simbólica concretiza-se nas interações comunicativas que estruturam a atividade científica em sala de aula, uma vez que é por meio delas que os signos circulam, são interpretados e reorganizados pelos estudantes.

A comunicação na sala de aula de Ciências não pode restringir-se à transmissão de informações. Como alerta Eco (2014, p. 32), “[...] se eu pedisse a dez pessoas diferentes que movessem a perna, obteria com toda a probabilidade dez interpretações diferentes da minha ordem”. A compreensão de uma mensagem depende tanto do emissor quanto da capacidade do receptor de atribuir sentido aos signos utilizados, a partir de seu repertório cultural, cognitivo e afetivo.

As mensagens e os sinais são elementos indissociáveis da comunicação. Enquanto os sinais são representações semióticas exteriorizadas por meio de recursos perceptivos, as mensagens são os conteúdos de significado que esses sinais veiculam, pois o sinal, ao se ancorar no mundo e na experiência dos sujeitos, permite a consolidação da mensagem (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021). Para Prieto (1973), os sinais são instrumentos cuja função é transmitir mensagens e estabelecer relações sociais de informação, interrogação ou ordem.

À luz da teoria da comunicação de Prieto (1973), os termos “emissor” e “receptor” não devem ser compreendidos segundo a lógica transmissiva, mas como categorias operacionais úteis para descrever o fluxo dialógico da construção de significados, no qual o aprendiz atua como sujeito ativo e o professor, como mediador atento aos sentidos produzidos nos meandros discursivos (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021).

Compreendida como processo interpretativo, a comunicação docente permite a emergência de diferentes entendimentos a partir de um mesmo ato de fala. Por isso, é fundamental que o professor planeje conscientemente os momentos de transição discursiva, com o objetivo de orientar a interpretação dos estudantes, reduzir

ambiguidades e estabelecer pontes entre os conhecimentos científicos e os saberes cotidianos (Mortimer; Scott, 2011; Quadros *et al.*, 2015; Volli, 2015). A escuta qualificada do professor torna-se estratégica para acompanhar os sentidos produzidos pelos estudantes e redirecionar o ensino de acordo com suas trajetórias cognitivas e afetivas (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021).

Para Vygotsky, a linguagem é um elemento mediador essencial na interação entre sujeitos mais e menos experientes. Por meio das trocas sociais, pensamento e linguagem desenvolvem-se de maneira interdependente. Quanto mais elaborada for a linguagem, mais o pensamento se expande, numa relação recíproca em que a complexidade linguística amplia o alcance cognitivo (Vygotsky, 1998; Rego, 2003; Oliveira, 1993).

Essa perspectiva é reforçada por Mortimer e Scott (2002, 2003), que compreendem a aprendizagem como processo de negociação de significados em espaços comunicativos mediados. Nesse mesmo sentido, Bakhtin defende que toda compreensão genuína é dialógica por natureza: cada enunciado exige uma resposta, e o entendimento se concretiza quando o sujeito se posiciona discursivamente diante da fala do outro (Kubli, 2005). No ensino de Ciências, essa concepção implica reconhecer os saberes dos estudantes como pontos de partida legítimos para a construção do conhecimento, em contextos nos quais diferentes sistemas semióticos coexistem e são constantemente ressignificados (Lemke, 1990; Mortimer; Scott, 2002).

As implicações pedagógicas dessa abordagem exigem que o ensino de Ciências se organize por meio de estratégias flexíveis, responsivas e integradas. O pluralismo metodológico apresenta-se como princípio estruturante, capaz de contemplar a diversidade de modos de aprender, promover a negociação de significados e ampliar as possibilidades de mediação docente na organização das interações e das situações de ensino (Laburú; Carvalho, 2005). Pozo e Crespo (2009) destacam que o aluno precisa tanto reter quanto interpretar e organizar as informações para dar sentido ao conhecimento.

Assim, reforça-se o papel do professor como mediador capaz de escutar, identificar lacunas de compreensão e traçar rotas pedagógicas que favoreçam o pensamento autônomo e a apropriação crítica da cultura científica (Camargo; Daros, 2018; Zômpero *et al.*, 2019). A investigação realizada por Ansanelo *et al.* (2023b) reforça que abordagens dialógicas, fundamentadas no pluralismo metodológico,

favorecem a participação ativa dos estudantes e tornam a comunicação mais eficaz no ensino de Ciências.

Com inspiração nos modelos de comunicação delineados por Fidalgo (2014), é possível compreender dois paradigmas relevantes: o modelo processual, centrado na transmissão linear de informações, e o semiótico, que privilegia a construção compartilhada de sentidos. O primeiro, formulado por Shannon e Weaver (1949, *apud* Fidalgo, 2014), entende a comunicação como fluxo entre emissor e receptor. Já o modelo semiótico considera a relação entre signos, códigos e contextos culturais compartilhados.

Na prática docente, esses modelos auxiliam a distinguir abordagens que apenas transmitem conteúdos daquelas que envolvem ativamente os estudantes. Por exemplo, em uma aula sobre classificação dos seres vivos, o modelo processual manifesta-se quando o professor apresenta um *slide* com a divisão dos reinos biológicos e solicita apenas a cópia da informação. Em contrapartida, numa abordagem semiótica, o professor propõe esquemas visuais, mapas conceituais ou dramatizações, por meio dos quais os estudantes discutem critérios, confrontam categorias e reformulam conceitos.

A linguagem científica, por sua vez, exige atenção específica. Trata-se de um discurso especializado, estruturado prioritariamente pela função referencial (Chalhub, 1989), mas que mobiliza signos simbólicos, ilustrativos e culturais, expressos por imagens, gráficos, equações e modelos (Prain; Waldrip, 2006). Por estar associada a sistemas abstratos e convencionais, sua compreensão depende tanto da familiaridade com códigos visuais e simbólicos quanto da inserção dos estudantes em práticas socioculturais que lhes atribuam sentido (Eco, 2014).

Cabe ao professor, nesse contexto, representar os conceitos científicos por múltiplas formas, pois nem todos os alunos compartilham as mesmas experiências com os códigos e formas de representação utilizados no ensino de Ciências (Scott; Mortimer; Aguiar Jr., 2006). Essa multiplicidade de formas representacionais antecipa o desafio da coordenação entre representações, tema da seção seguinte, que demanda uma escuta ativa e responsiva por parte do docente (Ainsworth, 1999).

A comunicação exige que o emissor torne sua mensagem acessível e que o receptor possua competências para reconstruir o sentido do sinal (Prieto, 1973). Para Volli (2015), essa relação só se estabelece plenamente quando o código utilizado é comum a ambos os sujeitos. Isso reforça a necessidade de que os estudantes

compreendam e dominem os códigos próprios das Ciências, constituídos por um repertório diversificado de símbolos e formas representacionais capazes de expressar ideias complexas sobre leis, princípios e grandezas envolvidas nos fenômenos naturais (Laburú; Silva, 2011; Mortimer; Quadros, 2018).

Ao reconstruir o percurso histórico da semiótica e articulá-lo à vertente psicológica de Vygotsky, este capítulo evidenciou que o ensino de Ciências se constitui como prática simbólica mediada por signos culturalmente compartilhados. A partir dessa base teórica, discutiram-se implicações comunicativas para a sala de aula, com apoio em referenciais da semiótica, como Eco, Prieto e Fidalgo, e em contribuições do ensino de Ciências, como Mortimer, Scott, Laburú e Silva, os quais subsidiam a compreensão dos processos comunicativos na sala de aula. Evidenciou-se que a mediação eficiente exige práticas dialógicas que articulem signos, códigos e múltiplas formas de representação, favoreçam a construção compartilhada de significados e ampliem as possibilidades de inserção dos estudantes na cultura científica. Nesse contexto, as múltiplas representações configuram-se como recursos estruturantes para promover a aprendizagem e superar os desafios da linguagem científica, tema que será aprofundado no capítulo seguinte.

2 MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Nas últimas décadas, o campo do ensino de Ciências tem acompanhado o crescimento de investigações voltadas à compreensão do papel das representações na aprendizagem científica. Esse movimento decorre do reconhecimento de que os conhecimentos científicos não se comunicam apenas por meio da linguagem verbal ou escrita, mas se constituem, circulam e se consolidam por meio de uma diversidade de formas representacionais, que incluem gráficos, diagramas, modelos, equações, gestos e imagens (Ainsworth, 1999, 2006; Laburú; Silva, 2011; Lemke, 1998; Prain; Waldrip, 2006). Essa pluralidade representacional é constitutiva do discurso científico e está intimamente relacionada à formação do pensamento abstrato, da argumentação e da alfabetização científica.

Diante desse cenário teórico, este capítulo parte da base epistemológica das múltiplas representações e de sua função na construção do conhecimento científico para organizar a discussão em três eixos interdependentes: (a) a delimitação conceitual dos termos modos representacionais, formas representacionais, múltiplas representações e multimodalidade; (b) o panorama teórico e empírico sobre o uso de representações no ensino de Ciências, com foco em pesquisas nacionais e internacionais; e (c) a sistematização operatória das categorias utilizadas na análise desenvolvida nesta tese. Neste terceiro eixo (c), distinguimos as funções que as múltiplas representações exercem no processo de aprendizagem, como complementaridade, delimitação e aprofundamento (seção 2.3), dos processos cognitivos representacionais envolvidos em sua mobilização, tais como tradução, integração e re-representação (seção 2.4). Dessa forma, a explicitação dessas dimensões evidencia que o uso coordenado de diferentes recursos semióticos favorece a elaboração de significados no ensino de Ciências e oferece sustentação às propostas voltadas à alfabetização científica.

A compreensão das funções das múltiplas representações e dos processos cognitivos envolvidos em sua mobilização fundamenta a estrutura analítica adotada na pesquisa, composta por categorias que orientam a análise dos episódios de ensino, com o objetivo de identificar como as múltiplas representações contribuem para a emergência e o refinamento dos indicadores de alfabetização científica.

2.1 DELIMITAÇÃO CONCEITUAL

A noção de representação adotada neste trabalho, conforme Laború e Silva (2011), refere-se ao vínculo entre impressões sensoriais e evocações mentais como forma de expressar algo ausente por meio de sistemas simbólicos. Entre as diferentes classificações propostas na literatura, Duval (2006) distingue representações internas, como imagens mentais e raciocínios, das externas, também chamadas de representações semióticas, por serem perceptíveis e compartilháveis socialmente, como gráficos, modelos e esquemas.

Esta pesquisa concentra-se nas representações externas, devido ao seu papel na organização das práticas de ensino e na constituição do discurso científico escolar. Essas representações abrangem linguagens como a verbal, algébrica, gráfica, imagética, gestual e simbólica, e funcionam como ferramentas semióticas e cognitivas que possibilitam a produção de sentidos, a organização do pensamento e a construção compartilhada do conhecimento. Elas não devem ser consideradas recursos periféricos (Ainsworth, 2006; Botelho; Quadros, 2023; Kozma, 2003; Laború; Silva, 2011; Lemke, 1998; Santaella, 2005).

O conceito de múltiplas representações, conforme Prain e Waldrip (2006), refere-se à prática de expressar um mesmo conceito por meio de diferentes formas. Tytler, Prain e Peterson (2007) ampliam essa concepção ao destacar que elas também permitem a compreensão de processos científicos e não apenas conceitos isolados. Revisões recentes, como a de Zuhri, Wilujeng e Haryanto (2023) reforçam essa perspectiva ao mostrarem que o uso articulado de textos, vídeos, gráficos, tabelas, diagramas, analogias, gestos e imagens favorece tanto a elaboração de significados quanto a comunicação científica.

As múltiplas representações, quando inseridas desde os anos iniciais do processo de escolarização, contribuem tanto para a aprendizagem conceitual quanto para o desenvolvimento de competências cognitivas e sociais essenciais à alfabetização científica, pois possibilitam a conexão entre diferentes formas para a elaboração de significados. Nuthall (1999 *apud* Prain; Waldrip, 2006) acrescenta que os estudantes precisam de três ou quatro interações representacionais no tocante ao mesmo conceito para estabelecerem o conhecimento de longo prazo.

Para aprofundar a compreensão sobre os elementos que estruturam essa diversidade representacional, examinamos a distinção entre modos e formas

representacionais. Modos representacionais são definidos como recursos semióticos materialmente sustentados e reconhecidos socialmente como meios legítimos de produzir significados. Entre os exemplos possíveis estão a imagem, a fala, o gesto, o som, a escrita, o *layout*, o movimento e os objetos tridimensionais (Kress, 2010; Kress *et al.* 2001; Mortimer; Quadros, 2018). Esses modos envolvem canais sensoriais e atividades perceptivo-motoras que ancoram a construção de sentido em processos corporais e perceptivos (Radford; Edwards; Arzarello, 2009).

As formas representacionais, por sua vez, correspondem às manifestações concretas dos modos em situações didáticas, como diagramas, gráficos, simulações e textos escritos. Gregório (2021) organiza os modos e as formas representacionais presentes em situações de ensino a partir das contribuições de autores como Laburú e Silva (2011), Radford, Edwards e Arzarello (2009) e Tytler, Prain e Peterson (2007). A sistematização contempla três grandes grupos de modos representacionais: modo oral ou falado, modo visual corporal ou gestual e modo visual.

O modo oral ou falado envolve formas representacionais como argumentações orais, instruções, interações verbais, leitura de textos em voz alta e atos sêmicos, comumente utilizadas em práticas discursivas e explicações em sala de aula. O modo visual corporal ou gestual abrange pantomimas, mímicas, manipulação de objetos, movimentos corporais, procedimentos e operações experimentais, o que evidencia o papel do corpo e da ação na construção de significados. Já o modo visual inclui uma ampla diversidade de formas representacionais que são muito empregadas, por exemplo, em análise microscópica, animações, atividades experimentais, desenhos, diagramas, figuras, filmes, fotografias, gráficos, maquetes, objetos tridimensionais, simulações, tabelas, vídeos, textos escritos e produções escritas dos estudantes. Tal organização evidencia a multiplicidade de recursos semióticos envolvidos no ensino de Ciências.

As formas representacionais configuram-se como signos, isto é, unidades simbólicas convencionais de significação, enquanto os modos correspondem aos recursos perceptivos por meio dos quais essas formas se materializam. Um mesmo gráfico constitui uma forma simbólica convencional que pode ser expressa por diferentes modos, como o gestual, o oral ou o imagético, quando desenhado no papel ou na lousa. Duas ou mais formas, como um gráfico e sua equação algébrica correspondente, podem coexistir no mesmo modo visual, por exemplo, no papel, na lousa ou em uma fotografia. Assim, modos e formas representacionais operam de

maneira interdependente: toda forma se materializa por meio de um modo, e toda prática pedagógica multimodal pressupõe a articulação consciente desses elementos (Laburú; Silva, 2011). Compreender essa complementaridade é essencial para qualificar a mediação simbólica e favorecer a construção compartilhada de significados, e, assim, fortalecer a aprendizagem científica.

Além dessa organização, a literatura propõe critérios para classificar as formas representacionais. Prain e Waldrip (2006) identificam categorias como formas descritivas (verbais, gráficas, tabulares), experimentais, matemáticas, figurativas (imagens, analogias e metáforas), cinestésicas e gestuais. A multimodalidade, também chamada de representação multimodal, refere-se à articulação integrada entre modos e formas representacionais na construção do discurso científico escolar. Essa integração ocorre com o uso simultâneo de diferentes recursos, como linguagem verbal, gestos, gráficos, imagens, simulações, metáforas, símbolos matemáticos e representações tridimensionais (Laburú; Zômpero; Barros, 2013; Tytler; Prain; Peterson, 2007).

Para consolidar as delimitações conceituais adotadas nesta pesquisa, o quadro a seguir reúne os principais termos discutidos ao longo desta seção. A sistematização contempla os conceitos de representação, modos representacionais, formas representacionais e multimodalidade, com base nos autores que fundamentam o referencial teórico deste estudo.

Quadro 1 - Definições conceituais dos termos representacionais adotados neste estudo

Conceito	Sentido atribuído
Representação	Vínculo entre impressões sensoriais e evocações mentais, sendo uma forma de expressar algo ausente por meio de sistemas simbólicos (Laburú; Silva, 2011).
Modo Representacional	Recurso semiótico materialmente sustentado e culturalmente reconhecido como meio para produzir significados. Envolve canais sensoriais e atividades perceptivo-motoras (Kress, 2010; Kress <i>et al.</i> 2001; Mortimer; Quadros, 2018; Radford; Edwards; Arzarello, 2009).
Forma Representacional	Manifestações específicas e concretas dos modos em práticas discursivas, como gráficos, diagramas, imagens, gestos, experimentos, textos escritos (Gregório, 2021; Prain; Waldrip, 2006).
Multimodalidade Representacional	Integração coordenada entre modos e formas de representação no discurso científico escolar, promovendo significação por meio da variedade expressiva (Laburú; Zômpero; Barros, 2013; Tytler; Prain; Peterson, 2007).

Fonte: Elaborado pela autora.

Com base nessas delimitações, a seção 2.2 apresenta o desenvolvimento das pesquisas sobre múltiplas representações no ensino de Ciências, delineando um panorama teórico e empírico que vincula seus fundamentos epistemológicos à educação científica.

2.2 PANORAMA DAS MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES NO ENSINO DE CIÊNCIAS

O uso de múltiplas representações no ensino de Ciências tem se consolidado como um campo de investigação relevante, com crescimento expressivo nas produções acadêmicas nacionais e internacionais. Uma revisão realizada no Portal de Periódicos da Capes, abrangendo as duas últimas décadas, identificou contribuições significativas em quatro eixos centrais: (1) fundamentos teóricos e epistemológicos, (2) formação docente, (3) desenvolvimento de ferramentas metodológicas e (4) processos de avaliação (Ansanelo; Ferreira; Laburú, 2023).

Essa tendência também se verifica no cenário internacional. A revisão sistemática conduzida por Zuhri, Wilujeng e Haryanto (2023), com base no protocolo PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*), analisou 50 estudos realizados no Ensino Fundamental publicados entre 2018 e 2022 nas bases de dados *Scopus* e ERIC. Os resultados confirmam o crescente interesse pelo tema e indicam que a articulação entre diferentes formas representacionais amplia as possibilidades de significar e permite construções conceituais mais elaboradas e duradouras.

As pesquisas analisadas evidenciam que a mobilização de múltiplas representações favorece a construção de significados no ensino de Ciências em consonância com as concepções apresentadas na seção 2.1. Nessas investigações, recursos como imagens, modelos, simulações e textos são articulados com intencionalidade didática para promover o acesso aos conceitos científicos e superar o simbolismo técnico do discurso especializado (Ainsworth, 2006; Ainsworth; Tytler; Prain, 2020; Lemke, 1998; Prain; Waldrup, 2006).

Diversos estudos sustentam a ideia de que os conceitos científicos se constroem por meio da combinação coordenada de diferentes modos representacionais (Lemke, 2003; Laburú; Silva, 2011; Prain; Waldrup, 2006; Prain; Waldrup, 2010), o que reforça a necessidade de os estudantes reconhecerem as finalidades e limitações de cada forma representacional e serem capazes de mobilizá-las de maneira coordenada. Nesse contexto, a fluência representacional exige mediação docente³ qualificada e intencional, voltada à negociação de significados (Ainsworth, 2006; Ainsworth; Tytler; Prain, 2020; Tytler; Prain; Peterson, 2007).

Além das contribuições empíricas, destacam-se os fundamentos da semiótica, visto que a comunicação no ensino de Ciências envolve múltiplos signos mobilizados para sustentar e transformar os significados construídos nas interações em sala de aula.

Pesquisas nacionais dedicam-se, ainda, à análise dos efeitos das *affordances* negativos em situações didáticas, conceito que se refere ao “convite ao erro”: aspectos prejudiciais à aprendizagem, presentes em certas características de materiais, experimentos, diagramas e representações (Laburú; Silva; Zômpero, 2017). Os

³ Neste estudo, distingue-se mediação simbólica, compreendida no sentido vygotskiano como reorganização das funções psicológicas por meio de signos, de mediação docente, entendida como a ação intencional do professor na organização das situações didáticas que favorecem tal processo.

estudos de Vergennes (2024) e Gregório (2021) revelam como esses elementos podem induzir os estudantes ao cometimento de equívocos conceituais e procedimentais. Em contrapartida, apontam que a diversidade representacional e a abordagem multimodal são estratégias promissoras para tornar visíveis esses obstáculos e ajudar a superá-los por meio de intervenções docentes intencionais sobre os modos de representação mobilizados na atividade de ensino.

Outro eixo investigativo identificado nos estudos concentra-se no papel das indicações circunstanciais como signos mediadores da aprendizagem, compreendidas como elementos sógnicos que se incorporam ao discurso de modo indireto e contextualizador, atuando em concomitância com os sinais para orientar a interpretação e favorecer o entendimento (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021).

No âmbito da semiótica comunicativa, Ferreira (2025) e Godoy (2016) demonstram que esses elementos do ato sómico podem ser planejados pelo professor para qualificar a interlocução com os estudantes, estimular a reflexão autônoma e ampliar a compreensão conceitual nas interações discursivas. As pesquisas revelam que tais indicações, quando articuladas intencionalmente em práticas baseadas em múltiplas representações, como simuladores, experimentações e registros visuais, fortalecem os processos de negociação de significados e favorecem a construção compartilhada do conhecimento, inclusive entre estudantes que não participam oralmente das interações.

Por sua vez, as contribuições dos trabalhos de Frasson (2016), Silva (2018) e Zômpero (2012) tratam do ensino de Ciências no Ensino Fundamental, especialmente em investigações que articulam referenciais da semiótica e da multimodalidade à construção de significados em torno de temáticas curriculares relevantes. Esses estudos indicam que a mobilização intencional de múltiplas representações possibilita a reestruturação de modelos explicativos e a reorganização conceitual pelos estudantes. Em situações de ensino que tematizaram a alimentação saudável, a sustentabilidade e a fotossíntese, observou-se que a articulação entre modos e formas representacionais favoreceu a apropriação de sentidos científicos e o engajamento nas práticas escolares.

As investigações realizadas ressaltam ainda que a integração de diferentes representações estimula tanto a dimensão cognitiva quanto os aspectos afetivos e conativos da aprendizagem. A produção escrita dos estudantes, os discursos reflexivos e a mediação docente por meio de interações colaborativas revelaram

avanços em direção a níveis mais profundos de compreensão (Frasson, 2016; Silva, 2018; Zômpero, 2012). Em conjunto, as pesquisas ratificam a adoção de práticas ancoradas na semiótica e mediadas por múltiplas representações como caminho para a formação de sujeitos críticos e conscientes.

As pesquisas analisadas também apontam limitações recorrentes no uso pedagógico das representações, sobretudo quando são mobilizadas de forma isolada ou meramente ilustrativa, sem a devida articulação conceitual consistente. Esse cenário, frequentemente observado nas práticas docentes, foi discutido por Prain e Waldrip (2006), que destacam a ausência de relações explícitas entre as representações e os processos científicos que elas veiculam. Essas limitações reforçam a importância da mediação docente teoricamente fundamentada e da proposição de atividades que favoreçam conexões explícitas entre formas diversas. Esse entendimento é aprofundado na próxima seção, que discute as principais funções atribuídas às múltiplas representações no contexto educativo.

2.3 FUNÇÕES DAS MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES

Apesar de a inserção de múltiplos modos e formas de representação mobilizar processos cognitivos essenciais para a apropriação do conhecimento científico e proporcionar uma base concreta que permite o avanço dos alunos para representações mais abstratas e especializadas do discurso científico (Laburú; Barros; Silva, 2011), esse potencial nem sempre é plenamente aproveitado (Botelho; Quadros, 2023; Laburú; Silva, 2011; Prain; Waldrip, 2006). Muitos docentes ainda restringem o uso das representações a funções motivacionais ou meramente ilustrativas, sem reconhecer seu papel epistêmico e instrucional na construção dos significados. Superar essa limitação implica compreendê-las como ferramentas para o desenvolvimento conceitual e para a articulação entre os saberes do cotidiano e os conhecimentos científicos.

Assim, as funções das representações não devem ser compreendidas como predisposições inatas ou preferências estáveis dos estudantes, mas como possibilidades ampliáveis por meio da mediação docente. Nesse sentido, a tarefa do professor não consiste em restringir-se a representações compatíveis com cada perfil, mas em diversificar modos e formas representacionais ao longo de suas práticas, a fim de oferecer experiências variadas que ampliem os recursos conceituais e as

estratégias de significação dos estudantes.

Ainsworth (1999) sistematiza esse entendimento ao propor três funções principais que as múltiplas representações podem exercer na aprendizagem científica: (1) função complementar, que consiste em utilizar uma nova representação para retomar ou reforçar conhecimentos expressos anteriormente; (2) função de restrição, que orienta a interpretação do estudante e evita leituras equivocadas ao delimitar o foco conceitual; e (3) função de construção de entendimento profundo, que possibilita interpretações mais articuladas e ricas sobre os conceitos científicos.

Além das três funções propostas por Ainsworth (1999), Laburú e Silva (2011) acrescentam duas outras dimensões: a cognitiva individual e a emocional subjetiva. No plano cognitivo, determinadas representações podem se ajustar melhor a certos estudantes por dialogarem com esquemas conceituais internalizados ao funcionarem como subsunçores. No plano emocional, aspectos afetivos, motivacionais e biográficos influenciam a disposição do aluno para interagir com determinadas representações, compondo o que Frasson (2016) denomina de função emocional.

Considerar os perfis individuais dos estudantes torna-se, portanto, essencial na escolha das representações, sem reduzi-las a preferências fixas. Como exemplifica Lemke (2003), alguns aprendizes compreendem melhor o gráfico antes da fórmula; outros, a expressão verbal antes da expressão matemática; alguns apenas integram a informação com o apoio de diagramas.

Essa diversidade dialoga com os pressupostos de Gardner (1995), segundo os quais cada indivíduo possui um conjunto distinto de capacidades intelectuais, interesses e modos de aprender. Nessa perspectiva, forçar o estudante a construir o significado de um conceito por uma via representacional exclusiva pode impedir o aproveitamento de outras facetas intelectuais mais desenvolvidas, ou em processo de amadurecimento, e comprometer a aprendizagem. Como destacam Laburú e Silva (2011), diferentes modos de representação podem funcionar como verdadeiros “andaimos conceituais” ao oferecerem apoio temporário e eficaz para a elaboração de ideias e a superação de obstáculos conceituais.

Diante desse cenário, torna-se fundamental reconhecer o papel estruturante das representações na elaboração do pensamento científico. Como argumentam Botelho e Quadros (2023) e Laburú e Silva (2011), elas deveriam ocupar lugar central na análise dos processos de instrução científica, considerando-se os diferentes sistemas semióticos utilizados, suas potencialidades e os bloqueios que podem gerar.

Esses fatores justificam o foco desta pesquisa nos processos cognitivos necessários para mobilizar representações de modo articulado e significativo.

As funções descritas nesta seção evidenciam que o uso de múltiplas representações vai além da mera diversificação de linguagens. Elas operam como ferramentas epistêmicas que auxiliam na organização do pensamento, na delimitação do foco conceitual e na ampliação da compreensão dos fenômenos científicos. Para que cumpram tais funções, sua inserção em sala de aula deve ser intencional, planejada e acompanhada de mediação docente qualificada.

Nesse sentido, a redundância multimodal não representa um excesso, mas uma opção didática eficaz que favorece a consistência conceitual. A pluralidade de representações, quando articulada por discurso integrador e ancorada na multimodalidade, configura-se como um recurso pedagógico potente para o ensino de Ciências.

Como ressaltam Laburú e Silva (2011), essa abordagem fomenta reorganizações conceituais significativas, sobretudo quando os estudantes são instigados a criar representações diversificadas que permitam observar padrões, formular raciocínios e elaborar explicações. Nesse cenário, as múltiplas representações exercem função comunicativa essencial no cotidiano escolar, dado que o ambiente da sala de aula frequentemente apresenta falhas de comunicação, com informações mal organizadas, insuficientes ou desalinhadas aos conhecimentos prévios dos estudantes (Laburú; Silva, 2011).

Quando isso ocorre, recai sobre o aluno o esforço de reconstruir sentidos por meio da seleção e articulação de elementos relevantes. Considerando que a linguagem humana, conforme Lemke (2003) e Eco (2014), incorpora mecanismos de tolerância estrutural e redundância que favorecem a recuperação e reconstrução dos significados ao longo do tempo, no ensino de Ciências, essa redundância assume papel virtuoso quando expressa por múltiplas representações. Seu uso planejado permite retomar, aprofundar e coordenar os significados trabalhados, além de promover conexões mais consistentes entre conceitos e contribuindo para a consolidação da compreensão científica.

Considerando as funções epistêmicas e comunicativas das múltiplas representações, a próxima seção examina os mecanismos mentais envolvidos em sua mobilização no contexto da aprendizagem científica. O foco recai nos processos cognitivos representacionais que fundamentam o uso das múltiplas representações

enquanto ferramentas epistêmicas e comunicativas da aprendizagem científica.

2.4 PROCESSOS COGNITIVOS REPRESENTACIONAIS NA APRENDIZAGEM CIENTÍFICA

A aprendizagem de novos conceitos está intrinsecamente relacionada à forma como são representados e compreendidos. Como salientam Laború e Silva (2011), com base em Tytler *et al.* (2007), aprender um conceito científico exige, simultaneamente, saber como expressá-lo por meio de diferentes linguagens e compreender o significado das formas empregadas. A compreensão manifesta-se quando o aprendiz mobiliza conhecimentos dentro e fora do contexto de cada representação e estabelece conexões entre diferentes recursos semióticos.

Para isso, os estudantes precisam reconhecer os códigos e elementos significantes envolvidos, associá-los aos conceitos ou processos que representam, identificar seus atributos essenciais e selecionar, de forma intencional, os aspectos mais relevantes a serem destacados na construção de suas próprias produções representacionais ao re-representar o conceito científico (Ainsworth, 1999, 2006; Prain; Waldrup, 2006, 2010).

Essa competência representacional não se desenvolve de maneira espontânea nem desvinculada de contextos específicos de aprendizagem, pois os conceitos científicos não são apreendidos de forma direta ou intuitiva. Sua compreensão depende da mobilização de diferentes representações e da capacidade de interpretá-las, compará-las, transformá-las e produzi-las de modo preciso e contextualizado.

Enfrentar esse desafio requer que os alunos atuem sobre representações de modo reflexivo, em contextos que favoreçam a negociação, o refinamento e a consolidação dos significados. Para isso, é necessário oferecer oportunidades para que eles discutam, revisem e aprofundem suas interpretações sobre como os conceitos científicos são formulados e compreendidos (Prain; Waldrup, 2006).

Dessa maneira, as ações de tradução e integração constituem processos cognitivos centrais para que a aprendizagem seja efetivada. Aprender Ciência envolve interpretar, utilizar e transformar diferentes formas de representação. Prain e Waldrup (2006, p. 1846, tradução nossa) enfatizam que:

[...] os alunos devem compreender os códigos e os significantes em uma representação, entender as relações entre a representação e o conceito ou processo-alvo, traduzir características fundamentais do conceito entre diferentes representações e saber quais aspectos

ênfatizar ao elaborar suas próprias representações⁴.

Esses processos representacionais não só contemplam diferentes níveis de complexidade cognitiva, mas também compartilham o foco na construção ativa de significados por meio da mobilização de múltiplas representações. A seguir, discutimos os processos cognitivos representacionais com base em sua contribuição para a aprendizagem científica.

Prain e Waldrip (2006, p. 1846, tradução nossa) compreendem a tradução como a “capacidade de reconhecer ligações conceituais entre representações”⁵, como palavras, gráficos, diagramas, gestos ou modelos tridimensionais. Esse processo cognitivo consiste em identificar relações de significado entre formas distintas, como transformar um gráfico em uma descrição verbal e re-representá-lo na forma de equação. Esse processo é essencial para que o aluno estabeleça correspondências entre representações e compreenda suas equivalências conceituais. A tradução permite transpor significados de uma forma para outra, sendo essencial para o desenvolvimento de uma compreensão ampla do fenômeno estudado.

Por exemplo, ao observar uma tabela que mostra a variação da temperatura ao longo do dia, um estudante que elabora um gráfico em linhas e afirma que “a temperatura aumenta pela manhã, atinge o ponto mais alto no início da tarde e diminui no final do dia” revela ser capaz de traduzir informações da forma tabular para a gráfica. Nesse caso, não há ainda combinação simultânea de múltiplas formas representacionais, tampouco seleção estratégica entre formas concorrentes, aspectos que caracterizam a articulação representacional. A tradução, portanto, é uma competência basal que viabiliza o trânsito semiótico entre diferentes formas representacionais com a mesma informação. Para Dollin (2001), citado por Prain e Waldrip (2006, p. 1846, tradução nossa), “essa passagem de fronteira entre formas é essencial para o desenvolvimento de fortes entendimentos conceituais dos alunos”.

No entanto, a tradução pode ocorrer de forma superficial ou mecânica, especialmente quando o estudante se limita a reconhecer padrões formais ou a repetir transformações sem compreensão conceitual. Como observam Prain e Waldrip

⁴ “Students needed to be able to understand the codes and signifiers in a representation, to understand the links between the representation and the target concept or process, to translate key features of the concept across representations, and to know which features to emphasise in designing their own representations” (Prain; Waldrip, 2006, p. 1846).

⁵ “In this context, ‘translation’ means being able to recognise conceptual links between representations” (Prain; Waldrip, 2006, p. 1846).

(2006), em alguns casos, os estudantes são capazes de corrigir uma representação gráfica após intervenção do professor, mas o fazem apenas por cópia, sem demonstrar domínio dos princípios científicos envolvidos. Os autores destacam que “alguns alunos foram capazes, após serem instigados, de corrigir uma representação de um circuito [...], mas ainda precisaram copiar exatamente uma representação anterior, em vez de demonstrar compreensão dos conceitos subjacentes ao circuito”⁶ (Prain; Waldrip, 2006, p. 1857, tradução nossa). Esse tipo de tradução não assegura, por si só, a reconstrução efetiva dos significados e pode ocultar compreensões superficiais e criar uma falsa impressão de domínio conceitual.

A tradução representacional constitui uma condição necessária para a realização de processos mais complexos, assim como integrar representações (Ainsworth, 1999, 2002, 2006, 2014; Ainsworth *et al.*, 1997). Ainsworth (1999) indica essa relevância ao relatar o desempenho inferior de estudantes que interagiram com formatos mistos no ambiente CENTS (*Cognitive Effects of Notations and External Representational Systems*)⁷, e evidenciar que, apesar de compreenderem cada modo isoladamente, apresentaram dificuldades na combinação entre representações.

Dessa forma, quando os estudantes conseguem transitar entre modos e formas, articular suas funções e estabelecer relações conceituais entre múltiplas representações, criam condições para reconfigurar ativamente seus entendimentos científicos. É nesse contexto que emerge a re-representação, compreendida nesta pesquisa como um nível avançado de tradução. Ela é abordada por Prain e Waldrip (2006) como um processo central para a reestruturação conceitual, com base em estudos da Ciência cognitiva. Segundo os autores, a transformação do entendimento ocorre quando os estudantes produzem e reorganizam representações em diferentes formas, o que envolve explicitação linguística e reflexão metacognitiva sobre as próprias representações.

Fundamentados em Russell e McGuigan (2001) e na teoria de Karmiloff-Smith (1992), Prain e Waldrip (2006) compreendem a aprendizagem como uma transformação contínua do conhecimento, na qual os alunos não apenas traduzem ou integram representações, mas também transformam conceitualmente seus

⁶ “Some students were able, after prompting, to correct a representation of a circuit [...], but still had to copy exactly a past representation rather than indicate an understanding of the underlying concepts of a circuit” (Prain; Waldrip, 2006, p. 1857).

⁷ Ambiente de aprendizado projetado para ensinar e avaliar a compreensão dos alunos sobre estimativa computacional usando múltiplas representações.

entendimentos à medida que produzem e reelaboram múltiplas formas representacionais. Esse movimento envolve a recodificação conceitual e depende de mecanismos metacognitivos mediados por recursos linguísticos: “os alunos geram e transformam representações que são armazenadas em diferentes modalidades, com uma ‘explicitação’ metacognitiva mediada por processos linguísticos”⁸ (Prain; Waldrip, 2006, p. 1846, tradução nossa). Ela implica transformação conceitual efetiva e permite que o aluno revise suas compreensões conforme desenvolve novas formas de representar um mesmo conceito. Segundo Laburú e Silva (2011), essa etapa reflete o amadurecimento das competências representacionais e o desenvolvimento da autonomia intelectual na elaboração dos significados.

À luz das discussões apresentadas, a re-representação emerge como uma resposta necessária ao desafio representacional que caracteriza o ensino de Ciências, uma vez que “aprender Ciências é, necessariamente, um desafio representacional para os alunos, e eles precisam de uma variedade de contextos nos quais possam negociar e consolidar suas compreensões sobre como as ideias científicas são construídas e interpretadas”⁹ (Prain; Waldrip, 2006, p. 1865, tradução nossa). Assim, re-representar envolve recriar ativamente o entendimento por meio de novas formas que reorganizam, aprofundam e consolidam os significados conceituais.

Nesse contexto, a integração, entendida aqui como um processo cognitivo que envolve combinar, coordenar, articular e sustentar relações entre múltiplas representações, inclui tanto a associação simultânea de informações provenientes de linguagens distintas, como gráficos e explicações verbais, quanto o gerenciamento consciente da atenção para compor uma compreensão mais robusta de fenômenos científicos. Prain e Waldrip (2006) apontam que os estudantes devem ser capazes de compreender, integrar e reconstruir diferentes formas representacionais como evidência de aprendizagem, ou seja, as múltiplas representações se compõem cognitivamente de tradução, integração e re-representação.

Essa concepção ancora-se em uma compreensão discursiva e histórica da Ciência como uma prática intrinsecamente multimodal. A produção do conhecimento científico envolve a integração de diferentes sistemas semióticos, que cumprem

⁸ “Learners generate and transform representations which are stored in different modalities, with metacognitive ‘explication’ mediated by linguistic processes” (Prain; Waldrip, 2006, p. 1846).

⁹ “Learning science is necessarily a representational challenge for learners, and they need a variety of contexts in which to negotiate and consolidate their understandings of how scientific ideas are constructed and interpreted” (Prain; Waldrip, 2006, p. 1865).

funções específicas e complementares no raciocínio, na comunicação e na validação dos saberes científicos¹⁰ (Prain; Waldrup, 2006).

Essa perspectiva dialoga com os trabalhos de Lemke (2003, 2004), que concebem a linguagem da Ciência como um sistema multimodal no qual representações verbais, visuais, matemáticas e simbólicas atuam de forma coordenada na produção de significados.

Do ponto de vista cognitivo, a integração exige uma forma de pensamento reflexivo e coordenado, que permita ao aluno compreender o papel de cada modo de representação na construção conceitual. Isso envolve reconhecer quais aspectos do fenômeno cada modo enfatiza, oculta ou complementa. Essa exigência se manifesta no segundo estudo de caso apresentado por Prain e Waldrup (2006), no qual os alunos utilizaram gráficos, vídeos, modelos físicos e registros escritos para compreender fenômenos relacionados a colisões e segurança veicular. Segundo os autores, “esperava-se que os estudantes compreendessem conceitos-chave por meio de uma variedade de modos [...] e integrassem esses modos por meio de reflexão orientada”¹¹ (Prain; Waldrup, 2006, p. 1860, tradução nossa).

No entanto, os dados do estudo acima indicam que essa integração nem sempre ocorre de forma espontânea. Muitos alunos demonstraram dificuldade em relacionar formas distintas de representação, especialmente quando suas experiências prévias se mostraram desconectadas ou quando não foram suficientemente mediados para identificar os conceitos comuns entre os modos. Os autores relatam que “alguns estudantes enfrentaram dificuldades para ir além da identificação superficial de padrões em experiências ‘desconectadas’, rumo à compreensão de elementos conceituais-chave presentes em diferentes representações”¹² (Prain; Waldrup, 2006, p. 1864, tradução nossa). Em contrapartida, os discentes que conseguiram mobilizar diferentes representações de maneira articulada apresentaram compreensões mais sólidas e duradouras dos conceitos

¹⁰ “There is growing recognition that the discipline of science should be understood historically as the development and integration of multi-modal discourses [...] where different modes serve different needs in relation to recording and integrating various kinds of scientific inquiry and reasoning” (Prain; Waldrup, 2006, p. 1846).

¹¹ “Students were expected to make sense of key concepts across a range of modes [...] and integrating these modes through guided reflection” (Prain; Waldrup, 2006, p. 1860).

¹² “Some students struggled to move beyond superficial pattern identification across ‘disconnected’ experiences to an understanding of key conceptual elements within different representations” (Prain; Waldrup, 2006, p. 1864).

científicos.

Diante disso, a integração entre representações, assim como a tradução, exige mediação docente explícita, com foco no estabelecimento de relações conceituais entre os modos e na exploração intencional de seus recursos semióticos específicos. Mais do que favorecer a variedade de atividades, trata-se de engajar os alunos em processos metacognitivos e argumentativos que lhes permitam compreender como os conceitos científicos são construídos e expressos por meio da articulação entre diferentes sistemas simbólicos.

De forma complementar, mesmo que o termo “integração” não apareça de forma explícita em Ainsworth (1999), ele está subentendido na função *construct deeper understanding*, exemplificada por ambientes como o *FunctionProbe*, nos quais gráficos, equações e tabelas são disponibilizados simultaneamente para favorecer a construção coordenada de significados inter-relacionados. Esse trabalho com múltiplas representações demanda articulação entre modos distintos, com o objetivo de explicar conceitos, resolver problemas ou justificar hipóteses. Tal atividade implica combinar, de forma consciente, informações complementares ou redundantes distribuídas entre diferentes linguagens (Ainsworth, 1999, 2006; Prain; Waldrip, 2006).

A integração representacional também inclui o acompanhamento ativo de relações entre formas interdependentes, como ocorre em estudos sobre ambientes digitais com *dyna-linking*¹³, nos quais alterações em uma forma afetam diretamente outra (Ainsworth, 1999). Nesses casos, a integração demanda que o aluno reconheça relações funcionais entre representações, antecipe efeitos entre modos distintos e utilize essas relações para sustentar ou revisar explicações. Essa dinâmica amplia a profundidade conceitual ao explicitar conexões que, de outro modo, permaneceriam implícitas, e contribui para a redução da carga cognitiva (Ainsworth, 2002, 2006, 2014).

Diante do exposto, assumimos que os processos cognitivos de tradução e integração entre representações, conforme expostos por Prain e Waldrip (2006), não são equivalentes nem intercambiáveis, mas sim interdependentes e relacionados. Em síntese, a tradução constitui uma ação cognitiva necessária para a construção de significados, ao permitir que o aluno reconheça correspondências conceituais entre

¹³ *Dyna-linking* corresponde a vinculação dinâmica e automática entre representações em ambientes digitais.

múltiplas representações. Contudo, essa operação pode ocorrer de forma mecânica e superficial, sem que haja reorganização conceitual, sobretudo quando o foco está na forma e não na função epistêmica de cada modo.

Por outro lado, a integração demanda a coordenação intencional e funcional de múltiplas representações para promover a construção de significados mais elaborados e a internalização de práticas discursivas próprias da Ciência. Ao passo que a tradução pode ser vista como um passo inicial na aprendizagem por múltiplas representações, a integração se configura como um nível mais sofisticado de operação semiótica, essencial à consolidação da compreensão científica. Portanto, é a partir da transição da tradução para a integração efetiva entre modos que se caminha para a aprendizagem representacional plena, alinhada à natureza multimodal do conhecimento científico contemporâneo.

Apesar da relevância desses processos cognitivos, a literatura aponta diversos obstáculos significativos à sua consolidação no contexto da aprendizagem científica. Estudos indicam que os processos representacionais impõem altas exigências cognitivas aos estudantes. Segundo Prain e Waldrip (2006, p. 1846, tradução nossa), muitos alunos “não reconheceram a necessidade de traduzir entre os modos”¹⁴, o que indica que a tradução entre formas representacionais não ocorre de forma espontânea e requer a explicitação das relações conceituais envolvidas. No caso da integração, Ainsworth (2014, p. 660) adverte que, embora múltiplas representações tenham o potencial de promover uma aprendizagem mais rica, “não há garantia de que tal integração ocorrerá”, pois ela demanda esforço cognitivo substancial e condições pedagógicas apropriadas.

A integração entre formas representacionais, por sua vez, implica reconhecer aspectos relevantes em diferentes modos e estabelecer conexões funcionais entre eles. De acordo com Prain e Waldrip (2006, p. 1846, tradução nossa), estudantes com menor domínio conceitual “não conseguiram interpretar com precisão as representações ou resolver contradições em suas interpretações de diferentes modos”¹⁵. Tais evidências reforçam que os processos representacionais não ocorrem automaticamente, mas sim requerem intervenções sistemática e oportunidades

¹⁴ "Students with weaker conceptual knowledge failed to recognise the need to translate across modes." (Prain; Waldrip, 2006, p. 1846).

¹⁵ "[...] were unable to interpret representations accurately, or [...] unwilling to resolve contradictions in their interpretation of different modes" (Prain; Waldrip, 2006, p. 1846).

pedagógicas que favoreçam sua explicitação, articulação e refinamento.

Nesse sentido, os estudantes precisam de experiências contínuas e diversificadas com a construção de representações, a fim de compreender os propósitos, as funções e os critérios que orientam sua elaboração no discurso científico. Essa compreensão envolve reconhecer as potencialidades, as limitações e a seletividade de cada forma representacional ao abordar fenômenos complexos. Além disso, torna-se essencial desenvolver a capacidade de transitar entre diferentes modos, compreender sua articulação e explorar a diversidade modal como recurso para construir e comunicar conhecimentos. A consolidação dessas competências representa um desafio pedagógico e cognitivo amplamente reconhecido, cuja superação exige planejamento intencional e práticas formativas sistemáticas (Ainsworth; Tytler; Prain, 2020; Prain; Xu; Speldewinde, 2023; Prain; Waldrup, 2010).

Em síntese, traduzir e integrar constituem dimensões cognitivas fundamentais para a construção do conhecimento científico mediado por múltiplas representações. Esses processos não operam de modo linear ou isolado, mas sim se articulam de forma dinâmica, cumulativa e situada. A literatura analisada permite reconhecer que sua manifestação depende tanto das condições pedagógicas quanto da intervenção sistemática, que favorecem a explicitação e o refinamento dos significados construídos.

Os fundamentos teóricos discutidos neste capítulo orientam a análise empírica desenvolvida nesta pesquisa e subsidiam a elaboração do instrumento analítico apresentado no Capítulo 4, no qual se articulam os processos cognitivos representacionais aos indicadores de alfabetização científica. Na sequência, são discutidos aspectos conceituais e formativos da alfabetização científica.

3 ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA COMO EIXO FORMATIVO NA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

A educação científica constitui um elemento estruturante da formação de sujeitos capazes de interpretar criticamente a realidade e nela intervir de modo ético e fundamentado. A evolução dos currículos de Ciências mostra que sua organização da área tem respondido historicamente às transformações sociais e às exigências formativas impostas por diferentes contextos. Nesse processo, consolidam-se distintas perspectivas didáticas, entre as quais se destaca a alfabetização científica, orientada à construção de habilidades cognitivas necessárias para compreender fenômenos, analisar informações e tomar decisões embasadas.

Este capítulo discute os fundamentos, finalidades e implicações didáticas dessa perspectiva formativa, com foco em atividades voltadas à promoção da alfabetização científica no ensino de Ciências. A seguir, examinamos as demandas contemporâneas que justificam a centralidade da alfabetização científica como eixo articulador da formação dos estudantes.

3.1 DEMANDAS CONTEMPORÂNEAS DA EDUCAÇÃO CIENTÍFICA

Compreender as transformações socioculturais que afetam o modo como os sujeitos acessam, compartilham e validam informações é essencial para fundamentar as finalidades da alfabetização científica. A intensificação da circulação de dados e a rápida produção de conteúdos, impulsionadas pelas tecnologias digitais, não garantem, por si sós, nem a qualidade, nem a confiabilidade das informações disseminadas. A proliferação de *fake news*, pseudociências e discursos que deslegitimam o conhecimento científico compromete o desenvolvimento de habilidades cognitivas indispensáveis à análise crítica da realidade (Osborne *et al.*, 2022; Sasseron, 2024).

Essa situação tornou-se evidente durante a pandemia de Covid-19, que expôs, de modo contundente, os limites da compreensão pública da ciência. A ausência de noções básicas, aliada à disseminação de desinformação, favoreceu o avanço de discursos negacionistas e a consolidação de visões distorcidas sobre o fazer científico e sua função social (Reis, 2021). Esses eventos revelam a urgência de uma educação científica comprometida com a formação de estudantes capazes de avaliarem fontes

de informação, estabelecerem conexões entre conhecimentos e atuem com responsabilidade em situações reais e complexas.

Diante desse quadro, o saber científico deve ser compreendido como um instrumento de leitura do mundo e de intervenção responsável. Isso implica que o ensino de Ciências contribua para a constituição de uma cidadania crítica, orientada pela autonomia intelectual, pela argumentação qualificada e pelo compromisso ético. Krasilchik e Marandino (2007) reforçam que o ensino de Ciências deve estimular a conexão entre conhecimentos escolares e experiências de vida dos estudantes, promovendo uma formação que seja relevante e contextualizada, capaz de contribuir para a participação consciente em questões sociais, econômicas e ambientais. Nesse sentido, torna-se imprescindível que as práticas de alfabetização científica abordem não apenas os aspectos teóricos, mas também as dimensões culturais, éticas e sociais, de modo a sustentar posicionamentos fundamentados diante de problemas contemporâneos.

A alfabetização científica deve contribuir para a formação de cidadãos capazes de participar ativamente das questões sociais, econômicas e ambientais, promovendo uma postura crítica, ética e responsável em relação ao conhecimento científico e às suas implicações sociais (Krasilchik; Marandino, 2007). Essa compreensão é reiterada por Sasseron e Machado (2017) que enfatizam a importância de relacionar os conhecimentos escolares às experiências vividas pelos estudantes para que estes compreendam os fenômenos que os cercam e atuem diante deles de modo consciente e ético.

Nessa perspectiva, a alfabetização científica representa uma resposta formativa essencial, pois operacionaliza a articulação entre evidências, argumentos e decisões em contextos reais. Mais do que o domínio de conceitos e procedimentos, essa perspectiva pressupõe o envolvimento ativo dos estudantes com práticas, normas e valores que estruturam a atividade científica. Desse modo, promove o desenvolvimento de habilidades analíticas, argumentativas e críticas, necessárias à compreensão de fenômenos e à tomada de decisões fundamentadas em múltiplos contextos (Lorenzetti, 2016; Sasseron, 2024; Sasseron; Machado, 2017).

Para que esse horizonte se concretize na escola, é preciso criar condições didáticas que engajem os estudantes em práticas epistêmicas e discursivas próprias das ciências. As práticas ainda marcadas pela exposição e memorização de conteúdos dificultam essa construção, além de favorecerem o desinteresse dos

estudantes pelas carreiras científicas. Tytler e Osborne (2012) indicam que o distanciamento entre o currículo e a experiência percebida pelos alunos tem contribuído para posturas negativas em relação à ciência escolar.

Nessa direção, é necessário apresentar a ciência em seus modos próprios de produção, com foco em problematização, investigação e argumentação. A ciência, como construção histórica, provisória e socialmente situada, deve ser introduzida em sua dinamicidade, incerteza e relação constitutiva com os contextos socioculturais que a produzem. Nesse sentido, o ensino de Ciências deve favorecer aos estudantes a construção de pontos de vista próprios, sustentados por evidências e argumentos racionais, e fortalecer a capacidade de aprender a aprender (Lorenzetti, 2021; Pozo; Crespo, 2009; Sasseron; Carvalho, 2008; Sasseron; Machado, 2017). Portanto, torna-se fundamental fomentar, no ensino de Ciências, a construção de habilidades que sustentam a compreensão de temas científicos, tecnológicos e ambientais complexos (Teixeira, 2019).

Diante desse contexto, assumimos a alfabetização científica como uma perspectiva formativa. Para evitar ambiguidades e assegurar precisão conceitual, apresentamos, a seguir, alguns elementos do desenvolvimento histórico do termo e, em seguida, a concepção adotada, a fim de estabelecer as fronteiras de uso nesta pesquisa.

3.2 CONCEPÇÃO DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

O conceito de alfabetização científica tem sido objeto de diversas formulações desde a segunda metade do século XX. Paul Hurd é frequentemente citado como o primeiro autor a empregar o termo *scientific literacy*, o que ocorreu em sua obra *Science Literacy* (1958). Quarenta anos depois, em *Scientific literacy: new mind for a changing world* (1998), o autor retoma e aprofunda o debate, amplia o conceito ao discutir suas implicações sociais e educativas em um mundo em transformação.

Nesse trabalho, Hurd incorpora contribuições de filósofos, cientistas, instituições e formuladores de políticas para defender que o ensino de Ciências deve ultrapassar a simples exposição de conteúdos e orientar-se para a formação de sujeitos capazes de mobilizar o saber científico em situações concretas do cotidiano. A proposta de Hurd influenciou diferentes iniciativas educacionais e impulsionou o debate em torno da alfabetização científica em escala global.

Historicamente, a noção de alfabetização científica emergiu no cenário internacional a partir dos anos 1960, especialmente nos Estados Unidos, com ênfase nas implicações sociais da ciência (Bybee, 1995). Como destaca Lorenzetti (2016), os debates se ampliaram nas décadas seguintes e abordaram temas como a natureza da ciência, valores, habilidades investigativas, relações entre Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e o papel da ciência em decisões pessoais e sociais. Essas discussões consolidaram a alfabetização científica como meta educacional voltada à formação de sujeitos críticos e socialmente engajados, perspectiva que influenciou os desdobramentos posteriores no Brasil.

A partir da década de 1980, o termo passou a ser apropriado por diferentes países e passou a assumir significados diversos, nem sempre convergentes. No Brasil, a tradução do termo *literacy* gerou expressões como letramento científico, enculturação científica e alfabetização científica, as quais ainda suscitam debates conceituais. Apesar da diversidade terminológica, há consenso quanto à centralidade da formação cidadã. Trata-se de promover a apropriação crítica dos saberes científicos e sua aplicação em benefício da sociedade e do meio ambiente (Sasseron; Carvalho, 2011). Neste trabalho, adotamos a expressão “alfabetização científica”, em consonância com Chassot (2000), Sasseron e Carvalho (2008, 2011), Sasseron e Machado (2017) e Lorenzetti (2021). Essa escolha dialoga com a concepção freireana de alfabetização, segundo a qual “[...] a alfabetização é mais que o simples domínio psicológico e mecânico de técnicas de escrever e de ler. É o domínio destas técnicas em termos conscientes. [...] Implica numa autoformação de que possa resultar uma postura interferente do homem sobre seu contexto” (Freire, 1980, p. 111).

Além das formulações conceituais, é relevante considerar a trajetória da alfabetização científica no campo da Educação em Ciências, no Brasil. Segundo Lorenzetti (2016), as primeiras menções à temática ocorreram na década de 1990, mas foi a partir dos anos 2000 que o conceito ganhou centralidade nos estudos da área. Inicialmente, as pesquisas priorizavam os fundamentos teóricos e as formas de promoção da alfabetização científica com foco na atuação docente. Com o avanço dos estudos, especialmente após a proposição dos indicadores de alfabetização científica por Sasseron e Carvalho (2008), as investigações passaram a enfatizar a aprendizagem dos estudantes, com o objetivo de identificar como eles expressam a compreensão de conhecimentos científicos em diferentes contextos.

Esse movimento de consolidação teórica e metodológica se reflete na

crescente produção acadêmica apresentada nos Encontros Nacionais de Pesquisa em Educação em Ciências (Enpec), com destaque para áreas como alfabetização científica, abordagens CTS/CTSA, ensino de conceitos, linguagens e formação de professores. Essa dinâmica indica uma ampliação da compreensão da alfabetização científica como um processo permanente e contextualizado, promovido por diferentes metodologias e recursos didáticos, tanto em ambientes escolares quanto em ambientes não formais (Lorenzetti, 2016). O conceito tem sido progressivamente associado a práticas pedagógicas que colocam o estudante como protagonista na construção de significados, o que reforça sua articulação com a perspectiva sociointeracionista adotada neste trabalho.

Aplicada ao ensino de Ciências, essa perspectiva compreende o conhecimento científico como instrumento para a compreensão e transformação do mundo. Nessa direção, Sasseron e Machado (2017) afirmam que a alfabetização científica diz respeito ao ensino de Ciências, cujo objetivo é formar sujeitos capazes de resolver problemas cotidianos, mobilizando os saberes próprios das ciências e as metodologias de construção do conhecimento científico. Como decorrência, o estudante deve ser capaz de tomar decisões fundamentadas em situações que influenciam, direta ou indiretamente, sua vida e seu futuro.

Essa abordagem rompe com modelos centrados na memorização de conteúdos e propõe o ensino de Ciências como espaço de reflexão crítica, diálogo e negociação de significados. O sujeito alfabetizado cientificamente compreende como o conhecimento é produzido, validado e aplicado, e assim reconhece suas implicações sociais, ambientais e éticas.

No contexto de uma educação científica comprometida com a sustentabilidade, Zoller (2012) argumenta que uma formação significativa deve priorizar o desenvolvimento de habilidades cognitivas complexas, como o pensamento sistêmico avaliativo, a tomada de decisão e a resolução de problemas. Para o autor, essa transformação exige superar abordagens centradas na memorização de conteúdos e na aplicação mecânica de algoritmos. Essas abordagens desenvolvem apenas habilidades cognitivas de ordem inferior, denominadas *Lower-Order Cognitive Skills* ou LOCS. Em contraste, Zoller (2012) propõe práticas que favorecem o raciocínio crítico, a argumentação fundamentada e a atuação responsável em contextos abertos, complexos e interdisciplinares, associadas às *Higher-Order Cognitive Skills* ou HOCS.

Nesse sentido, Lorenzetti (2021) destaca um conjunto de habilidades cognitivas

que caracterizam a alfabetização científica, tais como a decodificação de símbolos, fatos e conceitos, a atribuição de significados, a interpretação de sequências de ideias ou eventos científicos, o estabelecimento de relações com outros conhecimentos e a reflexão crítica sobre o objeto de estudo, com base em julgamentos e posicionamentos fundamentados. Essa concepção ampliada de alfabetização científica é também assumida por Osborne *et al.* (2022) ao proporem como objetivo da educação científica a formação de “não especialistas competentes”. Essa categoria refere-se a sujeitos que, mesmo sem domínio técnico aprofundado, são capazes de julgar a confiabilidade de alegações, de saber, com base em critérios epistêmicos e sociais, o histórico da ciência, a revisão por pares, a ausência de vieses e o papel do consenso. Assim, a alfabetização científica ultrapassa a apropriação conceitual e assume uma função formativa voltada à análise crítica das fontes e à confiança reflexiva na ciência. Essa competência sustenta uma postura cidadã informada, essencial em tempos de incerteza e desinformação.

Sasseron (2024) define alfabetização científica como a perspectiva formativa do ensino de Ciências na qual os estudantes interagem com elementos, ações e normas da prática científica para analisar e compreender fenômenos e situações que envolvem as Ciências e, como decorrência, incorporam modos de pensar e agir científicos para sustentar tomadas de decisão, posicionamentos e ações locais e globais sobre temas de sua vivência. Essas competências dialogam com os atributos delineados por Fourez (1994), entre os quais se incluem: a utilização contextualizada de conceitos científicos; a integração de valores e responsabilidades nas decisões cotidianas; a compreensão da relação entre ciência, tecnologia e sociedade; o reconhecimento da ciência como atividade influenciada por transformações sociais; a familiaridade com conceitos e teorias aplicáveis a diferentes contextos; e a valorização da ciência como promotora do pensamento crítico e do avanço social. Também se destacam a compreensão do caráter provisório do conhecimento científico, a distinção entre dados e opiniões, a avaliação crítica das aplicações tecnológicas, a mobilização de saberes em processos decisórios e o reconhecimento da história da ciência e da tecnologia em seus contextos culturais.

Para sistematizar essas competências cognitivas no ensino de Ciências, adotamos referenciais que as organizam em dimensões complementares de atuação pedagógica. Nesse sentido, apresentamos, a seguir, os eixos estruturantes da alfabetização científica e os domínios do conhecimento científico, que oferecem base

conceitual sólida para compreender e planejar práticas formativas comprometidas com a alfabetização científica.

3.3 EIXOS ESTRUTURANTES DA ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Os eixos estruturantes da alfabetização científica foram propostos por Sasseron e Carvalho (2008) a partir de uma revisão bibliográfica que analisou diferentes definições propostas por diversos autores sobre o que seria necessário desenvolver ou avaliar para considerar alguém alfabetizado cientificamente. Esses eixos organizam as habilidades descritas na literatura em blocos conceituais que servem de base teórico-metodológica para o planejamento, a implementação e a avaliação de propostas pedagógicas voltadas à formação científica crítica e cidadã.

De acordo com as autoras, compreender termos, conhecimentos e conceitos científicos básicos que permitem entender as informações e as situações do cotidiano contempla o primeiro dos eixos estruturantes da alfabetização científica. Já o segundo eixo refere-se à compreensão da natureza da ciência e dos aspectos éticos e políticos que a norteiam, exigindo dos sujeitos a capacidade de analisar informações e situações à luz de seus contextos. E a compreensão das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente abrange o terceiro eixo, evidenciando a influência desses elementos na vida social e na construção de um futuro sustentável.

Nesta pesquisa, adota-se esse arcabouço para fundamentar as intervenções de ensino e orientar a análise da articulação entre práticas pedagógicas e a promoção da alfabetização científica.

A formulação original de Sasseron e Carvalho (2008), citada anteriormente, foi atualizada por Silva e Sasseron (2021). Essa atualização propõe que os três eixos sejam compreendidos à luz das demandas contemporâneas da educação científica, especialmente por meio da articulação com os quatro domínios do conhecimento científico (conceitual, epistêmico, material e social), definidos por Duschl (2008) e ampliados por Stroupe (2014). Para as autoras, a mobilização integrada desses domínios favorece a construção ativa, crítica e situada do conhecimento científico. Para compreender essa articulação, é necessário explicitar como cada domínio se configura.

Segundo Duschl (2008), o domínio conceitual do conhecimento científico abrange o corpo de conhecimentos produzidos pela comunidade científica, conceitos,

leis, teorias, e as ações cognitivas utilizadas para pensar na e sobre a ciência. O domínio epistêmico refere-se aos critérios e justificativas empregados para produzir, validar e revisar o conhecimento. O domínio social contempla os contextos e processos coletivos de construção do saber, envolvendo a argumentação e o compartilhamento de ideias. Posteriormente, Stroupe (2014) acrescenta o domínio material, relacionado aos instrumentos, tecnologias e inscrições que sustentam o trabalho científico.

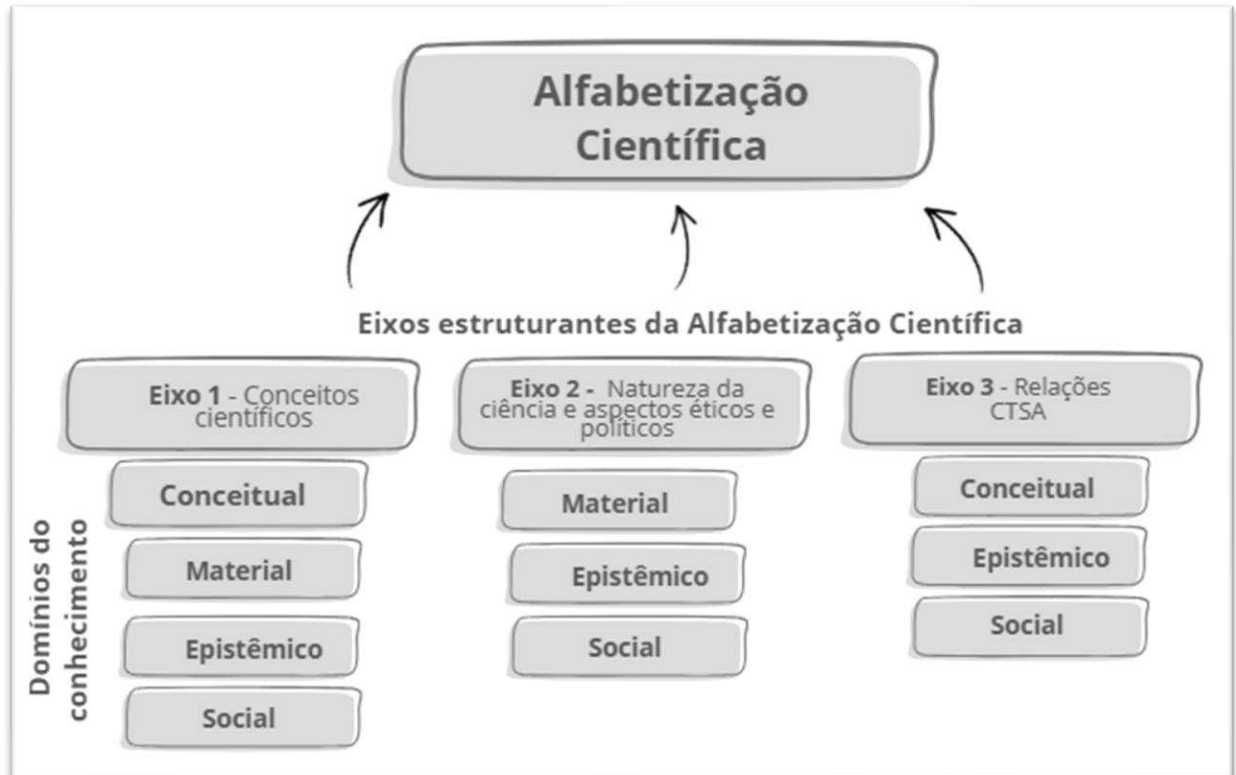
A articulação entre os eixos estruturantes da alfabetização científica e os domínios do conhecimento permite estabelecer uma correspondência entre o primeiro eixo, que prioriza a construção de uma compreensão inicial sobre termos, ideias e conceitos das Ciências, e o domínio conceitual, uma vez que este reúne os conhecimentos e estruturas explicativas fundamentais à interpretação de informações e fenômenos cotidianos. Embora eixo e domínio dialoguem diretamente, sua efetividade depende da integração com os demais domínios (epistêmico, material e social), de modo a evitar abordagens fragmentadas e favorecer reelaborações significativas em contextos investigativos. A síntese dessa articulação, evidenciando as relações entre os eixos estruturantes da alfabetização científica e os domínios do conhecimento, é apresentada no Quadro 2 e na Figura 1.

Quadro 2 - Articulação entre os eixos estruturantes da alfabetização científica e os domínios do conhecimento

Eixo estruturante da alfabetização científica	Domínios do conhecimento articulados
Eixo 1 - Compreensão dos conceitos científicos	Predomínio do conceitual integrado ao epistêmico, social e material
Eixo 2 - Compreensão da natureza da ciência e dos aspectos éticos e políticos	Epistêmico, social e material
Eixo 3 - Compreensão das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente	Conceitual, epistêmico e social

Fonte: Elaborado pela autora com base em Silva e Sasseron (2021).

Figura 1 – Relação entre eixos estruturantes e domínios do conhecimento na alfabetização científica



Fonte: Elaborado pela autora com base em Silva e Sasseron (2021).

Conforme evidenciado no Quadro 2 e na Figura 1, a efetividade da alfabetização científica requer que os eixos estruturantes sejam compreendidos em articulação com os diferentes domínios do conhecimento científico. Enquanto o primeiro eixo enfatiza a construção de uma compreensão conceitual dos fenômenos científicos, o segundo centra-se na inserção dos estudantes nas práticas científicas e na reflexão sobre os fatores éticos, políticos e metodológicos que envolvem a produção do conhecimento (Sasseron; Carvalho, 2008). Neste sentido, a mobilização dos domínios epistêmico, social e material torna-se necessária, por meio de atividades como experimentação, modelagem, análise de dados e argumentação, a fim de possibilitar que os estudantes compreendam como se estabelecem critérios de validade no conhecimento científico (Silva; Sasseron, 2021).

A conexão entre os domínios, essencial para a efetividade dos eixos estruturantes, também é destacada por Soares e Trivelato (2019), que analisaram propostas investigativas e identificaram a predominância do domínio epistêmico. As autoras alertam para a necessidade de integrar, de forma equilibrada, os domínios conceitual e social, como condição para sustentar práticas de ensino que favoreçam

a construção do conhecimento científico em sua complexidade.

Em continuidade, o terceiro eixo estruturante aprofunda a dimensão sociopolítica da alfabetização científica ao abordar a compreensão das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente. Para que esse eixo ultrapasse uma abordagem meramente expositiva, é necessário que promova o engajamento sociopolítico dos estudantes, articulando os domínios conceitual, epistêmico e social na análise de situações reais. Dessa forma, amplia-se a visão da ciência como atividade humana marcada por valores, interesses e compromissos com o bem comum.

Nessa perspectiva, Soares e Trivelato (2019) enfatizam que o domínio social se manifesta principalmente por meio de práticas de comunicação, argumentação e negociação de significados entre estudantes. Para as autoras, a qualidade dessas interações discursivas e o domínio da linguagem científica são aspectos decisivos para que o ensino investigativo favoreça a formação crítica e cidadã.

A análise integrada dos eixos estruturantes e dos domínios do conhecimento evidencia que estar alfabetizado cientificamente envolve mais do que saber conceitos, pois implica compreender os processos de produção do saber, mobilizar representações e ferramentas de modo crítico e dialogar com questões concretas do mundo. O ensino de Ciências deve possibilitar aos estudantes compreenderem a ciência como atividade humana situada, marcada por conflitos, incertezas e disputas de sentido. Espaços de diálogo, argumentação e negociação de significados contribuem para tornar a aprendizagem mais relevante e engajadora (Lorenzetti, 2021; Sasseron; Carvalho, 2008).

Diante disso, a ação docente comprometida com a alfabetização científica deve ser pautada nos fundamentos teóricos desta última. O ensino por investigação, adotado nesta pesquisa, constitui abordagem pedagógica promissora, pois promove o questionamento, o levantamento de hipóteses, a análise de evidências e a construção compartilhada de explicações. Essa dinâmica articula-se diretamente com os eixos estruturantes e com as competências necessárias à alfabetização científica, mostrando-se coerente com a proposta desta pesquisa de promover a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento científico. Sendo assim, os fundamentos dessa abordagem e suas contribuições para a formação científica são apresentados no capítulo referente à metodologia da pesquisa.

Após delinear a importância da articulação entre os eixos estruturantes da

alfabetização científica e os domínios do conhecimento para estruturar os momentos de ensino avançamos para a avaliação da alfabetização científica em sala de aula. Para isso, apresentamos os indicadores de alfabetização científica, que organizam evidências e orientam o acompanhamento da aprendizagem.

3.4 INDICADORES DE ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

A alfabetização científica não se restringe ao espaço escolar, mas a sala de aula que constitui um ambiente privilegiado para promover o engajamento dos estudantes com práticas e modos de pensar próprios das ciências (Silva; Lorenzetti, 2020). No escopo da avaliação formativa, os indicadores de alfabetização científica oferecem critérios observáveis para acompanhar trajetórias de aprendizagem. Assumimos a avaliação como processo único, contínuo e integrado às situações de sala de aula, voltado a auxiliar o ensino e sustentar a aprendizagem, e não como etapa classificatória. Nesse horizonte, acompanhamos não apenas os resultados, mas os caminhos percorridos, reconhecendo a diversidade de estratégias, interpretações e justificativas mobilizadas pelos estudantes. Como sintetizam Buriasco *et al.* (2009), trata-se de uma avaliação que valoriza trajetórias, abre espaço às diferenças e funciona como orientação para aprender, em vez de “meta” a ser atingida por si mesma.

No caso específico da alfabetização científica, essa perspectiva exige critérios claros para observar evidências em contextos autênticos. É nesse ponto que os indicadores de Sasseron e Carvalho (2008) se tornam centrais, pois delimitam o que observar, organizam as evidências produzidas em sala e orientam a interpretação das aprendizagens ao longo das atividades. Além disso, os indicadores explicitam os avanços obtidos pelos alunos e ressaltam sua posição de sujeitos do aprender. Ao mesmo tempo, fornecem ao professor evidências que orientam o aprimoramento da prática (Pizarro; Lopes Jr, 2016).

Adotam-se os indicadores de alfabetização científica de Sasseron e Carvalho (2008) como ferramenta analítica para acompanhar o desenvolvimento da alfabetização científica e subsidiar a mediação docente. Esses indicadores foram organizados pelas autoras em três dimensões principais: (i) indicadores relacionados ao trabalho com dados empíricos, (ii) indicadores associados à estruturação do pensamento e (iii) indicadores voltados à compreensão dos fenômenos analisados.

Cada uma dessas dimensões é especificada a seguir.

I - Indicadores relacionados ao trabalho direto com os dados empíricos: seriação da informação, organização da informação e classificação da informação

Seriação de informações - pode ser identificada quando os alunos organizam informações relacionadas a um tema de investigação, ou seja, há evidências de que os alunos estão estabelecendo conexões entre os dados, seja por meio de listas, sequências ou relações que ajudam a construir um entendimento mais sistemático do assunto. Por exemplo, durante uma discussão, os alunos são capazes de listar passos de um experimento ou categorizar observações, isso indica seriação.

Organização de informações - a organização ocorre quando os alunos tentam preparar ou agrupar dados que possuem sobre algum problema de investigação. Esse indicador pode ser identificado quando os educandos falam sobre o arranjo de suas ideias, relembram informações anteriores ou fazem referências a dados que já discutiram. Durante conversas, se um estudante cita uma informação anterior e a relaciona com novas descobertas, isso demonstra um nível de organização das informações.

Classificação de informações - é observado quando os alunos buscam categorizar características dos dados obtidos, ou seja, agrupar informações conforme critérios definidos. Pode ser evidenciado quando os estudantes tentam agrupar informações semelhantes, estabelecer hierarquias ou discutir quais critérios usam para classificar suas descobertas. Por exemplo, se eles falam sobre as características de diferentes espécies durante uma discussão, isso pode ser um indicativo de que estão desenvolvendo habilidades de classificação.

II - Indicadores relacionados à estruturação do pensamento e construção lógica das ideias: raciocínio lógico e raciocínio proporcional

Raciocínio lógico - este indicador se refere à coerência na exposição do pensamento. É evidenciado quando os alunos desenvolvem e apresentam suas ideias de maneira coerente e fundamentada. Algumas situações também indicam um pensamento lógico em ação, como: apresentar conexões entre ideias, estabelecer relações claras entre diferentes conceitos ou fatos durante as discussões, usar exemplos que conectam teoria à prática, empregar justificativa para sustentar afirmações ou conclusões, recorrer a estrutura argumentativa, com premissas seguidas por conclusões.

Raciocínio proporcional - evidenciado durante o estabelecimento de relações quantitativas entre variáveis, vincula-se à integração e aplicação de conhecimentos de forma correlacional. É um indicador presente em situações em que há comparações diretas entre dados, fenômenos ou grupos, ou proporções, como no exemplo: “se esta planta cresce 3 cm em uma semana, quantos centímetros ela crescerá em três semanas?”.

A análise de situações em que os estudantes discorrem sobre diferentes cenários e suas consequências, por exemplo, ao discutir os efeitos de variáveis em um experimento, a habilidade em prever e justificar resultados com base em proporções demonstra raciocínio proporcional, assim como discussões em que os estudantes identificam padrões nas informações que analisam e conseguem relatar essas descobertas. Isso reflete uma compreensão profunda das relações proporcionais que podem existir entre os dados.

III - Indicadores relacionados à procura pelo entendimento da situação analisada: levantamento de hipóteses, teste de hipóteses, justificativa, previsão e explicação

Levantamento de hipóteses - esse indicador se refere à capacidade dos alunos de propor suposições, explicações ou soluções para um problema e/ou fenômeno. Pode ser identificado durante a proposição de explicações em que os alunos formulam hipóteses sobre o que está acontecendo em um experimento ou fenômeno. Frases como “Eu acho que se fizermos isso, pode acontecer...” são exemplos claros de levantamento de hipóteses. Os questionamentos iniciais dos estudantes também são considerados indicadores, pois a presença de perguntas abertas que indicam a curiosidade e a vontade de entender a situação em análise são sinais de que estão envolvidos em um levantamento de hipóteses (Sasseron, 2008, p. 68).

Teste de hipóteses - esse indicador refere-se a validar ou refutar suposições mediante evidências, seja por meio da experimentação, das discussões sobre as evidências ou reflexões sobre os resultados. No primeiro caso, os alunos falam sobre como testaram suas hipóteses, mencionando experimentos ou atividades práticas realizadas, isso demonstra o teste ativo de suas suposições. Na segunda situação, os alunos discutem o que observaram, se suas hipóteses foram confirmadas ou não, e como isso se relaciona a seus entendimentos, isso indica um envolvimento no teste

de hipóteses.

Justificativa - contempla apresentar razões que sustentem uma afirmação. A justificativa refere-se à explanação do raciocínio que assevera as proposições feitas. É verificado quando os alunos apresentam os motivos, ou seja, eles tentam justificar suas respostas ou decisões com base em dados ou experiências passadas, e requer articular as razões que sustentam suas conclusões. Dados ou resultados de experimentos anteriores também podem ser usados para justificar suas afirmações.

Previsão - este indicador aparece quando os alunos fazem inferências sobre o que pode acontecer a partir de suas hipóteses e testes. Indicações de previsão podem ser observadas quando os alunos emitem expectativas futuras ao discutirem o que acreditam que ocorrerá se certas condições forem atendidas. Frases como “se a temperatura aumentar, então a reação vai acelerar” exemplificam esse raciocínio. Ao planejar experimentos e expressar o que esperam ver antes de realizar uma atividade também revela um pensamento preditivo.

Explicação - o indicador “explicação” envolve a capacidade dos alunos de articular as relações entre suas observações, hipóteses e os resultados obtidos. Pode ser identificado quando há conexão entre dados e teorias em situações como a que os alunos tentam relatar como suas observações se encaixam nas hipóteses levantadas e como isso pode explicar um fenômeno. O desenvolvimento de ideias fundamentadas nos princípios por trás do fenômeno e o modo como diferentes fatores se inter-relacionam demonstram uma compreensão de nível superior e uma capacidade de explicação elaborada.

No Quadro 3, apresentamos as descrições sintetizadas dos indicadores de alfabetização científica utilizados na análise dos dados.

Quadro 3 – Indicadores de alfabetização científica e aspectos observáveis para a análise dos dados

Indicador	Descrição	Aspectos observáveis
Seriação de informações	Relaciona-se ao trabalho com os dados obtidos em uma investigação. Não prevê, necessariamente, uma ordem a ser estabelecida, mas pode ser uma lista ou relação de dados.	Enumeração sequencial de dados, exemplos ou características, sem hierarquia explícita, derivada das observações realizadas ou das informações apresentadas no contexto da atividade.
Organização de informações	Pode surgir ao propor um tema ou durante a retomada de uma questão, pois se caracteriza por mostrar um arranjo para informações novas ou já elencadas anteriormente.	Recuperação e reorganização de informações disponíveis ou recém-introduzidas ao contexto da atividade, com incorporação de novos dados ao conjunto em discussão, de modo a estabelecer relações e conferir coerência ao que foi produzido.
Classificação de informações	Emerge no momento de ordenação dos elementos com os quais se está trabalhando procurando uma relação entre eles.	Agrupamento de elementos em grupos ou classes a partir de critérios explícitos ou implicitamente mobilizados, com distinção progressiva de semelhanças e diferenças entre os grupos.
Raciocínio lógico	Concerne ao modo como as ideias são desenvolvidas e apresentadas. Está diretamente relacionado à forma como o pensamento é exposto.	Encadeamento coerente de ideias, com relações explícitas ou emergentes entre proposições e conclusões, apoiado por conexões de causa, condição ou inferência.
Raciocínio proporcional	Assim como o anterior, preocupa-se com a estruturação do pensamento, mas, neste caso, refere-se às relações das variáveis entre si, ilustrando a interdependência que pode existir entre elas.	Relação proporcional entre variáveis, com comparação de grandezas e indicação de interdependência, de modo a prever efeitos de variação entre elas.
	Aponta instantes em que são alçadas suposições acerca de certo tema.	Formulação de suposições explicativas ou preditivas sobre

Levantamento de hipótese		um fenômeno, ancoradas em observações, informações disponíveis ou conhecimentos prévios.
Teste de hipótese	Refere-se às etapas em que se coloca à prova as suposições anteriormente levantadas. Pode ocorrer tanto na manipulação direta de objetos quanto no nível das ideias (atividades de pensamento baseadas em conhecimentos anteriores).	Verificação de hipótese previamente formulada, por confronto com dados, observações ou raciocínio no plano das ideias, com base em conhecimentos anteriores.
Justificativa	Aparece quando, em uma afirmação qualquer, lança-se mão de uma garantia para o que é proposto; isso faz com que a afirmação ganhe aval, tornando mais segura.	Sustentação de uma afirmação por meio de razões, evidências ou critérios que funcionam como garantia do que foi proposto.
Previsão	É explicitada quando se afirma uma ação e/ou fenômeno que sucede em associação com certos acontecimentos.	Antecipação de um resultado ou acontecimento futuro, a partir de condições indicadas, com explicitação da relação entre evento e consequência esperada.
Explicação	Surge quando se busca relacionar informações e hipóteses já levantadas. Normalmente a explicação sucede uma justificativa para o problema, mas é possível encontrar explicações que não se recebem essas garantias.	Articulação de informações, dados ou hipóteses para construir uma interpretação do fenômeno, com estabelecimento de relações de causa, mecanismo ou condição, de modo a tornar compreensível o que ocorreu.

Fonte: Elaborado pela autora com base em Sasseron e Carvalho (2008)

Esses indicadores não devem ser compreendidos como uma lista rígida de parâmetros, mas como pistas para interpretar processos cognitivos e discursivos em contextos reais de aprendizagem. Sua identificação contribui tanto para o planejamento quanto para a avaliação de atividades didáticas voltadas à alfabetização científica.

É importante destacar que a alfabetização científica não ocorre de maneira linear. Trata-se de um processo contínuo, cumulativo e situado, que exige do professor

sensibilidade para ajustar o planejamento e as estratégias metodológicas conforme as necessidades e avanços dos estudantes. A utilização dos indicadores permite acompanhar esse percurso e oferece subsídios para aprimorar as intervenções pedagógicas.

Considerando esse alinhamento conceitual e a natureza processual da aprendizagem, os indicadores oferecem parâmetros para a análise de episódios de sala de aula em que os estudantes constroem significados progressivamente, ainda que não apresentem respostas completas e padronizadas. Segundo Pizarro e Lopes Jr. (2016), as investigações sobre os indicadores agrupam-se em três frentes. A primeira reúne estudos que focalizam habilidades dos alunos, incluindo processos cognitivos, leitura de ciência em diferentes suportes e escrita para registrar e tratar dados de atividades e experimentos. A segunda destaca a argumentação como eixo formativo próprio, pois exige condições de fala, cultura de debate e mediação docente sistemática para que o educando sustente, confronte e refine posições ao longo do tempo. A terceira enfatiza as implicações sociais da aprendizagem científica, articulando escola e vida cotidiana com participação crítica em temas como meio ambiente, saúde, bem-estar e tecnologia, de modo a dar sentido ao que se aprende e a orientar ações cidadãs.

No contexto brasileiro, os indicadores de alfabetização científica se consolidaram como instrumento para acompanhar o desenvolvimento da alfabetização científica (Lorenzetti, 2021; Pizarro; Lopes Jr, 2016; Sasseron; Carvalho, 2008). Também apresentam ampla aplicação em pesquisas sobre o ensino de Ciências na Educação Básica, o que favorece o diálogo entre investigações e fortalece um campo comprometido com a formação crítica e autônoma dos estudantes.

Com esse enquadramento, apresentamos sínteses de resultados recentes com indicadores de alfabetização científica nos anos iniciais, nos anos finais e em um clube de Ciências. Em seguida, detalhamos os indicadores conforme Sasseron e Carvalho (2008).

Em termos de contribuições empíricas, destacamos os resultados nos anos iniciais, na temática “água”. Trabalhos com estudantes dos anos iniciais mostram que a combinação de indicadores de alfabetização científica e mapas conceituais permite rastrear progressões explicativas e argumentativas em sequências didáticas baseadas nos três momentos pedagógicos. As atividades concretizaram habilidades ligadas à alfabetização científica e reforçaram o papel da escola em iniciar esse

processo desde cedo. Emergiram praticamente todos os indicadores, com destaque para seriação, organização e classificação (obtenção e ordenação de dados), raciocínio lógico, levantamento, teste e justificativa de hipóteses, previsão e explicação. A combinação entre os três momentos e os mapas mostrou-se efetiva para promover os indicadores, desde que o docente domine o conteúdo, os pressupostos da alfabetização científica, os fundamentos dos mapas conceituais e o próprio referencial dos três momentos (Silva; Lorenzetti, 2020).

Nos anos finais, Medeiros (2016) mostrou, em aula experimental de abordagem investigativa com turma de sétimo ano sobre fotossíntese e respiração celular, que os indicadores de alfabetização científica emergem e se distribuem pelas etapas da atividade, mas dependem fortemente da estruturação docente. O estudo incorporou o indicador procedimental “aquisição de dados” (Penha; Carvalho; Vianna, 2009 *apud* Medeiros, 2016) e propôs o indicador inédito “constatação” para captar consensos iniciais construídos na manipulação experimental. Evidenciou, ainda, que noções interdisciplinares bem trabalhadas são decisivas para a resolução do problema investigativo.

No mesmo segmento de ensino, a sequência didática investigativa de Grandi (2016) articulou trabalho de campo, júri simulado e produção escrita com estudantes do sexto ano. O estudo mapeou indicadores e subindicadores em cada atividade, registrou valores atribuídos à biodiversidade e evidenciou a integração dos âmbitos procedimental, conceitual e axiológico, mostrando que a conexão entre atividades potencializa o desenvolvimento contínuo das habilidades do fazer científico.

Em Astronomia, Borges (2023) documenta um curso investigativo no nono ano e contribui ao identificar e categorizar indicadores de alfabetização científica emergentes. Apresenta evidências de progressão desses indicadores, com destaque para argumentação, raciocínio lógico e pensamento científico, apoiado em procedimento de análise replicável baseado em Análise de Conteúdo de gravações, transcrições e diário de campo.

Em ambiente não formal, no Clube de Ciências, a classificação das perguntas dos professores monitores e o mapeamento dos indicadores de alfabetização científica mostraram que tipos distintos de perguntas favorecem indicadores específicos. Por exemplo, perguntas de especulação (“E se...?”, “O que aconteceria se...?”) colaboraram para o levantamento e o teste de hipóteses; perguntas orientadas a dados (“O que esta observação mostra?”) sustentaram a organização e a

classificação das informações, preparando explicações e justificativas. Observou-se predominância de organização de informações e levantamento de hipóteses, além de registros de seriação, classificação, raciocínio proporcional e lógico, teste de hipóteses, previsão, explicação e justificativa. A etapa “escrever e desenhar” em formato de história em quadrinhos concentrou o maior número de indicadores e mostrou eficácia para ampliar classificação, raciocínio proporcional, previsões, explicações e justificativas (Barbosa; Malheiro, 2020). Esses resultados reforçam a centralidade da mediação docente, pois a intencionalidade e a qualidade da pergunta orientam a emergência e a manutenção dos indicadores de alfabetização científica ao longo das fases da investigação.

De forma ampliada, o trabalho de Lorenzetti (2023) discute a promoção da Alfabetização Científica e Tecnológica no contexto escolar a partir da análise de sete dissertações sob sua orientação. No artigo, ratifica-se os indicadores propostos por Sasseron e Carvalho (2008) como referencial analítico consolidado para a leitura de episódios de sala. Argumenta-se que os indicadores de alfabetização científica, embora formulados nos anos iniciais, são úteis também no Ensino Médio, inclusive na análise de materiais do PNLD, integrando a taxonomia de Pizarro e Lopes Jr. (2016). Enfatiza-se, por fim, que a emergência e o refinamento dos indicadores dependem da mediação docente intencional, mesmo quando os materiais já apresentam atividades com potencial para indicadores.

Diante do exposto, é fundamental que o ambiente de aprendizagem estimule a curiosidade, o diálogo, a investigação e a aplicação crítica do conhecimento científico. Estabelecer conexões entre os conteúdos escolares e situações do cotidiano favorece o engajamento dos estudantes e fortalece sua alfabetização científica. Quando os alunos reconhecem a ciência como parte integrante de suas vidas, a aprendizagem adquire sentido, e os indicadores tornam-se evidências legítimas de um processo formativo em curso.

O presente capítulo apresentou os fundamentos teóricos, formativos e analíticos da alfabetização científica ao destacar sua origem histórica, os compromissos críticos e sociais que a sustentam, os eixos estruturantes que orientam sua promoção no ensino de Ciências e os indicadores que permitem observar sua emergência em contextos escolares. A abordagem adotada compreende a alfabetização científica como uma perspectiva formativa que exige a mobilização de competências cognitivas e epistêmicas em situações concretas de investigação,

diálogo e aplicação do conhecimento.

Para que essa concepção se materialize na prática pedagógica, é necessário estabelecer conexões entre os diferentes eixos teóricos que fundamentam esta pesquisa: a semiótica como base interpretativa e comunicativa, as múltiplas representações como mediadoras do pensamento e da aprendizagem científica, e o ensino por investigação como abordagem que favorece o engajamento dos estudantes com a construção e aplicação do saber científico. No capítulo seguinte, discutiremos de forma articulada como esses três referenciais se complementam e convergem para sustentar práticas educativas orientadas à formação crítica, ao protagonismo estudantil e à promoção da alfabetização científica no ensino de Ciências.

4 ARTICULAÇÃO ENTRE OS EIXOS TEÓRICOS DA TESE

O presente capítulo tem por objetivo articular os eixos teóricos abordados anteriormente, os quais fundamentam e orientam o estudo. Vale lembrar que o problema de pesquisa, formulado a partir da lacuna identificada na literatura em diálogo com inquietações oriundas da prática docente e das reflexões desenvolvidas ao longo das disciplinas cursadas na pós-graduação, refere-se ao papel desempenhado pelas múltiplas representações na emergência de indicadores de alfabetização científica pelos estudantes em ocorrências reais de sala de aula. Em consonância com essa questão, o objetivo geral do estudo consiste em investigar a contribuição da mobilização de múltiplas representações no ensino e aprendizagem em Ciências, com foco na emergência de indicadores de alfabetização científica pelos estudantes.

Para alcançar esse objetivo geral, a pesquisa desdobra-se nos seguintes objetivos específicos:

- a) propor a construção de um instrumento analítico dos processos cognitivos representacionais;
- b) evidenciar a mobilização de múltiplas representações em momentos de ensino em ocorrências reais de sala de aula;
- c) identificar indicadores de alfabetização científica produzidos pelos estudantes;
- d) analisar as relações entre os indicadores de alfabetização científica e os processos cognitivos representacionais;
- e) examinar indícios de autonomia discente associados à mobilização representacional.

A presente pesquisa adota um enfoque cognitivista, no qual os processos de ensino e aprendizagem são compreendidos como fenômenos mediados simbolicamente. Nessa perspectiva, a semiótica aplicada à educação científica assume papel central como referencial teórico para compreender a dinâmica comunicacional pela qual os significados são construídos, internalizados e compartilhados no contexto escolar, uma vez que o acesso ao conhecimento científico ocorre por meio de sistemas simbólicos culturalmente constituídos. Essa centralidade justifica a apresentação e o aprofundamento dos fundamentos da semiótica aplicada à educação científica, desenvolvidos no Capítulo 1 desta tese.

Nessa direção, essa concepção dialoga diretamente com a vertente psicológica proposta por Vygotsky, que compreende o ser humano como um sujeito social e histórico, cujos processos psicológicos se desenvolvem a partir das interações com o ambiente e com os produtos culturais que mediam essa relação (Oliveira, 1993). O conhecimento não se elabora de forma individual ou isolada, mas se constitui pela apropriação de saberes historicamente produzidos e socialmente partilhados (Duarte, 1996). Essa compreensão sustenta os momentos de ensino da pesquisa, nos quais se privilegiam atividades em grupo, apresentações coletivas e situações que fomentam interações dialógicas, em consonância com a perspectiva sociointeracionista adotada.

O ponto central dessa abordagem reside na noção de mediação simbólica, segundo a qual as funções mentais superiores não emergem diretamente das interações sociais, mas resultam de processos mediados por signos, que reorganizam qualitativamente funções como abstração, memória, raciocínio lógico e atenção voluntária (Vygotsky, 1988; Laburú; Silva; Camargo, 2021). O desenvolvimento das funções psicológicas superiores depende da interiorização progressiva dos sistemas simbólicos culturalmente produzidos, processo que se inicia no plano social e se transforma em função interna do sujeito (Vygotsky, 1988). Como destaca Moreira (1999), quanto maior o uso de signos, mais profundas se tornam as operações psicológicas que o indivíduo é capaz de realizar.

Nesse sentido, os signos exercem uma dupla função: atuam como ferramentas cognitivas que apoiam o pensamento e, simultaneamente, moldam a forma como o sujeito compreende e interage com o mundo. Linguagem e pensamento constituem-se como processos interdependentes, mediados por signos, que possibilitam o desenvolvimento da consciência (Driver *et al.*, 1994; Freitas, 1995; Oliveira, 1993). A mediação simbólica torna possível operar com abstrações, representar situações ausentes, planejar ações e refletir sobre elas, características fundamentais da atividade científica. Sem a estabilização de signos culturais compartilhados, não se tornaria possível desenvolver formas superiores de cognição, tampouco constituir a própria ciência (Husserl *apud* Fidalgo, 1998; Kubli, 2005).

Diante disso, a semiótica aplicada à educação científica constitui um referencial teórico central nesta pesquisa, ao permitir analisar os processos de ensino e aprendizagem em Ciências como práticas comunicativas complexas, estruturadas pela mediação simbólica realizada por signos culturalmente compartilhados. Esse

aporte possibilita examinar os processos de produção, negociação e estabilização de sentidos científicos nas interações de sala de aula, ao mesmo tempo em que fornece subsídios teóricos e metodológicos para a organização discursiva, o planejamento do ensino e o uso intencional de múltiplas representações, especialmente em contextos nos quais a multimodalidade constitui elemento estruturante da aprendizagem científica (Laburú; Silva; Camargo Filho, 2021; Lemke, 1998; Santaella, 2005).

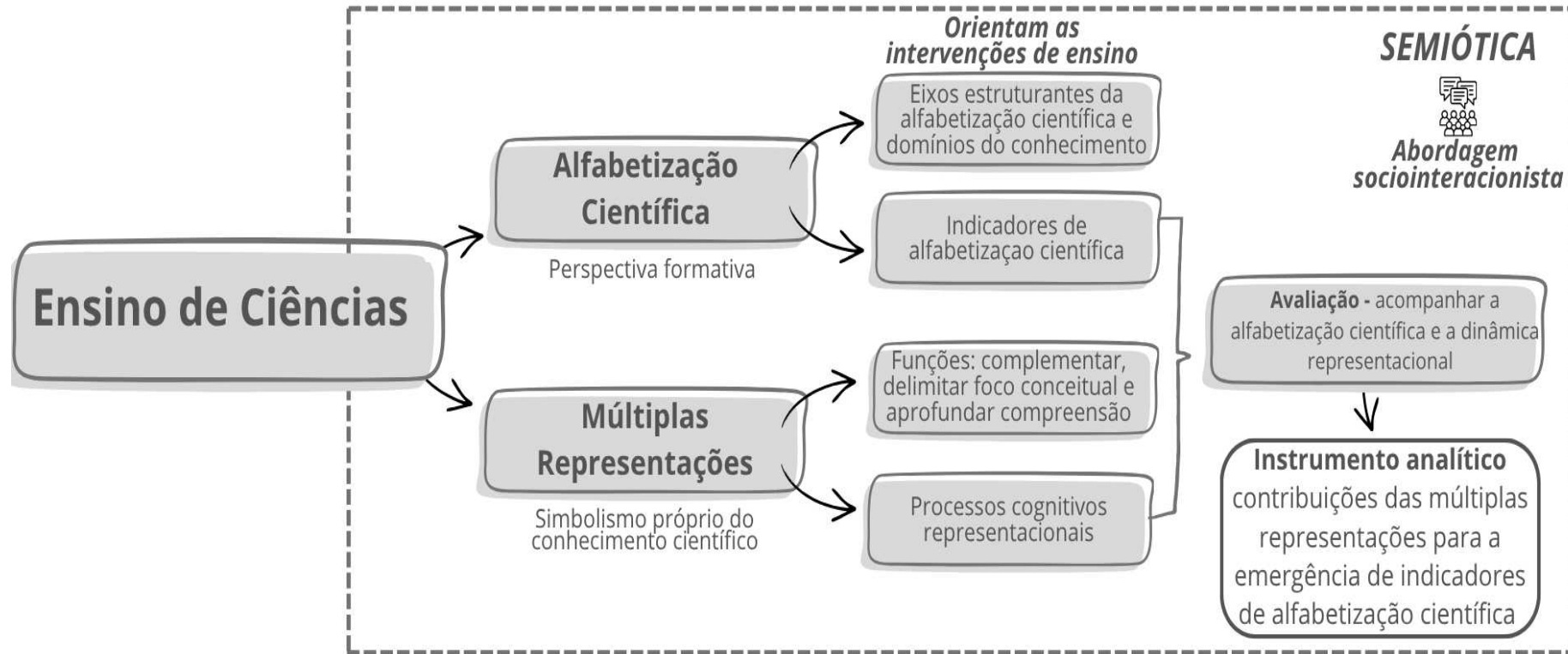
Essa centralidade ancora-se no fato de que a linguagem científica, por se estruturar por meio de múltiplos signos e sistemas de codificação, exige competências representacionais específicas, o que torna indispensável um ensino de Ciências fundamentado na multimodalidade. O conhecimento científico organiza-se a partir de códigos e convenções próprias, de modo que a aprendizagem requer o domínio e a articulação de diferentes sistemas simbólicos, o que caracteriza a aprendizagem científica como um desafio eminentemente representacional. Frente a essa relevância, os fundamentos teóricos das múltiplas representações no ensino de Ciências são aprofundados no Capítulo 2.

Retoma-se que a alfabetização científica é entendida aqui como processo permanente, situado e plural, sustentado por metodologias e recursos que extrapolam a sala de aula e alcançam contextos não formais (Lorenzetti, 2016). Nessa chave, o estudante ocupa posição de protagonista na construção de significados, em consonância com a perspectiva sociointeracionista adotada nesta tese. Aplicada ao ensino de Ciências, essa visão toma o conhecimento científico como instrumento de compreensão e transformação do mundo: formar sujeitos que problematizam situações do cotidiano, decidem com base em evidências e mobilizam modos de pensar e agir próprios da ciência (Sasseron; Machado, 2017). Trata-se, portanto, de um movimento que rompe com modelos transmissivos e valoriza reflexão crítica, o diálogo e a negociação de sentidos, incluindo dimensões sociais, ambientais e éticas da ciência.

Nesse sentido, a alfabetização científica é assumida como uma perspectiva formativa que orienta o ensino de Ciências, sendo articulada, nesta pesquisa, ao uso de múltiplas representações, de modo a integrar a dimensão simbólica da linguagem científica à formação crítica dos estudantes. Os fundamentos teóricos da alfabetização científica e suas implicações para o ensino de Ciências são explicitados no Capítulo 3.

Considerando a relevância das múltiplas representações e da alfabetização científica para o ensino de Ciências, tais referenciais são articulados com vistas à sua transposição para situações de sala de aula. A Figura 2 sintetiza a integração dos referenciais teóricos que orientaram as intervenções de ensino.

Figura 2 - Integração entre alfabetização científica e múltiplas representações no ensino de Ciências



Vale lembrar que a literatura recente do ensino de Ciências destaca o papel central das representações na aprendizagem, em consonância com a exigência de domínio dos sistemas simbólicos do conhecimento científico e de estratégias de interações discursiva qualificada. O conhecimento científico não se limita à linguagem verbal; constitui-se e circula por meio de gráficos, diagramas, modelos, equações, gestos e imagens, entre outras formas (Ainsworth, 1999, 2006; Lemke, 1998; Laburú; Silva, 2011; Prain; Waldrup, 2006). Essa pluralidade multimodal é constitutiva do discurso científico e relaciona-se ao desenvolvimento do pensamento abstrato, da argumentação e da alfabetização científica.

A partir dessa compreensão, evidencia-se que a aprendizagem conceitual depende da coordenação entre modos representacionais. Estudos mostram que os estudantes avançam quando reconhecem as finalidades e os limites de cada forma e conseguem articulá-las de modo intencional (Laburú; Silva, 2011; Lemke, 2003; Prain; Waldrup, 2006, 2010).

Diante disso, destaca-se que a fluência representacional requer mediação docente qualificada, voltada à negociação de significados e à seleção e coordenação de recursos, tais como imagens, esquemas, modelos 3D, linguagem oral e escrita (Ainsworth, 2006; Ainsworth; Tytler; Prain, 2020; Tytler; Prain; Peterson, 2007). Avançando nessa articulação, o fundamento semiótico reforça esse quadro, uma vez que, em sala de aula, múltiplos signos sustentam e transformam os sentidos nas interações.

Nessa direção, a fim de articular os referenciais teóricos, as atividades didáticas fundamentam-se nos referenciais das múltiplas representações e da alfabetização. Para a avaliação processual e contínua, respaldou-se nos indicadores de alfabetização científica propostos por Sasseron e Carvalho (2008), discutidos na Seção 3.4, e nos processos cognitivos representacionais apresentados na Seção 2.4. Conforme mencionado anteriormente, o uso concomitante desses referenciais permite investigar o papel das múltiplas representações na construção desses indicadores formativos.

Nesse contexto, esses indicadores são adotados como ferramenta analítica para a leitura da aprendizagem em contextos reais de ensino, o que possibilita acompanhar a alfabetização científica como um processo não linear, cumulativo e situado, que se manifesta de forma progressiva nas interações discursivas e nas ações dos estudantes, inclusive em situações nas quais as respostas não se

apresentam de modo completo ou padronizado.

Com ampla aplicação em pesquisas na educação básica, os indicadores fortalecem o diálogo entre investigações da área de ensino de Ciências e subsidiam tanto o planejamento quanto a avaliação de propostas didáticas (Sasseron; Carvalho, 2008). Longe de constituírem uma lista rígida ou prescritiva, funcionam como pistas analíticas que permitem interpretar processos cognitivos e discursivos mobilizados pelos estudantes em contextos autênticos de sala de aula.

Para complementar o processo avaliativo e responder ao problema de pesquisa, propõe-se um instrumento analítico, apresentado a seguir, destinado a acompanhar a dinâmica representacional ao longo dos momentos de ensino e sua relação com a emergência dos indicadores analisados.

O instrumento analítico, fundamentado nos processos cognitivos representacionais, tem por objetivo acompanhar a dinâmica representacional e evidenciar momentos de mobilização das representações, nos quais o estudante traduz, integra e re-representa. Essas evidências, articuladas aos indicadores de alfabetização científica, permitem interpretar indícios de aprendizagem mediada por múltiplas representações e examinar as ações cognitivas dos estudantes no percurso da alfabetização científica.

Neste estudo, entende-se por dinâmica representacional a mobilização de representações por meio dos processos de tradução, coordenação e/ou re-representação, orientados à interpretação e à elaboração de significados científicos. Essa mobilização pode ocorrer de modo *Dependente* ou *Independente* da mediação docente, conforme as intervenções realizadas durante os momentos de ensino. A progressão desses movimentos ao longo das interações evidencia o desenvolvimento da fluência representacional dos estudantes, aspecto central para a análise da aprendizagem científica mediada por múltiplas representações.

Assim, a articulação entre os processos representacionais e os indicadores de alfabetização científica torna observável a aprendizagem científica em contextos reais de ensino. À medida que os estudantes coordenam, transformam e produzem representações de modo intencional, emergem evidências de organização de informações, seriação, classificação, raciocínios lógico e proporcional, explicação e justificativa, entre outras, que sinalizam o avanço formativo e permitem compreender como a mobilização de múltiplas representações favorece a alfabetização científica.

O instrumento analítico que acompanha a mobilização de múltiplas

representações durante os momentos de ensino foi elaborado com base nas contribuições de Ainsworth (1999, 2006, 2014), Prain e Waldrip (2006) e Waldrip, Prain e Carolan (2006). Esses processos, de tradução, integração e re-representação foram operacionalizados como categorias de análise para identificar e interpretar evidências de aprendizagem científica mediada por múltiplas representações. Assim como esses autores, reconhecemos que tais processos não ocorrem de forma isolada; eles se desenvolvem de maneira progressiva, entrelaçada e cumulativa. Essa característica foi observada nos dados analisados, em que as fronteiras entre esses processos aparecem de forma sutil e, por vezes, sobreposta. As produções dos estudantes, ao transitar entre modos verbais e visuais ou ao combinar múltiplos elementos em estruturas organizadas, revelam indícios de que esse movimento ocorreu de maneira integrada.

Parte-se da compreensão de que a aprendizagem científica requer o desenvolvimento de competências representacionais progressivamente mais elaboradas, construídas de forma gradativa. À medida que os estudantes ampliam sua capacidade de interpretar, relacionar e produzir representações com intencionalidade comunicativa, torna-se possível identificar diferentes níveis de complexidade cognitiva nesse processo. Essa concepção fundamenta-se nos trabalhos de Prain e Waldrip (2006), que investigaram como os estudantes operam cognitivamente com representações, e no de Ainsworth (2006), que argumenta que a compreensão científica depende da capacidade de o aluno compreender cada representação, relacioná-la e usá-la produtivamente. Também contribuem para essa abordagem os estudos de Tytler, Prain e Peterson (2007), que mostram fluência representacional na aprendizagem conceitual, e as investigações de Laború e Silva (2011), que destacam a importância da mobilização coordenada de representações no desenvolvimento da significação científica.

Nesse sentido, os processos cognitivos envolvidos no uso de múltiplas representações foram organizados, para fins de análise dos dados, em dois níveis progressivos de complexidade. Essa opção constitui uma decisão metodológica, não explicitada nos textos dos autores consultados, mas fundamentada em suas contribuições teóricas. Além disso, quando a mobilização é constatada nas falas ou produções, avaliamos se ocorre de maneira *Dependente* ou *Independente* da intervenção docente, com o intuito de observar o desenvolvimento da autonomia representacional dos estudantes. O objetivo é permitir acompanhar a alfabetização

científica evidenciada nas ações dos estudantes ao mobilizar diferentes representações no ensino de Ciências.

O *Nível I* corresponde ao nível básico e contempla o processo cognitivo mais elementar, a tradução. Refere-se à troca de forma representacional com preservação do significado. Essa competência pressupõe familiaridade com os códigos semióticos envolvidos e indica o início do trânsito entre formas de expressão distintas. Segundo Prain e Waldrip (2006), esse processo é essencial para que o aluno estabeleça correspondências entre representações e compreenda suas equivalências conceituais. Nesta pesquisa, consideramos *Nível I*, por exemplo, quando o estudante descreve verbalmente uma imagem ou reescreve em palavras informações que estavam em tabela ou gráfico. Embora constitua uma ação inicial, revela que o aluno já consegue operar entre diferentes formas de representação, o que contribui para ampliar sua capacidade de significação.

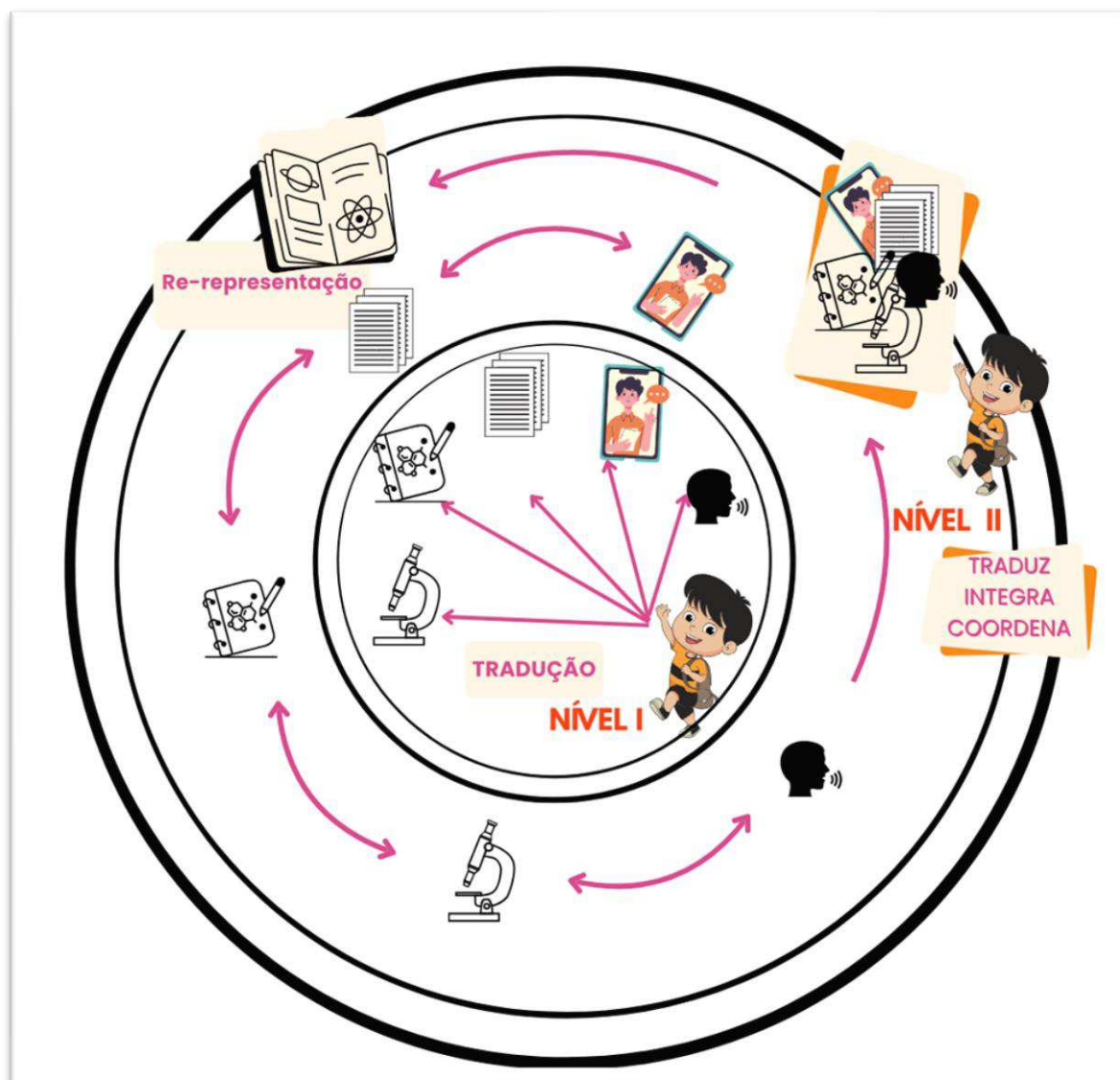
O *Nível II* refere-se à competência de estabelecer relações entre múltiplas representações e pode incluir re-representação quando evidenciada nos dados, isto é, a elaboração de representações científicas a partir da reorganização de conhecimentos já mobilizados em situações de ensino anteriores. Para Ainsworth (2006), essa etapa exige que os estudantes não apenas compreendam individualmente cada representação, mas também sejam capazes de coordená-las e integrá-las de forma coerente. De acordo com Tytler *et al.* (2007), tais operações exigem que o aprendiz identifique relações conceituais entre representações e reconheça padrões que sustentem o raciocínio científico. A re-representação corresponde a uma forma mais elaborada de coordenação representacional, na qual o estudante reorganiza conhecimentos previamente mobilizados e introduz novos elementos de conteúdo.

Diferentemente do *Nível I*, aqui podem ocorrer inferências e justificativas baseadas na complementaridade entre representações e, quando houver nova produção com introdução de novos elementos de conteúdo, como novo critério, relação, características ou categoria, pode ocorrer re-representação com reorganização conceitual. A re-representação torna-se evidente quando o estudante produz uma nova representação, como um quadro comparativo, um desenho com definições ou um diagrama e introduz elementos de conteúdo antes ausentes, reorganizando a elaboração de significados. Esse processo é destacado por Prain e Waldrip (2006) como indicador de aprendizagem científica avançada, pois requer que

o estudante elabore representações, reformule compreensões anteriores e explore diferentes possibilidades expressivas científicas. Segundo Laburú e Silva (2011), essa etapa reflete o amadurecimento das competências representacionais e o desenvolvimento da autonomia intelectual na elaboração dos significados.

A Figura 3 representa os dois níveis e suas relações no contexto da aprendizagem científica mediada por múltiplas representações.

Figura 3 – Níveis integrados da aprendizagem científica multimodal



Fonte: Elaborado pela autora

Após a identificação do *Nível I* ou do *Nível II*, classifica-se a dinâmica representacional como *Dependente* ou *Independente*. Considera-se *Dependente* quando a mobilização de representações é desencadeada ou conduzida pela

intervenção docente, como perguntas direcionadoras, orientações sobre onde olhar ou como registrar e validações passo a passo. Considera-se *Independente* quando o estudante inicia e sustenta a mobilização por iniciativa própria, seleciona e articula representações, cruza fontes, elabora registros novos com critérios explícitos e mantém o encadeamento das ações sem orientação imediata da professora. As evidências para a classificação incluem falas que anunciam a ação, escolhas de recursos, gestos de apontamento não solicitados e os registros produzidos.

A descrição dos dois níveis propostos neste estudo, associada às condições de dependência ou independência da mediação docente, sistematiza as categorias analíticas que orientam a identificação das operações cognitivas mobilizadas nas ações dos estudantes. O Quadro 4 sintetiza essa organização analítica, explicitando os critérios que estruturam o instrumento e orientam a leitura dos dados.

Quadro 4 – Categorias analíticas dos processos cognitivos representacionais

Categoria	Dinâmica representacional	
<i>Nível I</i>	Tradução. Trânsito semiótico entre diferentes formas representacionais, com correspondências de significado e preservação conceitual.	<i>Dependente</i>
	Não requer articulação simultânea nem reestruturação do conteúdo. Troca a representação, mas mantém o mesmo conteúdo.	<i>Independente</i>
<i>Nível II</i>	Coordenação e integração de múltiplas representações. Envolve seleção estratégica, gestão da atenção e construção de interpretações complementares e inter-relacionadas.	<i>Dependente</i>
	Implica reformulação conceitual, reflexão crítica e criação de representação que expressa significados reelaborados. Criação de uma representação com mudança na organização conceitual em virtude da inserção de novos conteúdos.	<i>Independente</i>

Fonte: Elaborado pela autora

A adoção dessa organização em níveis constitui, portanto, um recurso metodológico central que fundamenta o instrumento analítico desta pesquisa, ao

permitir tornar observável a dinâmica representacional e sua progressão nos momentos de ensino. Articulada à identificação dos indicadores de alfabetização científica, essa proposta analítica materializa a integração entre os eixos teóricos discutidos no capítulo e possibilita investigar, de modo sistemático, o papel das múltiplas representações na construção da alfabetização científica em contextos reais de sala de aula.

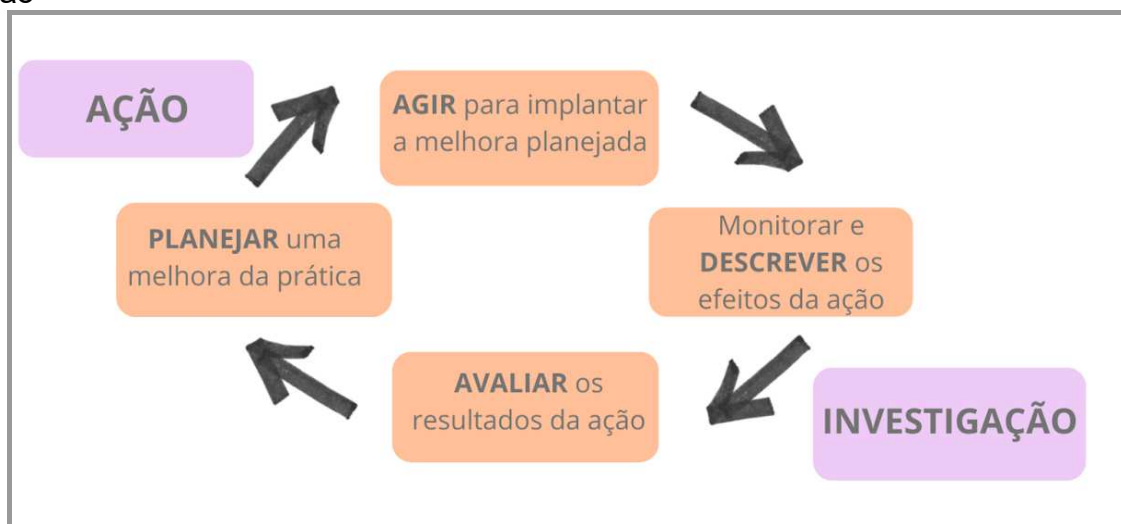
5 METODOLOGIA DA PESQUISA

Neste capítulo, organizado em quatro seções, delineamos o percurso metodológico adotado para examinar o papel das múltiplas representações na construção de indicadores de alfabetização científica. Na primeira seção, descrevemos o contexto da pesquisa e os participantes. Na segunda, explicitamos as intervenções de ensino realizadas. Na terceira, detalhamos os procedimentos analíticos aplicados aos dados.

5.1 NATUREZA DA PESQUISA E INSTRUMENTOS DE COLETA DADOS

O estudo adota uma abordagem qualitativa, orientada à compreensão de significados, motivações, aspirações, crenças, valores e atitudes (Minayo, 2001). Como parte de questões vivenciadas na prática docente, articula compreensão e intervenção pedagógica em contexto real e contempla as fases da investigação-ação (Figura 4).

Figura 4 - Representação em quatro fases do ciclo básico da investigação-ação



Fonte: Tripp, 2005, p. 446

A seguir, concatenamos as fases do ciclo às nossas ações.

A presente pesquisa teve como ponto de partida os desafios do ensino de Ciências já contextualizados. Com base nessas inquietações, planejamos as intervenções de ensino à luz dos referenciais de múltiplas representações e de alfabetização científica, em consonância com o plano de trabalho docente, e

apresentamos o projeto à Secretaria Municipal de Educação e à equipe gestora da unidade escolar no início de 2023. Após essas autorizações, encaminhamos o projeto ao Comitê de Ética em Pesquisa, que foi aprovado no final de 2023 (CAAE: 75212523.6.0000.5231). Em 2024, durante a reunião de pais relativa ao encerramento do primeiro bimestre, o projeto foi apresentado e explicado aos responsáveis da turma, e o convite para participação foi formalizado.

A investigação ocorreu ao longo do segundo semestre de 2024, em aulas de Ciências do 7º ano do Ensino Fundamental, em escola municipal situada na periferia de uma cidade do interior de São Paulo, em região marcada por vulnerabilidade social. Nesse período, implementamos as ações planejadas com a turma. Os registros de diário de campo, as gravações de áudio e vídeo e os registros escritos dos estudantes compuseram o conjunto de dados e serviram para o acompanhamento da aprendizagem durante as intervenções de ensino.

A participação dos estudantes foi voluntária. Foram incluídos estudantes de 11 a 14 anos, matriculados no 7º ano da instituição pesquisada, mediante a assinatura do Termo de Assentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A) e do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B) pelos responsáveis legais. Foram excluídos da análise os estudantes que recusaram a participação ou que não compareceram a pelo menos 50% das atividades propostas. Os estudantes que optaram por não participar permaneceram nas aulas; contudo, suas falas e imagens não integraram o corpus de dados da pesquisa. Assim, as aulas foram ministradas para a turma composta por 26 alunos, dos quais 17 aceitaram participar do estudo. Desses, 15 tiveram seus dados analisados, em razão da participação em mais de 50% das atividades desenvolvidas.

Para apresentar os resultados e preservar o anonimato, cada estudante foi identificado com a letra “E” (Estudante) seguida de um número que varia de 01 a 15. Para distinguir turnos sucessivos de fala do mesmo estudante, utilizamos o sufixo “s” acompanhado de número sequencial (por exemplo, E03_{1s}, E03_{2s}). As falas da professora são identificadas pela letra “P” (Professora). Nas transcrições, foram realizadas correções gramaticais pontuais, sem alteração do conteúdo semântico das falas, com o objetivo de garantir maior clareza e legibilidade ao texto. Esclarecimentos necessários para compreender os diálogos ou o contexto foram inseridos entre parênteses. Ao longo da implementação, analisamos os materiais, conforme o item 1.2, “Procedimentos analíticos”; reavaliamos os resultados e reabrimos o ciclo de

ação–reflexão–ação quando necessário.

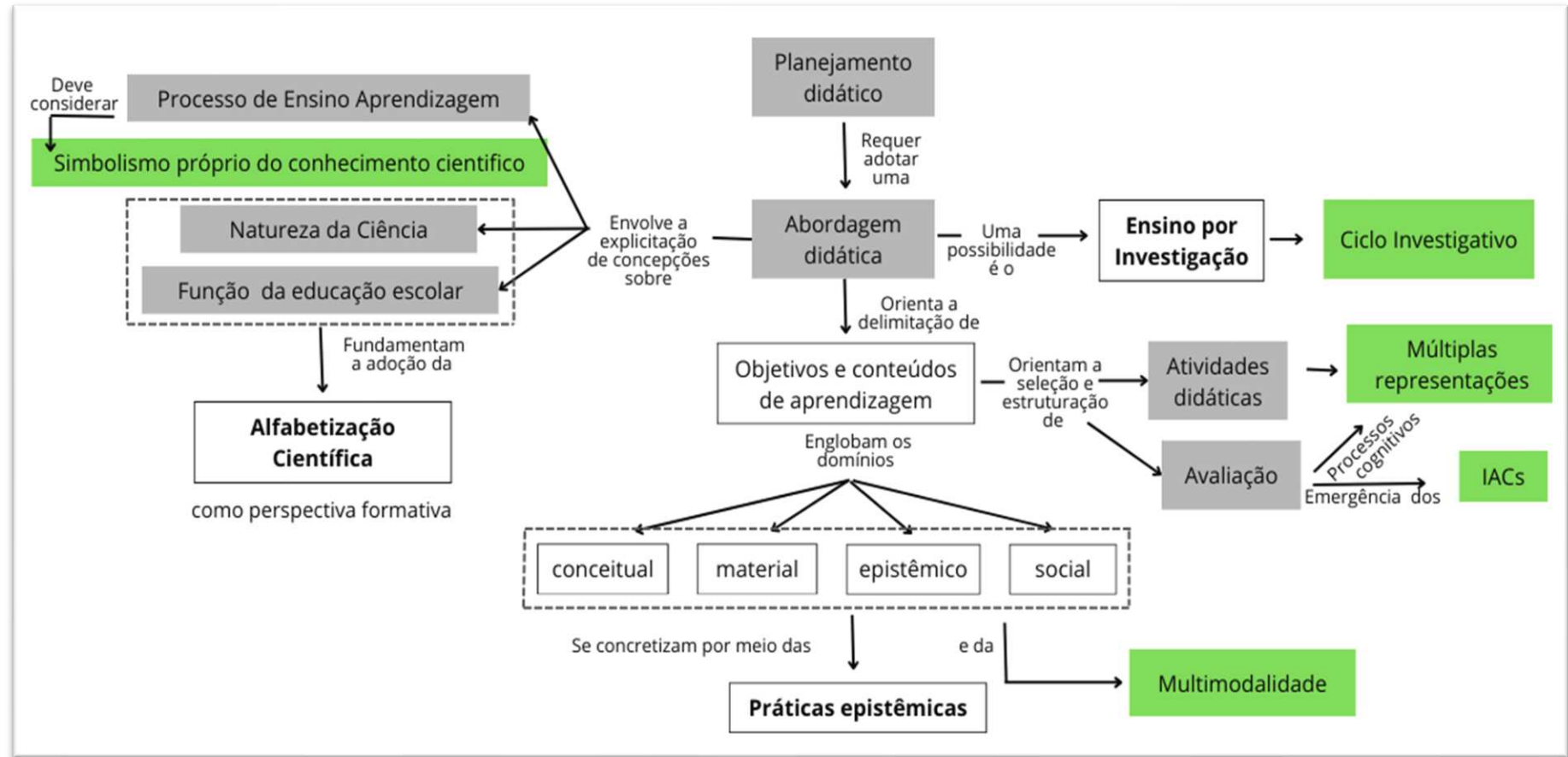
5.2 INTERVENÇÕES DE ENSINO

As intervenções de ensino que compuseram esta pesquisa foram fundamentadas em uma abordagem investigativa, plural e multimodal. Essas intervenções foram concebidas com o objetivo de promover a alfabetização científica, com a inserção de múltiplas representações e atividades diversificadas de ensino e aprendizagem.

A sequência de ensino foi elaborada em consonância com o planejamento curricular da escola, respeitou os prazos, objetivos e conteúdos previstos para o ensino de Ciências no 7º ano do Ensino Fundamental. A temática da classificação dos seres vivos está inserida na Unidade Temática “Matéria e Energia”, tendo como objeto de conhecimento a diversidade dos ecossistemas, conforme orientações da Base Nacional Comum Curricular – BNCC (Brasil, 2018). Entre as expectativas de aprendizagem, destaca-se que os estudantes devem ser capazes de reconhecer a importância da identificação e classificação dos seres vivos, compreender como essa classificação é realizada e caracterizar os organismos pertencentes aos diferentes reinos.

Cabe dizer, que a elaboração do planejamento didático se pautou nos trabalhos de Alves e Bego (2020) e de Silva e Sasseron (2021), esquematizado na Figura 5.

Figura 5 - Representação esquemática dos fundamentos da alfabetização científica e planejamento didático articulados às múltiplas representações e aos indicadores de alfabetização científica¹⁶



Fonte: Elaborado pela autora, com base em Alves e Bego (2020) e Silva e Sasseron (2021)

¹⁶ Em cinza: planejamento (Alves; Bego, 2020); em branco: alfabetização científica (Silva; Sasseron, 2021); em verde: Múltiplas Representações e Indicadores de Alfabetização Científica

A partir de uma revisão da literatura, Alves e Bego (2020) investigam os diferentes sentidos atribuídos aos elementos do planejamento didático-pedagógico em pesquisas da área de Ensino de Ciências e propõem, sob uma perspectiva crítica, a delimitação de seus elementos constituintes essenciais, bem como suas respectivas definições.

Segundo os autores, o planejamento de ensino requer a adoção de uma abordagem didática que articule o processo de ensino e aprendizagem, a natureza da ciência e a função da educação escolar. Tal abordagem fundamenta a definição de objetivos e conteúdos de aprendizagem, bem como a seleção e a estruturação das atividades didáticas e dos processos de avaliação.

Os autores destacam que a abordagem didática envolve a explicitação de concepções sobre a natureza da ciência e a função da educação escolar, aspectos apontados por Silva e Sasseron (2021) como convergentes para a adoção da alfabetização científica enquanto perspectiva formativa. Nesse ponto, observa-se que a abordagem didática deve considerar as concepções sobre o processo de ensino e aprendizagem. A partir dessa compreensão, destaca-se a importância de considerar o simbolismo próprio do conhecimento científico, o qual pode ser contemplado em sala de aula por meio da inserção de múltiplas representações.

Silva e Sasseron (2021) apontam que uma possibilidade de abordagem didática para o ensino de Ciências convergente à perspectiva formativa da alfabetização científica é o ensino por investigação. Nesta pesquisa, adota-se o ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015) como base para a estruturação dos momentos de ensino, de modo a contemplar os pressupostos do ensino por investigação.

Para Silva e Sasseron (2021), os objetivos e conteúdos de aprendizagem englobam os domínios do conhecimento (conceitual, material, epistêmico e social) que se concretizam por meio das práticas epistêmicas. Compreende-se, com base nas discussões do Capítulo 2, que os objetivos e conteúdos de aprendizagem devem considerar também a multimodalidade, de modo a favorecer o alcance dos objetivos de aprendizagem.

Alves e Bego (2020) indicam que os objetivos e conteúdos de aprendizagem orientam a seleção e a estruturação das atividades didáticas e da avaliação. As atividades didáticas fundamentam-se nos referenciais das múltiplas representações e da alfabetização científica, e a avaliação processual e contínua, respaldou-se nos indicadores de alfabetização científica propostos por Sasseron e Carvalho (2008), e

nos processos cognitivos representacionais.

Como mencionado acima, optamos pelo Ensino por Investigação como abordagem pedagógica, uma vez que ele se mostra promissor para promover a alfabetização científica e favorecer a emergência de indicadores de alfabetização científica. Para atender a esta premissa, a orientação do planejamento e da aplicação, adotou-se o ciclo investigativo proposto por Pedaste (Pedaste *et al.*, 2015), composto pelas fases de *Orientação*, *Conceitualização*, *Investigação*, *Conclusão* e *Discussão*, que se articulam de forma flexível e contínua ao longo das atividades. A descrição detalhada desses fundamentos está disponível a seguir.

5.3 ENSINO POR INVESTIGAÇÃO COMO ABORDAGEM DE ENSINO PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA

Não basta conhecer os fundamentos teóricos da alfabetização científica, é necessário criar condições didáticas para que os estudantes desenvolvam, em situações concretas, as capacidades previstas nesses eixos. Para que os conhecimentos científicos, a compreensão da natureza da ciência e as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente se tornem ferramentas de leitura e intervenção no mundo, é preciso repensar o modo como o ensino de Ciências é conduzido na escola.

Entre as abordagens possíveis, o ensino por investigação, inspirado nas ideias de John Dewey, destaca-se como alternativa promissora ao valorizar o pensamento reflexivo diante de situações reais e promover o desenvolvimento do raciocínio, da colaboração e da autonomia intelectual (Zômpero; Laburú, 2011). Além disso, seu potencial formativo está ancorado em princípios que reforçam sua convergência com as finalidades da alfabetização científica e ampliam o engajamento dos estudantes na produção de sentidos (Carvalho, 2006; Sasseron; Silva, 2021; Zômpero; Laburú, 2011).

O ensino por investigação, embora apresente variações em sua estruturação, compartilha elementos recorrentes que definem um conjunto de características essenciais para propostas didáticas (Bybee *et al.* 2006; Ng *et al.*, 2022; Pedaste *et al.*, 2015; Soares; Trivelatto, 2019; Zômpero; Laburú, 2011). Tais elementos foram sistematizados no relatório do *National Research Council* (NRC, 2000), que identifica cinco componentes centrais: o engajamento dos estudantes na atividade, a

priorização de evidências, a formulação de explicações com base nas evidências, a articulação com conhecimentos científicos consolidados e a comunicação e justificação das conclusões.

Estudos recentes também apontam relação entre o ensino por investigação e a teoria da aprendizagem significativa. A proposição de problemas autênticos mobiliza os conhecimentos prévios dos estudantes e favorece a elaboração de novas relações conceituais. Além disso, a construção de relatórios e explicações estruturadas permite ao professor identificar os sentidos produzidos ao longo da atividade (Zômpero *et al.*, 2014). Em síntese, essas práticas fortalecem o potencial formativo do ensino por investigação e contribuem para o desenvolvimento de habilidades cognitivas relacionadas à alfabetização científica. Além disso, estimulam questionamento, análise crítica, debate de ideias e explicações fundamentadas, ampliando a promoção da alfabetização científica ao integrar investigação, argumentação e comunicação como dimensões centrais do processo formativo (Scarpa; Campos, 2018).

Para operacionalizar essa abordagem, Carvalho (2006) propõe uma escala denominada “Grau de Liberdade”, que classifica os níveis de envolvimento de professores e alunos em atividades investigativas. Essa escala de cinco níveis permite analisar em que medida as propostas de ensino favorecem a aproximação dos estudantes aos modos próprios de produção do conhecimento científico.

No Grau I, o professor conduz toda a atividade e não envolve os alunos na construção do conhecimento, o que descaracteriza a investigação. No Grau II, surgem indícios de práticas investigativas: o professor propõe o problema e os alunos, com mediação docente, elaboram hipóteses, definem o plano de trabalho, registram dados e apresentam conclusões. Essa prática favorece a divulgação e a validação coletiva do conhecimento produzido, aproximando os estudantes do fazer científico e da enculturação. Nos graus III e IV, os discentes assumem maior autonomia na formulação de problemas e no desenvolvimento das pesquisas. O Grau V, característico da pós-graduação, pressupõe independência plena do estudante para identificar um problema e solucioná-lo com base em procedimentos científicos.

Carvalho (2006) ressalta que atividades investigativas não se restringem ao uso de experimentos práticos. Também é possível conduzir investigações teóricas em que os estudantes observam evidências, formulam explicações, relacionam-nas ao conhecimento científico e apresentam suas conclusões. Um exemplo encontra-se em Zômpero *et al.* (2014), que utilizaram tabelas nutricionais em uma atividade

investigativa sobre alimentação e nutrientes. Os resultados revelam que os alunos aprenderam a reconhecer evidências nas informações apresentadas e que a atividade foi bem-sucedida, com 22 dos 32 estudantes concluindo a proposta.

É necessário ressaltar que o ensino por investigação, em consonância com os pressupostos teóricos sobre as Ciências e seu ensino adotados nesta pesquisa, só se efetiva por meio das interações em sala de aula. A consolidação do ensino de Ciências como espaço de formação científica cidadã implica compreendê-lo como prática social. Essa perspectiva, defendida por Silva e Sasseron (2021), propõe que os estudantes sejam inseridos na cultura científica como forma de apropriação crítica de uma nova linguagem, de valores e de modos de pensar característicos das ciências. Salientamos a importância da semiótica e das múltiplas representações, explicitadas em capítulos anteriores, para fundamentar as interações dialógicas e atender ao simbolismo próprio do conhecimento científico no ensino comprometido com a alfabetização científica.

Para que essa abordagem ocorra de forma autêntica, é indispensável a mobilização dos diferentes domínios do conhecimento científico, de modo a favorecer o engajamento dos estudantes com a ciência em sua dimensão social e a sustentar o desenvolvimento das práticas epistêmicas. Estas, por sua vez, são concebidas como conteúdos de aprendizagem, na medida em que se articulam às práticas sociais de construção, comunicação, avaliação e validação do conhecimento científico. Tal articulação reforça o compromisso formativo do ensino de Ciências com a alfabetização científica (Sasseron; Silva, 2021).

Embora o objetivo desta pesquisa não seja investigar diretamente a abordagem do ensino por investigação, essa perspectiva constitui o cenário didático no qual analisamos os processos de significação mediados por múltiplas representações. Como destacam Soares e Trivelatto (2019), são poucas as pesquisas que sistematizam os efeitos das práticas investigativas sobre a aprendizagem dos estudantes, especialmente no que se refere à mobilização ativa de conhecimentos e à participação em práticas científicas. Esta investigação, centrada na análise de episódios de ensino estruturados segundo os princípios da abordagem investigativa, contribui para esse campo ao observar como múltiplas representações funcionam como ferramentas cognitivas e comunicativas na emergência e no refinamento de indicadores de alfabetização científica.

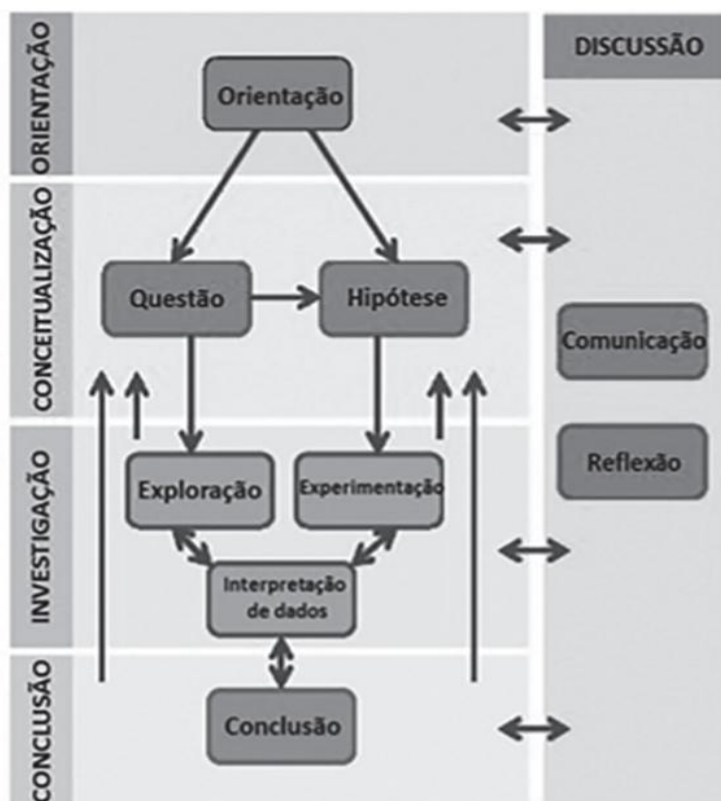
Como vimos até o momento, o ensino por investigação é uma abordagem

promissora para promover a alfabetização científica. Para explicitar como a operacionalizamos, apresentamos o ciclo investigativo de Pedaste *et al.* (2015), adotado para organizar nossas intervenções de ensino.

5.3.1 Ciclo Investigativo

Nesta subseção, apresentamos o ciclo investigativo de Pedaste *et al.* (2015), exposto na Figura 6, adotado como eixo organizador das intervenções de ensino por oferecer fases claras e interconectadas para planejar, mediar e avaliar atividades de Ciências em contextos autênticos.

Figura 6 – Ciclo investigativo



Fonte: Traduzido de Pedaste *et al.* (2015, p. 56)

A síntese apresentada pelos autores contempla cinco fases gerais: *Orientação*, *Conceitualização*, *Investigação*, *Conclusão* e *Discussão*. Algumas dessas fases incluem subdivisões que detalham o percurso investigativo e favorecem sua aplicação em diferentes contextos educativos. A escolha por esse modelo fundamenta-se em sua clareza didática e em sua capacidade de integrar variações metodológicas de

ensino dentro de um esquema coerente e adaptável à realidade escolar.

Na proposta de Pedaste *et al.* (2015), a abordagem investigativa inicia-se com a *Orientação*, fase em que será apresentado ao estudante o tema a ser investigado. As interações nesse momento são fundamentais para contextualizar, instigar e motivar, além de fornecer *feedbacks* acerca dos conhecimentos prévios dos estudantes.

A próxima fase do ciclo investigativo, denominada pelos autores de *Conceitualização*, apresenta as subfases, Questionamento e Formulação de Hipóteses, que consistem na elaboração de perguntas e formulação de hipóteses sobre o problema declarado. Assim como na etapa anterior, destaca-se a importância do professor como mediador das discussões. Diante dos questionamentos e hipóteses levantadas, o grupo deverá definir como será realizada a *Investigação*.

A *Investigação* abrange o planejamento da Exploração ou da Experimentação, o que envolve coletar e analisar os dados com base no desenho experimental ou na exploração. Esta fase pode ser realizada por meio de experimentos, a fim de testar as hipóteses, ou por meio da exploração de materiais de pesquisa (textos, vídeos, imagens) que forneçam subsídios para confrontar hipóteses, interpretar dados com base em evidências e construir novos conhecimentos.

Na fase da *Conclusão*, os estudantes retomam as questões ou hipóteses e avaliam se elas foram respondidas ou sustentadas pelos resultados da investigação. O estudo enfatiza a importância da discussão durante todo o processo investigativo e ressalta a necessidade de momentos de comunicação das descobertas e conclusões, bem como de reflexão.

Diante do exposto, ressaltamos que a organização da sequência de ensino respeitou uma progressão coerente com os princípios do ensino por investigação e da alfabetização científica, articulando momentos de problematização inicial, investigação orientada e consolidação ativa do conhecimento.

A sequência de ensino proposta estruturou-se em três grandes momentos: (1) a contação de história “Era uma vez a classificação dos seres vivos...”, que teve como função disparar o interesse inicial pelo tema e contextualizar o conteúdo de forma acessível e lúdica; (2) um seminário formativo dividido em cinco etapas complementares, são elas: I - estruturação da investigação; II - investigação no laboratório de informática; III - socialização dos resultados e elaboração dos cartazes; IV - apresentação oral e V - sistematização dos conhecimentos; e (3) a aplicação dos

conhecimentos por meio de duas atividades investigativas: Microscopia investigativa: "De quem é essa célula?" e Experimentação: "Fungo faz fotossíntese?" Conforme apresenta o Quadro 5.

Quadro 5 - Organização da sequência de ensino

Momento de ensino	Etapas
Momento 1 Contação de história	<i>"Era uma vez a classificação dos seres vivos..."</i>
Momento 2 Seminário formativo	<i>Etapa I - Estruturação da investigação</i>
	<i>Etapa II - Investigação no laboratório de informática</i>
	<i>Etapa III - Socialização dos resultados e elaboração dos cartazes</i>
	<i>Etapa IV - Apresentação oral</i>
	<i>Etapa V - Sistematização dos conhecimentos</i>
Momento 3 Integração e uso dos saberes construídos	Microscopia investigativa: "De quem é essa célula?"
	Experimentação: "Fungo faz fotossíntese?"

Fonte: Elaborado pela autora

Cada um desses momentos será detalhado a seguir, com atenção à maneira como foi implementado e aos recursos multimodais utilizados. As atividades realizadas estão disponíveis nos Apêndices C, D, E, F e G.

5.4 MOMENTO 1 - CONTAÇÃO DE HISTÓRIAS: "ERA UMA VEZ A CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS..."

O *momento 1*, aplicado por meio de uma contação de história intitulada "Era

uma vez a classificação dos seres vivos...”, inspirada no material História da Classificação Biológica (Nicolau, 2017), perdurou duas aulas de 55 minutos, Figura 7. Esse momento foi estruturado em consonância com o ciclo de aprendizagem por investigação proposto por Pedaste *et al.* (2015), contemplando as fases de *Orientação, Conceituação e Discussão*.

Figura 7 - Estudantes participando da contação de histórias



Fonte: Dados da pesquisa (2024).

Inicialmente, foram apresentados trechos e imagens com o intuito de retratar a classificação dos seres vivos da Antiguidade à Idade Média (Nicolau, 2017, p. 6). Posteriormente, os estudantes foram organizados em grupos e orientados a classificar os seres vivos presentes nas imagens fornecidas (Apêndice D). Para essa atividade, os estudantes foram situados por volta do ano de 1730, e imagens de animais e plantas foram distribuídas. Em seguida, a professora entregou aos grupos imagens

de cogumelos e solicitou que indicassem em qual grupo seriam classificados, justificando suas escolhas.

A professora registrou na lousa as dúvidas e as hipóteses levantadas pelos grupos. Diante disso, sugeriu-se a montagem de um experimento para investigar se os fungos realizam fotossíntese. Após coletar as ideias dos estudantes para a montagem do experimento (realizado em aulas posteriores¹⁷), retomou-se a contação de história, abordando a descoberta do microscópio. Na sequência, os estudantes foram convidados a refletir sobre a influência do microscópio nos estudos científicos. Nesse momento, a professora apresentou o sistema de classificação proposto em 1866 por Ernst Haeckel, que instituiu o reino Protista.

Dando continuidade à atividade, a professora explicou os avanços na microscopia que permitiram distinguir organismos unicelulares procariotas e eucariotas. Nesse momento, a professora retomou a diferenciação entre células procariotas e eucariotas, destacando que as bactérias, embora unicelulares, foram agrupadas no reino Monera por não possuírem núcleo organizado.

Por fim, a professora apresentou a proposta de classificação de Herbert Copeland, formulada em 1938, composta por quatro reinos: Monera, Protoctista, Plantae e Animalia, ressaltando o papel dos avanços tecnológicos para o conhecimento científico.

Em continuidade, explicou-se que, em 1969, Robert Whittaker propôs a classificação em cinco reinos ao reconhecer as diferenças entre os fungos e outros organismos. Para sistematização da temática, foi apresentada e discutida a Tabela 1.

¹⁷ As produções referentes ao experimento elaborado a partir dessa problematização encontram-se apresentadas na seção 5.5.2 – Experimentação: “Fungo faz fotossíntese?”.

Tabela 1 - Relações entre os principais sistemas de classificação biológica propostos

Linnaeus (1735) 2 reinos	Haeckel (1866) 3 reinos	Chatton (1925) 2 impérios	Copeland (1938) 4 reinos	Whittaker (1969) 5 reinos	Woese <i>et al.</i> (1977) 6 reinos	Woese <i>et al.</i> (1990) 3 domínios	Cavalier-Smith (2004) 6 reinos
Não tratados	Protista	Prokaryota	Monera	Monera	Eubacteria	Bacteria	Bacteria
					Archaeobacteria	Archaea	
		Eukaryote	Protoctista	Protista	Protista	Eucarya	Protozoa
				Fungi	Fungi		Chromista
Plantae	Plantae		Plantae	Plantae	Plantae		Fungi
Animalia	Animalia		Animalia	Animalia	Animalia		Plantae
							Animalia

Fonte: Nicolau, p. 21, 2017.

5.5 MOMENTO 2 - SEMINÁRIO FORMATIVO

Para aprofundar a temática “Classificação dos seres vivos” foi proposto a realização de um seminário, elaborado pelos estudantes mediante orientações da professora, estruturado em 5 etapas que contemplou diferentes atividades de ensino e aprendizagem. O planejamento das atividades considerou a diversidade representacional e a pluralidade metodológica, com o intuito de favorecer a investigação ativa do tema, a organização sistemática das informações, a socialização dos resultados e o aprofundamento das discussões em reflexões coletivas.

As atividades de ensino implementadas, os objetivos de cada etapa e as representações dominantes utilizadas estão descritas abaixo. O Quadro 6 sintetiza essas informações.

Quadro 6 - Síntese das etapas, atividades de ensino e representações que estruturaram o seminário formativo do Momento 2

Etapas	Atividade de Ensino	Representação dominante¹⁸
I Estruturação da investigação	Atividade dialógica realizada em duplas na sala de aula	Verbal oral e escrita
II Investigação no laboratório de informática	Atividade realizada em duplas no laboratório de informática	Verbal oral e escrita Imagética
III Socialização dos resultados e elaboração dos cartazes	Atividade dialógica realizada em grupos compostos por 6 integrantes	Verbal oral e escrita Imagética 3D
IV Apresentação oral	Atividade dialógica	Verbal oral e escrita Imagética 3D
V Sistematização	Atividade dialógica sobre os conceitos aprendidos durante o trabalho e a relação entre eles	Verbal oral e escrita Imagética Tabular e gráfica (diagramas)

Fonte: Elaborado pela autora

O Quadro 5 evidencia a organização sequencial para a organização do seminário e a ampliação das formas representacionais ao longo das etapas, o que torna visível a intencionalidade pedagógica na combinação de diferentes modos e formas de representação. Essa estrutura constitui base para a análise dos processos cognitivos representacionais mobilizados pelos estudantes em cada momento do trabalho.

Na sequência, cada etapa será apresentada.

¹⁸ As representações indicadas como dominantes correspondem às formas de representação previstas no planejamento de cada etapa, podendo ocorrer, ao longo das atividades, a mobilização de outras formas representacionais pelos estudantes.

5.5.1 Etapa I - Estruturação da Investigação

A primeira etapa do seminário formativo teve como foco a estruturação da investigação. A atividade conduzida em sala de aula, com os alunos organizados em duplas, durou 30 min. Por meio de uma atividade dialógica, os pares foram convidados a elaborar questões sobre o reino dos seres vivos. A professora sorteou o reino para cada dupla e atuou como mediadora, circulando entre os estudantes e realizando intervenções orientadas à reflexão e à reformulação de dúvidas genéricas em perguntas investigativas.

O objetivo foi estimular a formulação de perguntas, capazes de orientar a investigação que os estudantes realizariam no laboratório de informática na etapa seguinte. No planejamento da sequência de ensino, a Etapa I foi concebida em consonância com a fase de *Orientação* do ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015), a qual orienta a contextualização do tema, o engajamento inicial e a formulação de questões que dão início ao processo investigativo. A atividade foi planejada com o objetivo de mobilizar práticas epistêmicas, como a proposição, a comunicação e a avaliação de ideias, em consonância com os princípios do Ensino por Investigação e da Alfabetização Científica.

5.5.2 Etapa II - Investigação no Laboratório de Informática

Na segunda etapa do seminário, os estudantes investigaram as respostas para as perguntas elaboradas na etapa anterior. A atividade ocorreu em 2 aulas de 55min no laboratório de informática, com os alunos organizados em duplas.

Cada dupla utilizou computadores com acesso à internet para a busca de informações relacionadas ao reino dos seres vivos designado. A atividade de pesquisa envolveu a leitura de textos, o acesso a sites e a observação de imagens, com orientação para a seleção de informações pertinentes às questões formuladas na etapa anterior. As informações obtidas foram registradas no caderno, por meio de textos e imagens, sendo prevista a elaboração de resumos, esquemas e representações visuais como forma de organização dos dados coletados.

No planejamento de ensino, a Etapa II foi concebida em consonância com a fase de *Investigação* do ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015), a qual orienta a busca de informações, a exploração de materiais e o registro de dados

relacionados às questões investigadas. A etapa foi planejada de modo a contemplar práticas científicas, como o trabalho com novas informações e a elaboração de explicações com base em fontes acessíveis.

5.5.3 Etapa III - Socialização dos Resultados e Elaboração dos Cartazes

Após a etapa de investigação em duplas, os estudantes foram reorganizados em grupos maiores, reunindo aqueles que investigaram o mesmo reino dos seres vivos. A atividade foi realizada em sala de aula, durou três aulas de 55 minutos e teve como objetivos a socialização dos dados coletados e a organização das informações para posterior apresentação aos colegas.

A atividade previu momentos de compartilhamento verbal das informações registradas na etapa anterior, seguidos de discussões coletivas e seleção de conteúdos para a composição dos cartazes. Os grupos foram orientados a elaborar coletivamente os cartazes e a definir a forma de apresentação das informações à turma na etapa seguinte.

As representações previstas nesta etapa incluíram formas verbais (oral e escrita), utilizadas nas discussões em grupo e na construção textual dos cartazes, bem como formas imagéticas, como ilustrações, diagramas e imagens impressas, além de recursos tridimensionais (3D), como dobraduras ou elementos em relevo.

Com base nas fases de *Conclusão* e *Discussão* do ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015), a Etapa III previu a socialização, a organização e a preparação das informações investigadas para comunicação aos colegas. A etapa foi planejada de modo a contemplar práticas epistêmicas, como a comunicação, a avaliação e a legitimação de ideias, bem como o uso de múltiplas formas representacionais, em consonância com uma proposta de ensino multimodal.

5.5.4 Etapa IV - Apresentação Oral

A quarta etapa do seminário contemplou a apresentação oral dos resultados da investigação. A atividade, realizada em sala de aula, durou 2 aulas de 55min e teve caráter dialógico, com participação ativa dos colegas da turma e mediação da professora.

A Etapa IV foi planejada em consonância com a fase de *Conclusão* e *Discussão*

do ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015), prevendo situações de socialização dos resultados, argumentação oral e uso de múltiplas formas representacionais, em alinhamento com a proposta de ensino multimodal adotada na sequência.

5.5.5 Etapa V – Sistematização

A quinta e última etapa do seminário teve como objetivo retomar os conceitos trabalhados ao longo da sequência e promover sua organização coletiva, favorecendo a sistematização do conhecimento construído. A atividade com formato dialógico foi realizada em 2 aulas de 55min, com participação ativa dos estudantes e mediação da professora.

A professora registrou no quadro as palavras-chave mencionadas pelos estudantes e propôs a explicitação dos termos, bem como a organização dos conceitos apresentados, prevendo conexões e comparações entre os diferentes reinos.

Na sequência, após recolher o material de sistematização elaborado pelos estudantes, a professora propôs a construção de uma tabela comparativa sobre os reinos dos seres vivos, com base nas palavras-chave propostas pelos estudantes e nas discussões realizadas.

A Etapa V foi planejada em convergência com a fase de *Conclusão* do ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015), prevendo a retomada das questões investigadas e a sistematização das informações construídas ao longo da sequência. A proposta também se alinhou à perspectiva do ensino multimodal, ao prever diferentes formas de organização e representação do conhecimento.

5.6 MOMENTO 3 - INTEGRAÇÃO E USO DOS SABERES CONSTRUÍDOS

Após os momentos de investigação e de socialização do seminário, foi proposto um terceiro momento na sequência de ensino com foco na aplicação dos conhecimentos construídos. Esse momento foi composto por três atividades práticas e exploratórias, organizadas para retomar, aprofundar e aplicar os conceitos científicos abordados, especialmente relacionados à classificação dos seres vivos.

As atividades deste momento se fundamentam na ênfase do ensino por

investigação em promover a reelaboração ativa do conhecimento por meio da exploração de problemas, análise de evidências e argumentação fundamentada (Pedaste *et al.*, 2015; Zômpero; Laburú, 2011). A diversidade de atividades compostas por múltiplas representações teve a finalidade de ampliar os recursos cognitivos dos estudantes para interpretar, aplicar e comunicar conceitos científicos em contextos variados. A seguir são apresentadas as atividades de Integração e uso dos saberes construídos.

5.6.1 Microscopia Investigativa: "De quem é essa célula?"

Na atividade investigativa de microscopia, os estudantes foram organizados em duplas e utilizaram três microscópios para observar lâminas preparadas de bactérias, plantas e tecido animal, com o intuito de responder à pergunta-problema: "De qual ser vivo é essa célula? A qual reino ela pode pertencer? Por quê?". A atividade envolveu a observação das lâminas, o registro de desenhos no caderno e a comparação das estruturas celulares observadas com imagens trabalhadas em atividades anteriores e com aquelas presentes nos cartazes elaborados na etapa anterior. O objetivo da atividade consistiu em relacionar características morfológicas das células aos reinos biológicos.

No que tange às etapas do ciclo investigativo proposto por Pedaste *et al.* (2015), este momento de ensino contemplou as fases de *Investigação*, *Conclusão* e *Discussão*.

5.6.2 Experimentação: "Fungo faz fotossíntese?"

Nesta etapa, os estudantes realizaram um experimento simples para verificar se um fungo realiza fotossíntese. Embora a proposta tenha surgido de uma hipótese levantada anteriormente durante a contação de história, achamos conveniente apresentá-la no momento 3 porque o processo investigativo findou-se após a apresentação dos seminários. O experimento envolveu a observação do crescimento de bolores em diferentes condições de luz e ausência de luz, relacionando os resultados com a produção de clorofila e a capacidade fotossintética. A turma organizou os dados em uma tabela e discutiu os resultados coletivamente.

A fim de explicitar a estrutura metodológica das intervenções de ensino,

apresenta-se o Quadro 7, que sistematiza os momentos de ensino e as fases do ciclo investigativo.

Quadro 7 - Síntese das intervenções de ensino implementadas: momentos de ensino e fases do ciclo investigativo

	Etapa	Fase do ciclo investigativo
Momento 1 Contaço de história	“Era uma vez a classificação dos seres vivos...”	Orientação Conceitualização Discussão
Momento 2 Seminário formativo	Etapa I Estruturação da investigação	Orientação Discussão
	Etapa II Investigação no laboratório de informática	Investigação Discussão
	Etapa III Socialização dos resultados e elaboração dos cartazes	Conclusão Discussão
	Etapa IV Apresentação oral	Conclusão Discussão
	Etapa V Sistematização dos conhecimentos	Conclusão Discussão
Momento 3 Integração uso dos saberes construídos	Microscopia investigativa: "De quem é essa célula?"	Investigação Conclusão Discussão
	Experimentação: "Fungo faz fotossíntese?"	Orientação Conceitualização Investigação Conclusão Discussão

Fonte: Elaborado pela autora

Finalizadas as descrições das intervenções didáticas que compuseram a

sequência de ensino, passamos agora à apresentação do processo analítico adotado na pesquisa. Com base nas atividades desenvolvidas nos três momentos, contação de história, seminário formativo e síntese investigativa, foram produzidos registros diversos, tais como áudios das interações em sala de aula, falas de apresentações orais, registros escritos e produções visuais dos estudantes. Esses materiais compõem o *corpus* empírico da pesquisa e serão analisados a partir de um conjunto de procedimentos descritivo-interpretativos, com base nos referenciais teóricos já apresentados. A seguir, detalhamos o procedimento analítico.

5.7 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

Realizamos a análise de dados por meio do exame dos diálogos entre estudantes e professora em atividades de investigação, utilizando como base as categorias teóricas dos Indicadores de Alfabetização Científica (IAC), propostos por Sasseron e Carvalho (2008). A partir deste ponto do trabalho, os indicadores de alfabetização científica serão referidos pela sigla IAC, uma vez que passam a operar como categorias analíticas na metodologia e na análise dos dados. A análise também se apoiou no referencial das múltiplas representações (Ainsworth, 1999; Prain; Waldrip, 2006), com foco na maneira como diferentes representações e a mediação docente sustentam a construção do conhecimento científico.

Nosso procedimento analítico contemplou as seguintes etapas:

(i) Transcrição e segmentação dos diálogos: os registros audiovisuais das aulas foram transcritos na íntegra. A partir disso, selecionamos segmentos considerados relevantes para a investigação, com base na presença de interações conceitualmente significativas. Esses trechos foram apresentados e analisados ao longo do Capítulo 6.

(ii) Identificação dos indicadores (IAC): cada segmento foi examinado com o objetivo de identificar a presença de um ou mais IAC, conforme definidos por Sasseron e Carvalho (2008), como *levantamento de hipóteses*, *organização de informações*, *explicação*, *raciocínio lógico*, entre outros. O Quadro 3, no Capítulo 3, apresenta as definições que embasam a identificação e a justificativa dos IAC.

(iii) Justificativa e categorização: para cada IAC identificado, elaboramos uma justificativa com base no conteúdo da fala e no contexto da interação, à luz do referencial de Sasseron e Carvalho (2008). Essa etapa buscou explicitar como a

manifestação do estudante se alinhava às definições conceituais dos indicadores, valorizando as situações específicas em que ocorriam.

(iv) Articulação com múltiplas representações e mediação: em continuidade, examinamos os segmentos quanto à mobilização de representações e a forma como a mediação docente favoreceu o trânsito entre esses modos. Essa análise orientou-se pelo instrumento analítico apresentado no Capítulo 4.

(v) Interpretação dos resultados: por fim, interpretamos os dados à luz dos referenciais teóricos adotados, buscando compreender padrões de mobilização de IAC mediados por representações. Esses padrões foram entendidos não como sequências lineares, mas como movimentos cognitivos e discursivos que emergem em práticas situadas, sustentados por interações, recursos representacionais e atividades pedagógicas.

A presença dos IAC nas falas e produções dos estudantes possibilita acompanhar o desenvolvimento da alfabetização científica, ao passo que os processos representacionais esclarecem como as representações atuam como ferramentas cognitivas nesse percurso. Essa articulação teórica e metodológica orienta a análise empírica, em consonância com o objetivo da pesquisa de investigar o papel da mobilização de múltiplas representações no processo de ensino aprendizagem para a construção de IAC.

Dessa forma, o processo analítico não se restringiu à catalogação dos indicadores, mas buscou compreender os contextos de emergência dos IAC e os processos representacionais que os acompanham.

6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

No presente capítulo, procedemos à análise das transcrições de cada momento da intervenção didática, com o objetivo de identificar os IAC que emergem desse contexto de ensino e compreender possíveis relações com as múltiplas representações. A análise dos dados segue o processo analítico descrito na metodologia, que inclui a seleção dos trechos do diálogo, a identificação dos IAC e a apresentação das explicações que evidenciam o alinhamento das manifestações estudantis aos mesmos. Por fim, escrutina-se as relações observadas entre os IAC e a multimodalidade.

6.1 MOMENTO 1 - CONTAÇÃO DE HISTÓRIA

No Momento 1, os estudantes, agrupados, organizaram inicialmente os seres vivos em dois grandes grupos, animais e plantas, utilizando como critério principal as similaridades observáveis. Essa forma de classificação mostrou-se suficiente para esses organismos, mas passou a ser questionada quando foram apresentadas imagens de cogumelos, que não se ajustavam de modo claro aos critérios adotados pelos grupos.

A inclusão dos cogumelos levou os estudantes a questionarem suas características e a levantarem hipóteses sobre seu modo de vida. Entre os questionamentos formulados, destacou-se a indagação sobre a realização de fotossíntese pelos fungos, o que evidenciou a necessidade de recorrer a novos critérios explicativos além da aparência externa.

Posteriormente, a apresentação de imagens de protozoários e bactérias ampliou as possibilidades de classificação consideradas pelos estudantes. Ao reconhecerem os protozoários como organismos unicelulares e ao compararem as imagens das bactérias com as dos protozoários, os estudantes passaram a considerar diferenças relacionadas ao tamanho e à organização celular. Essas situações contribuíram para o questionamento dos critérios iniciais de classificação e para a ampliação das explicações construídas ao longo da atividade.

No desenvolvimento do Momento 1, a atividade apoiou-se na mobilização de diferentes representações, que sustentaram as discussões e as decisões classificatórias dos estudantes. Predominaram a representação verbal oral, nas falas

durante as discussões em grupo e nas leituras realizadas coletivamente; a representação verbal escrita, presente nos textos projetados sobre a classificação dos seres vivos da Antiguidade à Idade Média e nos registros feitos pelos estudantes em seus cadernos; a representação imagética, por meio das imagens dos seres vivos, do microscópio e dos taxonomistas; e a representação tabular, utilizada na sistematização das relações entre os principais sistemas de classificação biológica. A presença articulada desses modos representacionais conferiu visibilidade ao raciocínio dos estudantes e estruturou o espaço de investigação no qual as hipóteses, os critérios de classificação e as explicações passaram a ser construídos e discutidos.

No Momento 1, o professor atuou como organizador da dinâmica de sala de aula e mediador das interações, ao definir o contexto das atividades, organizar o trabalho dos estudantes em grupos e orientar suas ações ao longo da sequência. A organização do trabalho coletivo favoreceu a socialização das ideias, a negociação de sentidos e a construção compartilhada do conhecimento. Coube ao professor selecionar e introduzir as representações mobilizadas na atividade, bem como coordenar seu uso ao longo da sequência. Além disso, o professor incentivou a explicitação das ideias dos estudantes, registrou dúvidas e hipóteses e conduziu questionamentos que mantiveram o foco no problema proposto. Em momentos estratégicos, apresentou novas informações e modelos científicos, com o objetivo de provocar conflitos cognitivos e ampliar os referenciais disponíveis para a análise dos estudantes. Ao longo desse processo, o professor ajustou o nível de apoio oferecido e retirou gradualmente os suportes representacionais, à medida que os estudantes passaram a mobilizar novos critérios de classificação.

Essa atuação docente incidiu diretamente sobre as condições de uso das representações mobilizadas na atividade, ao regular sua seleção, introdução e exploração em sala de aula. Ao assumirem uma função organizadora da atividade investigativa, as representações passaram a operar como recursos centrais no desenvolvimento da atividade, oferecendo aos estudantes suporte para delimitar o problema em estudo, explicitar critérios de classificação, estabelecer relações comparativas, sustentar justificativas e elaborar hipóteses. Nesse contexto, o uso das representações contribuiu para a exteriorização do raciocínio dos estudantes e favoreceu a emergência e o progressivo refinamento de indicadores como levantamento de hipóteses, explicações, classificação e organização das informações, conforme apresentado na análise dos episódios a seguir.

Episódio 1 – Classificação inicial dos seres vivos: construção coletiva e mediação docente inicial

- E13_{1s}**: Eu quero essa flor.
E02_{1s}: Eu sou o elefante.
E10_{1s}: Eu não vou ficar com nada?
E07_{1s}: Não, não, tem que separar, não tem escolher.
E13_{2s}: Deixa aqui, deixa aqui para ele. Deixa aqui para ele.
E07_{2s} e **E02_{2s}**: Não, não é para escolher. Não, não é para escolher.
P_{1s}: Ó, atenção. Não é para escolher duas. É para separar todas as imagens em dois grupos.
E02_{3s}: Gente, vocês estão ouvindo? Não, não é para escolher.
E07_{3s}: Aí ó, nós vamos separar animais com plantas e frutas.
E02_{4s}: Não, só pode ser... Tem que ser em dois grupos.
E07_{4s}: Dá.
E02_{5s}: Animais e plantas e frutas?
E07_{5s}: Sim.
E02_{6s}: A fruta não é nem um ser vivo, para começar.
E07_{6s}: Não, aqui ó. A planta e a fruta é junto.
E13_{3s}: A planta e as frutas são separadas.
E07_{7s}: A fruta vem da onde? A fruta vem da onde? (rindo)
E02_{7s}: Então vai ser dividido entre plantas e frutas.
E10_{2s}: Mas a fruta não tem vida.
P_{2s}: Põe na mesa para eu ver como vocês classificaram. Como que vocês separaram os seres vivos?
E07_{8s}: Nós separamos animais e plantas e a fruta junto porque a fruta vem da flor.

No início do episódio, os estudantes sinalizam incerteza sobre o objetivo da atividade e utilizam estratégias lúdicas de apropriação das imagens, ao assumirem, em tom de brincadeira, o papel dos seres vivos representados, como mostram as falas: **E13_{1s}**: “*Eu quero essa flor.*” e **E02_{1s}**: “*Eu sou o elefante.*”. A sequência de intervenções dos colegas (**E07_{1s}**, **E07_{2s}**, **E02_{2s}**) e da professora (**P_{1s}**: “*Ó, atenção. Não é para escolher duas. É para separar todas as imagens em dois grupos.*”) corrige o foco da tarefa, reforçando a proposta de separar os seres vivos em dois grupos, e não escolher aleatoriamente.

A partir dessa orientação, inicia-se um processo argumentativo no grupo, ainda marcado por incertezas. As falas **E07_{3s}**: “*Nós vamos separar animais com plantas e frutas*” e **E02_{5s}**: “*Animais e plantas e frutas?*” evidenciam uma tentativa inicial de classificação, porém sem critérios claros. Em seguida, surgem hipóteses contrastantes sobre a natureza das frutas: **E02_{6s}**: “*A fruta não é nem um ser vivo, para começar.*” e **E13_{3s}**: “*A planta e as frutas são separadas.*”. Essas falas caracterizam o indicador de *levantamento de hipóteses*, uma vez que os estudantes elaboram

suposições com base em conhecimentos prévios, ainda que imprecisos.

A formulação de hipóteses distintas provoca o confronto de ideias, como em E02_{7s}: “*Então vai ser dividido entre plantas e frutas.*”, e culmina na fala de E07_{8s}: “*Nós separamos animais e plantas e a fruta junto porque a fruta vem da flor.*”. Nesse trecho, identificamos o indicador de *raciocínio lógico*, pois o estudante utiliza uma relação de origem (a fruta vem da flor) para justificar a escolha classificatória. Essa explicação indica uma tentativa de organizar o raciocínio a partir de relações de origem.

As imagens impressas dos seres vivos dão suporte à elaboração de significados: primeiro servem de base para descrições (*Nível I*: Imagem → Fala); em seguida, quando explicitadas em fala, sustentam justificativas e inferências (*Nível I*: Imagem → Fala). Em E07_{8s}, o estudante primeiro descreve o arranjo feito com as imagens sobre a mesa: “*Nós separamos animais e plantas e a fruta junto*”. Esse movimento corresponde ao *Nível I*, pois traduz a organização das imagens para a fala com preservação do sentido. A organização visual dos itens permite que os estudantes observem, comparem e discutam características e possibilidades de agrupamento. Na sequência, na mesma fala, o estudante apresenta a justificativa por origem: “*porque a fruta vem da flor*”. Aqui, a explicação decorre da mesma base imagética, trata-se de tradução da imagem para a fala, característica de um nível inicial de mobilização representacional.

Esse raciocínio por origem é preparado pelas interações anteriores. E07_{7s} pergunta “*A fruta vem da onde?*”, sinaliza a busca de um critério de origem. E07_{6s} afirma “*A planta e a fruta é junto*” e E13_{3s} contrapõe “*A planta e as frutas são separadas*”, o que indica levantamento de hipóteses concorrentes. E02_{6s} declara “*A fruta não é nem um ser vivo*” e E10_{2s} acrescenta “*Mas a fruta não tem vida*”, o que evidencia incerteza conceitual. Em E07_{8s}, com a afirmação “*Nós separamos animais e plantas e a fruta junto porque a fruta vem da flor.*” O impasse resolve-se momentaneamente com o apoio imagético e a relação de origem estabelecida oralmente, da flor para a fruta; essa relação oferece a justificativa para o agrupamento e se enquadra no *Nível I* (Imagem → Fala). Consideramos a iniciativa cognitiva *Dependente*, pois a problematização e o redirecionamento da tarefa são desencadeados pela docente em P_{1s} e P_{2s}.

Nesse cenário, as imagens, articuladas à fala e aos gestos, sustentam a organização das informações, o levantamento de hipóteses e a construção de justificativas por origem, caracterizando um nível inicial de mobilização

representacional e uma iniciativa cognitiva ainda dependente da mediação docente.

Episódio 2 – Intervenção docente e problematização do cogumelo

P_{1s}: Agora, eu quero que vocês pensem aqui. Esse ser vivo aqui...

E01_{1s}: O que que é isso? O que que é isso?

E02_{1s}: Não está com o ornitorrinco aí, não.

E03_{1s}: O que que é isso?

E04_{1s}: Um cogumelo.

P_{2s}: É um cogumelo. Ó, nesses dois grupos que vocês... Nesses dois grupos que vocês montaram, onde vocês colocariam esse ser vivo?

E05_{1s}: Nas plantas.

E06_{1s}: Mas é um cogumelo.

E07_{1s}: Mas é comestível.

P_{3s}: Gente. Nós estamos em 1735.

E08_{1s}: Estou me imaginando lá, entrando no personagem.

P_{4s}: Vocês tiveram o desafio inicial, separar os primeiros seres vivos, vocês montaram dois grupos, plantas e animais. Aí, eu pedi a vocês que colocassem os fungos em um desses dois grupos. Eu queria que vocês repetissem esse grupo aqui, em qual grupo vocês colocaram os fungos?

E09_{1s}: As plantas.

P_{5s}: Por quê?

E10_{1s}: Eles são terrestres, eles precisam de água. É um broto também.

P_{6s}: O que mais, E11? Você tinha falado?

E11_{1s}: Tem raízes.

E12_{1s}: O E12 tinha falado se ele faz fotossíntese.

P_{7s}: O E12 ficou na dúvida se ele faz ou não fotossíntese. Meninas, vocês usaram algum critério diferente para colocar os fungos? Vocês colocaram junto às plantas, por quê?

E13_{1s}: Porque eles têm quase as mesmas características.

P_{8s}: Porque eles têm algumas características parecidas. Por exemplo?

E13_{1s}: Precisam de água, precisam de sol.

A professora introduz uma nova imagem (Apêndice D) e pergunta **P_{1s}**: “*Esse ser vivo aqui...*”, referindo-se ao cogumelo. A fala de **E01_{1s}**: “*O que que é isso?*” e a identificação feita por **E04_{1s}**: “*Um cogumelo*”, marcam o reconhecimento inicial do organismo.

Em seguida, solicita aos estudantes que o classifiquem nos grupos anteriormente formados (**P_{2s}**). A resposta de **E05_{1s}**: “*Nas plantas*” evidencia uma escolha classificatória inicial, que é prontamente questionada por **E06_{1s}**: “*Mas é um cogumelo*”, e **E07_{1s}**: “*Mas é comestível*”, sinalizando o início de um conflito conceitual. Essas trocas revelam o indicador de *levantamento de hipóteses*, uma vez que os estudantes sugerem possibilidades distintas de classificação. Além disso, indicam o uso do indicador *justificativa*, já que os estudantes apresentam razões para sustentar suas hipóteses: **E06_{1s}** recorre à identificação do tipo de ser vivo (“*é um cogumelo*”),

enquanto E07_{1s} utiliza uma característica empírica (“*é comestível*”) para agrupá-lo com as plantas. Essa mobilização representacional caracteriza o *Nível I* (Imagem → Fala), pois as inferências se apoiam na representação imagética.

A mediação da professora (P_{4s}) direciona os alunos a explicitar os critérios usados para posicionar os fungos junto às plantas. Neste momento observamos a emergência do indicador de *justificativa* em diferentes falas. E10_{1s} afirma: “*Eles são terrestres, eles precisam de água. É um broto também*”, enquanto E11_{1s} acrescenta: “*Tem raízes*”. E12_{1s}, cita a dúvida do colega: “*Se ele faz fotossíntese*”. E13_{1s} sintetiza: “*Porque eles têm quase as mesmas características*” e justifica: “*Precisam de água, precisam de sol*”. Todas essas falas indicam tentativas de sustentar uma decisão classificatória com base em observações perceptivas e associações com elementos familiares, ainda que não correspondam a critérios taxonômicos científicos. Permanecem no *Nível I* (Imagem → Fala), pois a informação é extraída da mesma imagem e explicitada verbalmente, sem articulação com outra representação.

A representação imagética do cogumelo deflagra a discussão classificatória. A partir desse ponto, os estudantes mobilizam justificativas e hipóteses com base em saberes prévios e suposições do senso comum, observados em E10_{1s}: “*Eles são terrestres, precisam de água*”, E10_{1s}: “*É um broto também*”, E11_{1s}: “*Tem raízes*”, E13_{1s}: “*Precisam de água, precisam de sol*”. A representação imagética tensiona a classificação anterior e ativa justificativas que expressam o esforço de construção de critérios.

A imagem do cogumelo (Apêndice D) atua como estímulo central para a problematização da classificação. Para alguns estudantes cujas falas foram analisadas neste episódio (E07, E10, E11, E12 e E13), a representação imagética suscita hipóteses e justificativas apoiadas em saberes do cotidiano, como “precisa de água”, “tem raízes” e “é comestível”. A mobilização é *Dependente* das intervenções docentes que desencadeiam e conduzem a problematização. Nesse contexto, cumpre função epistêmica: sustenta o confronto de ideias e impulsiona um raciocínio classificatório inicial, ainda distante de critérios científicos.

Episódio 3 – Introdução ao microscópio e aos protozoários

P_{1s}: Essa primeira classificação é a do Lineu. Ele propôs o Reino das Plantas e dos Animais. Em 1730, surge o microscópio. O que muda com isso?

E07_{1s}: É mais fácil de analisar, as bactérias.

E01_{1s}: Dá para identificar as bactérias.

P_{2s}: Então, por exemplo, quando falaram sobre os fungos, falaram das características que vemos. E as que não vemos?

E02_{1s}: Ser um ser vivo, além do nasce, cresce, morre, se alimenta, você pensa... tipo... pensar?

P_{3s}: O que é pensar?

E02_{2s}: Ter consciência.

P_{4s}: Com o microscópio, conseguem observar esses organismos aqui (aponta para os protozoários). Que seres são esses?

E02_{3s}: São os protozoários.

P_{5s}: Quais os exemplos?

E02_{4s} e outros alunos: Ameba, giárdia, paramécio.

P_{6s}: Vocês conseguiriam colocar os protozoários nos outros dois grupos?

Alunos_{1s}: Sim.

P_{7s}: Mas são semelhantes?

Alunos_{2s}: Não.

P_{8s}: Qual a principal diferença? O que precisamos para ver esses seres?

E10_{1s} e outros alunos: Microscópio.

P_{9s}: Então são grandes ou pequenos?

Alunos_{3s}: Pequenos.

E12_{4s}: Minúsculos.

P_{10s}: Quantas células têm?

E02_{5s} e **outros**: Uma!

P_{11s}: Isso, unicelulares.

E12_{5s}: O que são microrganismos?

P_{12s}: Organismos pequenos. Micro. Como os protozoários. Podemos criar um terceiro reino?

Alunos_{4s}: Dá!

P_{13s}: Qual seria?

Alunos_{5s}: Da célula!

P_{14s}: Da célula de quem?

E14_{3s}: Microrganismo.

E02_{6s}: Das bactérias.

P_{15s}: Esses seres são bactérias?

E02_{7s} e **E0_{13s}**: Protozoários.

Inicialmente, a professora relata o surgimento do microscópio e questiona suas implicações para a classificação dos seres vivos (P_{11s}). E07 mobiliza o indicador de *explicação* ao afirmar E07_{1s}: “*É mais fácil de analisar, as bactérias*”, seguido de E01_{1s}: “*Dá para identificar as bactérias*”. Ambos estabelecem relações causais entre a invenção do microscópio e a possibilidade de observação dos microrganismos, evidenciando *raciocínio lógico* e *explicação* com base no conteúdo discutido.

A sequência de perguntas da professora convida os estudantes a pensarem sobre as características invisíveis dos fungos (P_{12s}), o que leva E02 a tentar definir o que é um ser vivo ao incluir a noção de “pensar” (E02_{1s}: “*Ser um ser vivo, além do nasce, cresce, morre, se alimenta, você pensa...*”), e logo depois complementa E02_{2s}:

“*Ter consciência*”. Esses trechos indicam o *levantamento de hipóteses*, ao formular critérios para a definição de vida, ainda que incorretos do ponto de vista científico.

Em E02_{3s}: “*São os protozoários*” temos o indicador de *organização de informações*, pois o estudante reconhece e classifica corretamente os organismos observados. Em seguida, a fala de E02_{4s}: “*Ameba, giárdia, paramécio*” ativa dois indicadores: *seriação de informações*, por apresentar uma lista de exemplos sem estabelecer relações entre eles, e *organização de informações*, ao agrupar adequadamente os exemplos sob a mesma categoria biológica. Já na resposta coletiva de E10_{1s} e outros alunos “*Microscópio*” temos o indicador *explicação*, ao associar a observação dos protozoários à necessidade de um instrumento específico, o que indica compreensão do critério de tamanho microscópico. Essa explicação se amplia com a fala de E02_{5s}: “*Uma célula*”, que reforça a unicelularidade dos protozoários e reitera o indicador *explicação*, ao indicar uma característica fundamental do grupo.

E12 (E12_{1s}: “*O que são microrganismos?*”) revela o *levantamento de hipóteses*, prontamente acolhido pela professora, que responde e amplia a discussão para a criação de um terceiro reino (P2_{2s}, P2_{3s}). Os alunos, em coro, propõem: “*Da célula!*” (Alunos_{5s}), e E14 conclui: “*Microrganismo*” (E14_{1s}), seguido por E02_{6s}: “*Das bactérias*”, reorganizando o critério de classificação com base no tipo celular. Este momento evidencia *raciocínio lógico*, ao associar a presença de uma célula à necessidade de um novo agrupamento taxonômico.

No que se refere às múltiplas representações, a transição do modo visual para o oral é evidenciada quando a professora aponta para as fotos dos protozoários (P4_s: “*Com o microscópio, conseguem observar esses organismos aqui. Que seres são esses?*”). Diante da pergunta E02_{3s} responde prontamente que “*são os protozoários*” e indica reconhecimento do grupo apresentado. Há *organização de informações*, uma vez que a resposta é afirmativa, direta e não expressa dúvida. A resposta do estudante caracteriza o *Nível I* (Imagem → Fala), ao explicitar em fala a informação extraída da imagem, articulada à mobilização do indicador *organização de informações*.

A construção da noção de microrganismos apoia-se no trânsito semiótico entre imagem e fala, *Nível I*. Constata-se que a menção aos protozoários como organismos visíveis apenas com o uso do microscópio, P4_s: “*Com o microscópio, conseguem observar esses organismos aqui*”, direciona o olhar dos estudantes para a imagem. Na sequência, eles associam essa mediação à noção de escala, E12_{4s}: “*Minúsculos*”

em resposta à pergunta P_{9s}: “São grandes ou pequenos?”. Trata-se de explicitação oral de conhecimentos oriundos da mesma representação, o que sustenta a *organização de informações*.

Dessa forma, na sequência de interações constatamos o refinamento do indicador *organização de informações*. Inicialmente, os estudantes trabalham com a classificação dicotômica entre plantas e animais (episódios 1 e 2). A introdução do microscópio como ferramenta para observar organismos invisíveis a olho nu permite que os estudantes reconheçam os protozoários como unicelulares - E02_{5s}: “Uma (célula!)” e diferentes dos grupos anteriores - P_{7s}: “Mas são semelhantes?” Alunos_{2s}: “Não”. A pergunta de E12_{5s}: “O que são microrganismos?” e a posterior proposição de uma nova categoria classificatória com base no critério de unicelularidade mediante as respostas Alunos_{5s}: “Da célula!”, E14_{3s}: “Microrganismo”, E02_{6s}: “As bactérias, indicam um avanço conceitual sustentado pela mediação docente. A condução da atividade é *Dependente*, pois as intervenções docentes (P_{4s}, P_{8s}–P_{11s}, P_{12s}–P_{15s}) desencadeiam e conduzem a exploração e as respostas.

6.1.1 Algumas Considerações do Momento 1

As múltiplas representações, sobretudo imagem, fala e gestos, exercem função de suporte epistêmico aos IAC. As imagens estabilizam uma referência comum, organizam o que o grupo observa e permitem a *organização de informações*, como descrições e reconhecimento. A explicitação em fala apoia o *levantamento de hipóteses* e a apresentação de *justificativas* com base no que a imagem torna visível, como a relação de origem “a fruta vem da flor”, traços percebidos “precisa de água e de sol” e, no Episódio 3, noções de escala e unicelularidade. Todas as operações permanecem no *Nível I* (Imagem → Fala), pois não há coordenação entre representações distintas nem produção com conteúdo novo. Além disso, apresentam caráter *Dependente*, já que as intervenções docentes desencadeiam e conduzem as ações. Dessa forma, as múltiplas representações favorecem indicadores básicos de alfabetização científica e preparam terreno para ações cognitivas mais complexas em etapas posteriores da sequência.

6.2 MOMENTO 2 - SEMINÁRIO FORMATIVO

O Momento 2 foi organizado como um seminário formativo estruturado em cinco etapas, orientado pelo ciclo investigativo e pelo uso intencional de múltiplas representações. Ao longo desse momento, os estudantes formularam perguntas, investigaram informações, socializaram resultados, comunicaram suas produções e realizaram a sistematização conceitual dos conhecimentos construídos. As representações verbais, imagéticas, tabulares, diagramáticas e tridimensionais assumiram papel central na organização da atividade investigativa, ao sustentar a construção, a comunicação e a sistematização das ideias científicas.

Durante o seminário formativo, a professora exerceu papel fundamental na organização da dinâmica investigativa, ao estruturar as etapas, organizar o tempo, os espaços escolares e os materiais, definir os agrupamentos e os encaminhamentos esperados para cada fase do trabalho. Sua atuação delineou o percurso investigativo entre a formulação de perguntas, a investigação, a socialização dos resultados, a comunicação oral e a sistematização conceitual.

Ao longo das três etapas iniciais, a docente selecionou, introduziu e regulou o uso das representações, propiciando momentos para a mobilização de formas verbais, imagéticas, tabulares e tridimensionais. Nas etapas finais, observou-se maior iniciativa dos estudantes na mobilização dessas representações, aspecto que será examinado nos episódios analisados a seguir.

6.2.1 Etapa I - Estruturação da Investigação

Os diálogos a seguir são provenientes da Etapa I do seminário, denominada "Estruturação da Investigação", conforme descrito na metodologia. Neste momento são elaboradas questões norteadoras sobre os reinos dos seres vivos para posterior investigação no laboratório de informática. Antes de elaborar as questões orientadoras, relembremos a importância da classificação da biodiversidade e as características dos seres vivos.

Durante a atividade, predominaram as representações verbais, orais e escritas. Os estudantes discutiram entre si (representação verbal oral) e registraram suas perguntas no caderno (representação verbal escrita).

P_{1s}: Vamos retomar o que vimos na aula passada? Por que é importante classificar os seres vivos?

E07_{1s}: A classificação é importante para que os pesquisadores consigam estudar melhor os animais.

E10_{1s}: Pra ser mais fácil organizar os animais.

E12_{1s}: Para saber uma localização melhor deles.

E02_{1s}: A gente se sentou em grupo, aí você deu determinados animais e falou: como vocês se separariam cada um? Há pessoas que se separam por cor, por espécie, por habitat.

P_{3s}: E aí pra ficar mais fácil pra separar, vocês organizaram, classificaram. Quais são as cinco características que os seres vivos têm?

E02_{2s}: Nasce, cresce e morre.

E07_{2s}: Ciclo da vida.

E02_{3s}: Nutrição.

E07_{3s}: Receber água.

E12_{2s}: Alimentação.

Nas falas de E07_{1s}, E10_{1s} e E12_{1s} evidenciamos o indicador *justificativa*, pois os estudantes apresentam uma razão para a importância da classificação dos seres vivos. E07_{1s} legitima que essa prática ajuda pesquisadores a estudarem melhor os animais. E10_{1s} aponta que ela facilita a organização e E12_{1s} relaciona com a localização dos seres vivos. Com isso, ambos os estudantes revelam a capacidade de sustentar uma ideia com base em motivos consistentes com o contexto discutido.

E02_{1s} menciona uma atividade anterior, na qual os alunos agruparam animais conforme diferentes critérios. Nesse trecho caracteriza o indicador *classificação de informações*, já que o estudante descreve uma ação de agrupamento com base em propriedades como cor, espécie e habitat, estabelecendo categorias.

Em P₃ a professora solicita a enumeração das características dos seres vivos. E02_{2s} inicia com “nasce, cresce e morre”, onde evidenciamos a *seriação de informações*, pois as etapas do ciclo da vida são listadas em uma ordem lógica. Em continuidade, E07_{2s} afirma “ciclo da vida”, o que indica *classificação de informações*, ao nomear um conceito abrangente que agrupa as etapas citadas.

E02_{3s}, E07_{3s} e E12_{2s} apresentam novos elementos, como “nutrição”, “receber água” e “alimentação”, os quais compõem uma lista coerente de características dos seres vivos, reforçando o uso do indicador de *seriação de informações*.

Assim, ao longo das falas, os estudantes revelam IAC como *justificativa*, *classificação de informações* e *seriação de informações*, todos verbalizados oralmente, sem coordenação com outras formas representacionais.

Em seguida, a professora sorteia os temas e explica coletivamente e

individualmente que as duplas deverão elaborar questões sobre o reino sorteado para posterior investigação no laboratório de informática.

P_{1s}: Então, ó: agora que relembramos as características dos seres vivos, vou dar um tempinho para vocês se organizarem em duplas. Juntos, vocês vão pensar nas questões que vão pesquisar. Como vocês vão colocar as perguntas lá no laboratório de informática, para conhecer o seu reino e montar a apresentação?

E14_{1s}: A gente colocou as características desses seres vivos, no caso plantae (o aluno lê as questões elaboradas pela dupla). O que é o reino? Os exemplos? (Quais são os exemplos de seres vivos do reino plantae?) Sei lá, uma espécie de planta. Aonde eles têm? Onde vivem? E qual a origem?

E03_{1s}: O que é fungo? O que eles fazem?

E14_{2s}: As plantas têm células?

P_{2s}: As plantas têm células? (A professora repassa a pergunta para a turma.)

E11_{1s}: Sim. Ela é ser vivo. Todo ser vivo tem células.

E14_{3s}: É verdade! Mas qual é o tipo de célula? Qual é o nome? Como é que elas são? Eucarionte ou procarionte?

E07_{1s}: Quais são as características da bactéria?

E07_{2s}: Qual a diferença do reino Monera para os outros? E quais são as principais características que diferenciam o reino Monera para os outros?

E05_{1s}: Professora, eu coloquei assim: O que é protista? Para que serve? Eu coloquei a característica (Quais as características dos protistas?).

E09_{1s}: Qual a característica dele (fungo)?

P_{3s}: Agora que todos elaboraram as questões nós vamos descer para o laboratório de informática. Lembrem-se de prestar atenção no site que estão pesquisando, ou seja, a fonte da informação.

Nesta etapa, a maioria das falas dos estudantes, como evidenciado em E14_{1s}, E03_{1s}, E14_{2s}, E14_{3s}, E07_{1s}, E07_{2s}, E05_{1s} e E09_{1s}, revela o indicador de *levantamento de hipóteses*. Os estudantes elaboram perguntas investigativas acerca de diferentes reinos e seres vivos, como o *plantae*, os fungos, os protistas e as bactérias. Essas indagações ressaltam curiosidade, interesse e envolvimento com os conteúdos trabalhados. Além de indicarem uma postura ativa diante da construção do conhecimento, o que é essencial no contexto da investigação científica.

E11_{1s} mobiliza os indicadores de *explicação* e *raciocínio lógico*. Articula conceitos biológicos previamente conhecidos para justificar que as plantas têm células. Utiliza as premissas "ela é ser vivo" e "todo ser vivo tem células" para sustentar sua conclusão. Essa organização evidencia uma estrutura lógica de pensamento e o uso adequado de conhecimentos científicos para fundamentar a

resposta.

De forma geral, observa-se o predomínio do *levantamento de hipóteses* nas interações, sinalizando uma etapa inicial de investigação marcada por questionamentos elaborados pelos estudantes. Pontualmente, há manifestações de explicação e raciocínio lógico, que enriquecem o processo e revelam apropriação conceitual. Esses elementos caracterizam um momento produtivo para o desenvolvimento da alfabetização científica e ratificam a importância das interações dialógicas durante o ensino de Ciências.

A atividade valoriza a formulação de perguntas como ponto de partida, e a elaboração de questões antes do início da pesquisa no laboratório de informática favorece a mobilização do indicador *levantamento de hipóteses*, evidenciado de forma predominante, e assegurou um grau de liberdade aos estudantes, uma vez que foram incentivados a construir perguntas com base em seus conhecimentos prévios e interesses. Com isso, os estudantes atuaram como sujeitos ativos dos processos de ensino e de aprendizagem: elaboraram questionamentos, ouviram os colegas, complementaram falas e buscaram informações para responder às questões que eles mesmos formularam. Esse cenário evidencia uma transição do ensino transmissivo para uma abordagem investigativa em que o professor exerce o papel de mediador e orientador das ações dos estudantes.

Além disso, a partir das perguntas norteadoras E11_{1s} propõe explicações fundamentadas em conhecimentos anteriores. Isto indica que a atividade didática implementada criou condições para a articulação de ideias e a construção de justificativas com base em relações lógicas entre conceitos, o que contribui para o desenvolvimento de um pensamento científico mais elaborado. Ressalta-se, portanto, que a atividade de ensino planejada e conduzida beneficiou a emergência dos IAC ao criar oportunidades para que os estudantes mobilizassem habilidades próprias da ciência, em consonância com os princípios da alfabetização científica.

6.2.2 Etapa II - Investigação no Laboratório de Informática

Os trechos a seguir referem-se à Etapa II do seminário intitulada "Investigação no Laboratório de Informática". Neste momento de ensino e aprendizagem, os estudantes atuaram em pares para buscar, no laboratório de informática, respostas às perguntas orientadoras sobre os grupos dos seres vivos (Figura 8). A professora

acompanhou a realização da atividade, orientando, questionando e avaliando a pesquisa dos estudantes. Para facilitar a organização e apresentação da análise abaixo, os diálogos foram separados em episódios. Cada episódio contempla as interações entre a professora e a dupla. Nos casos em que as interações ocorreram em espaços de tempo diferentes, como início e final da aula, os episódios foram subdivididos em parte 1 e parte 2.

As representações mobilizadas nesta etapa foram: verbal oral, nas trocas entre os colegas e com a professora; verbal escrita, nos registros das respostas e imagética, por meio de imagens impressas ou desenhadas.

Figura 8 - Estudantes realizando a investigação no laboratório de informática



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

A seguir temos a análise dos episódios.

Episódio 1 - Professora e a dupla E02 - E05

Parte 1

E02_{1s}: Professora, isso para o nosso está certo? (mostra na tela do computador o trecho do texto)

P_{1s}: Eu acho que aí tem informações essenciais, mas que precisam ser selecionadas. Então vocês leram o primeiro parágrafo. O que vocês têm de informação importante nesse primeiro parágrafo?

E02_{2s}: Então a pessoa está falando das classificações dos seres vivos,

dos cinco reinos. Falando aqui da biodiversidade, que é uma grande variedade de organismos e plantas, por exemplo.

Aí vai falando os seres que têm “unicelulares” e “multicelulares”.

P_{2s}: Isso aí (professora refere-se ao trecho apontado pelo estudante) são os seres vivos que têm no reino ou são as características dos seres?

E02_{3s}: Não, professora, está falando dos seres. (olha novamente para a tela) Não, é a característica! (tom de eureka)

P_{3s}: O que a gente tem ali então são seres vivos ou características?

E02_{4s}: Características.

P_{4s}: Características, ok. Vocês sabem o significado de todas essas características?

E02_{5s}: Unicelular é que tem uma célula, multicelular possui várias células. E essas duas outras (autotróficos e heterotróficos) a gente vai ter que pesquisar.

E02 mobiliza diferentes IAC ao interagir com a professora durante a leitura e interpretação de um texto sobre os reinos dos seres vivos. Ao questionar a validade da informação encontrada no *site* (E02_{1s}), vê-se surgir o indicador *levantamento de hipóteses* relacionado à curiosidade e disposição para verificar o conteúdo acessado. Em seguida, seleciona e relata informações relevantes do texto (E02_{2s}), como a menção à biodiversidade e à presença de seres unicelulares e multicelulares, mobilizando o indicador de *organização de informações* ao sintetizar dados que considera importantes.

Diante da mediação, o estudante reformula sua compreensão inicial (E02_{3s}) e evidencia *raciocínio lógico* ao inferir uma nova interpretação com base nas colocações disponíveis no texto. Por fim, ao explicar o significado dos termos “unicelular” e “multicelular” (E02_{5s}), mobiliza o indicador de *explicação* ao articular conhecimentos prévios e definir conceitos científicos com clareza.

A sequência evidencia a progressão dos IAC: *levantamento de hipótese* (E02_{1s}), *organização de informações* (E02_{2s}), *raciocínio lógico* (E02_{3s}) e *explicação* (E02_{5s}). No plano representacional, importa destacar que tais indicadores emergem em um contexto marcado pelo trânsito semiótico entre o texto digital e a interação oral com a professora. Trata-se de *Nível I*, sem coordenação com outra representação.

O indicador de *levantamento de hipóteses* é visto quando o estudante expressa incerteza sobre a informação acessada em um *site*, ao perguntar E02_{1s}: “*Professora, isso (informações selecionadas no site de pesquisa) para o nosso está certo?*”. A dúvida faz ver a disposição do estudante para investigar a validade da fonte, acionando a representação escrita como ponto de partida. No movimento seguinte, o estudante transpõe o conteúdo escrito para a fala e sintetiza as informações lidas

(E02_{2s}: “Então a pessoa está falando das classificações dos seres vivos, dos cinco reinos. Falando aqui da biodiversidade (...) unicelulares e multicelulares”), o que caracteriza o *Nível I*. A escolha do *site* e a seleção das informações na forma textual e a explicitação oral foram realizadas pelo estudante, portanto uma mobilização *Independente*.

Diante da mediação da professora (P₂: “são os seres vivos que têm no reino ou são as características dos seres?”), o estudante revisita o texto e reformula sua interpretação. Inicialmente, afirma E02_{3s}: “Não, professora, está falando dos seres”, mas, ao olhar novamente para a tela, retifica E02_{3s}: “Não, é a característica!”. Esta fala revela *raciocínio lógico*, pois, ao confrontar o que leu com o questionamento, o estudante reorganiza sua compreensão de forma mais precisa. Esse ajuste revela que a transição entre fala (pergunta da professora) e escrita (releitura do trecho), *Nível I*, foi *Dependente* da intervenção docente.

Por fim, E02_{5s} comenta: “Unicelular é que tem uma célula, multicelular possui várias células. E essas duas outras (autotróficos e heterotróficos) a gente vai ter que pesquisar”. Trata-se de *Nível I* (Texto → Fala): o estudante toma o escrito como base, oferece definições e identifica uma lacuna a investigar. Neste momento, E02_{5s} revela o que sabe e o que precisa buscar, com evidências do indicador *explicação* em desenvolvimento; “o que precisa buscar” não configura nova representação, mas sim a identificação de uma lacuna. A ação é *Dependente*, pois a mobilização representacional (Texto → Fala) é desencadeada por P_{4s}.

Parte 2

E02_{1s}: Ué? O elefante nada?

P_{1s}: É, hoje com a inteligência artificial a gente tem que estar atento às imagens. Transforma em uma pergunta para sua pesquisa. O elefante nada?

(O estudante pesquisa em *sites*)

E02_{2s}: É verdade, professora. Ele nada!

P_{2s}: Vocês descobriram quem são os protistas?

E05_{1s}: Sim.

P_{3s}: Quem são, E05? O protista é uma árvore? É um gato, um cachorro? Quem que é um protista?

E05_{2s}: Como se fosse uma bactéria, né?

P_{4s}: Sobe um pouquinho, E05. Vai lá em imagem.

E05_{3s}: Isso é uma bactéria. (aponta para os protozoários que apareceram na tela)

P_{5s}: Por que você acha que isso é uma bactéria?

E05_{4s}: Pelo formato dela.

P_{6s}: Olha como é a célula de uma bactéria. Será que ela é igual

àquela do outro lado?

E05_{5s}: Não.

P7_s: Percebem a diferença?

E05_{6s}: Elas são diferentes por dentro. Essa tem mais coisa.

P8_s: O que a célula do protozoário tem de diferente da bactéria?

P9_s: Ficou alguma palavra desconhecida?

E05_{2s}: Não, a gente copiou o significado de todas. E copiamos de *sites* diferentes pra não ter perigo de...

E02_{3s}: De não ser confiável.

P10_s: Muito bem! Se vocês pudessem representar um ser vivo protista, como vocês representariam?

E02_{4s}: Professora aqui está dizendo que alga é protista. Podemos desenhar uma alga?

P11_s: Sim, mas cuidado com a característica dessa alga. Especifica que é alga do reino protista.

E02_{5s}: Essa daqui?

P12_s: Abre o *site* e leia sobre ela para saber por que ela está no reino protista.

E02_{6s}: Por causa das características.

P13_s: Quais são elas? Será que ela tem essas características?

(O estudante desenha no caderno uma alga do gênero *Euglena* com indicação escrita de unicelular e eucariótica)

A análise dos IAC revela que E02_{1s} mobiliza o *levantamento de hipóteses* ao expressar surpresa: “*Ué? O elefante nada?*”, o que indica dúvida e interesse em validar a informação. Em seguida, E02_{2s} conclui: “*É verdade, professora. Ele nada!*”, o que configura um *teste de hipóteses*, pois a verificação foi feita por meio de pesquisa ativa. O trânsito semiótico entre texto *on-line* e fala com preservação do significado revela *Nível I*. Essa mobilização é *Dependente* de P_{1s}, que orienta transformar em pergunta e pesquisar.

E05_{2s} explica que utilizaram *sites* diferentes “*pra não ter perigo de...*”, completado por E02_{3s} com “*...de não ser confiável*”, a fala exhibe *justificativa* e preocupação com a credibilidade da informação. Logo após, ao perguntar se pode desenhar uma alga com base em uma imagem (E02_{4s} e E02_{5s}), evidencia-se o *levantamento de hipóteses*, pois indica intenção de validar a classificação antes de representar. Ao responder E02_{6s}: “*Por causa das características*”, mobiliza o indicador *organização de informações*, estabelece relação entre atributos e classificação biológica e, após P_{13s} (“Quais são elas? Será que ela tem essas características?”), produz no caderno uma nova representação imagética (desenho de uma alga do gênero *Euglena* com indicações “unicelular” e “eucariótica”). Trata-se de *Nível II*: há coordenação entre texto e imagem de referência e produção de representação com elementos de conteúdo novos. A produção decorrente das solicitações docentes em P_{10s}–P_{13s} apresenta mobilização representacional *Dependente*.

E05_{2s} afirma: “*Como se fosse uma bactéria, né?*”, e logo depois, ao observar a imagem, diz E05_{3s}: “*Isso é uma bactéria*”, reforçando o *levantamento de hipóteses*, agora baseado em uma suposição imagética. Quando justifica essa hipótese com E05_{4s}: “*Pelo formato dela*”, aciona o indicador de *justificativa*. A troca entre imagem e fala revela *Nível I*. Os direcionamentos em P_{4s} e P_{5s} conferem caráter *Dependente*.

A seguir, ao observar diferenças entre imagens e afirmar E05_{6s}: “*Essa tem mais coisa*”, evidencia o indicador *organização de informações*, pois articula as observações para reorganizar o conceito. A coordenação entre as duas imagens (bactéria × protozoário) explicitadas em fala evidencia o *Nível II*. A mobilização é *Dependente* de P_{6s} e P_{7s} que orientam a comparação.

A Figura 9 esquematiza a interação de E05 e permite observar que o *levantamento de hipótese* (E05_{2s}) é sustentado (E05_{3s}) e refinado (E05_{4s}) a partir da introdução da representação imagética da bactéria, momento em que o estudante realiza o trânsito semiótico entre imagem e fala após a intervenção docente (*Nível I, Dependente*). Na sequência, diante da sugestão docente de comparar imagens de bactérias e protozoários (*Nível II, Dependente*), E05 amplia (E05_{6s}) a compreensão, organiza as informações e explicita a diferença entre os tipos celulares.

Figura 9 – Representação esquemática dos IAC e da mobilização representacional de E05 durante as interações no laboratório de informática.



Fonte: Elaborado pela autora.

Diante do exposto, as múltiplas representações são estruturantes do processo

investigativo. A imagem deixa de ser ilustrativa e passa a funcionar como ferramenta epistêmica: com uma imagem, os estudantes formulam hipóteses e apresentam justificativas ancoradas no visível (*Nível I*); com duas imagens colocadas em contraste, organizam informações por comparação e refinam distinções conceituais (*Nível II*). A docente desencadeia e orienta o foco de observação e de comparação, o que configura mobilizações *Dependente*. Por fim, o desenho de *Euglena* com rótulos “unicelular” e “eucariótica” constitui re-representação com conteúdo novo, evidenciando integração de fontes e avanço na explicitação dos critérios classificatórios.

Episódio 2 - Professora e a dupla E14 - E15

E14_{1s}: A planta é um organismo eucarionte? (tom de espanto na fala)

P_{1s}: Por que você se espantou com essa informação?

E14_{2s}: Porque a planta não é um organismo daquele tamanho tão minúsculo.

P_{2s}: Por quê? Você acha que pra ser eucarionte tem que ser minúsculo?

E14_{3s}: Será uma célula? A planta não é uma célula, não. A planta é uma planta.

P_{3s}: Pera lá. Eucarionte, então, é uma célula?

E14_{4s}: Célula é eucarionte? Célula é uma célula.

P_{4s}: É uma célula?

E14_{5s}: Não, várias.

P_{5s}: Então se eu falar que a planta é eucarionte, quer dizer que ela tem uma célula só?

E15_{1s}: Olha quantas células tem nela. (aponta para a imagem no computador)

E14_{6s}: Não.

P_{6s}: Ela não poderia ter milhões de células e todas essas serem eucariontes?

E14_{7s}: Então quer dizer que a planta é o organismo? Que ela é o organismo?

P_{7s}: Que ela é o organismo? O organismo quer dizer que ela é um ser vivo.

E14_{8s}: Ahhh, organismo porque ela é um ser vivo.

P_{8s}: Isso! O organismo. Ser vivo.

E14_{9s}: Eucarionte tem núcleo ou não tem?

P_{9s}: Abre a janelinha do lado aí, vamos lá. Eucarionte tem núcleo ou não tem? Uma coisa interessante, quando você estiver pesquisando, você olhar a origem da palavra, porque vai ajudar a entender.

E15_{2s}: Tem núcleo.

P_{10s}: Se você escrever ali (indica a barra de pesquisa do *Google*), E14, eucarionte, célula vegetal, e pedir para ver uma imagem. O aluno digita “eucarionte” e “vegetal”.

P_{11s}: Aí você clica lá, isso, nas imagens.

E14_{10s}: (Grito de espanto ao aparecer as imagens) Então, tem vários

tipos de células. Tem vegetal, animal. Mas você não falou disso.

P_{12s}: Nós falaremos. Nós falaremos, por isso que a gente veio pesquisar.

E15_{3s}: Ela é verde igual a você.

P_{13s}: Por que será que ela é verde?

E14_{11s}: A planta, ela é...

P_{14s}: Pesquisa aí, próxima pesquisa. Percebem como as perguntas são importantes para direcionar as pesquisas?

P_{15s}: Por que a gente não é verde e ela é verde?

E14_{12s}: Minha célula é negra. E a célula da planta é verde.

P_{16s}: Por que será? Qual pigmento cada uma delas tem?

E14_{13s}: Vamos pesquisar. Professora, a planta tem milhares de células.

P_{17s}: Isso.

E14_{14s}: Isso aqui, olha (apontando para a pele do braço). Quantos núcleos deve ter aqui, professora?

E14_{15s}: Eu estou abismado.

P_{18s}: Está abismado.

E14_{16s}: Já tinha ouvido a palavra pluricelular, mas, nossa, eu não tinha ideia que era isso.

P_{19s}: Que bom que está aprendendo. Segue essas orientações e continue a pesquisa.

E14_{17s}: Ainda estou abismado, professora. (o estudante olha as imagens das células vegetais na tela do computador)

P_{20s}: Por que você está abismado? É lindo, não é?

E14_{18s}: Olha aqui, professora. (aponta para as imagens das células vegetais na tela do computador) Você vê a planta. Aí dentro da planta tem células. Dentro das células tem outro organismo. E dentro deles tem mais e mais e mais.

P_{21s}: Na verdade, não é que dentro da célula tem células. Na célula tem as organelas que vão realizar várias funções. Logo logo vamos estudar essa parte.

E14 mobiliza diversas vezes o indicador de *levantamento de hipóteses*, como observado em várias falas, tais como: E14_{1s}, E14_{3s}, E14_{7s}, E14_{9s}, E14_{10s}, E14_{12s}, E14_{14s}. O estudante formula perguntas abertas e expressa dúvidas diante de conceitos como organismo, célula e eucarionte, revelando curiosidade científica e interesse genuíno em compreender os temas discutidos. Essas hipóteses, mesmo quando apresentam concepções alternativas, revelam um movimento investigativo coerente com os objetivos da alfabetização científica.

Além disso, o *raciocínio lógico* aparece com destaque nas falas em que o estudante busca estabelecer relações entre ideias ou reorganizar seu pensamento diante das novas informações, como nas linhas E14_{2s}, E14_{4s}, E14_{12s}, E14_{16s}, E14_{18s}. Por exemplo, ao afirmar que a planta não pode ser uma célula por ser grande (E14_{2s}: “Porque a planta não é um organismo daquele tamanho tão minúsculo”), ou ao refletir sobre o significado de “pluricelular” (E14_{16s}: “Já tinha ouvido a palavra pluricelular,

mas, nossa, eu não tinha ideia que era isso”), o estudante tenta estruturar seu conhecimento a partir de inferências lógicas.

Ainda que eventualmente incorretas, como na ideia de que "dentro da célula há outro organismo" (E14_{18s}: *“Você vê a planta. Aí dentro da planta tem células. Dentro das células tem outro organismo. E dentro deles tem mais e mais e mais”*), tais momentos indicam esforço de elaboração de significados com base na análise das evidências disponíveis.

O indicador de *organização de informações* emerge quando os estudantes recorrem a imagens e resultados de pesquisa para compreender e sintetizar conceitos científicos. Em E15_{1s}, ao visualizar a imagem no computador, o estudante afirma: *“Olha quantas células tem nela”*, utilizando a representação imagética como apoio para compreender a estrutura celular da planta. A troca representacional (Imagem → Fala), *Nível I, é Independente*. Em E15_{2s}, após a mediação da professora, responde de forma objetiva: *“Tem núcleo”*, sintetizando a informação pesquisada e confirmando a presença de núcleo nas células eucariontes. Trata-se do *Nível I (Texto → Fala) Dependente*, pois a situação investigativa e o foco são mediados pela docente (P_{9s}, P_{11s}).

Por fim, há *explicação* quando E14 elabora relações conceituais, como ao associar organismo a ser vivo (E14_{8s}: *“Ahhh, organismo porque ela é um ser vivo”*) e ao explicar que a planta possui milhares de células (E14_{13s}: *“Professora, a planta tem milhares de células”*). Essas falas evidenciam a articulação de ideias que contribuem para o desenvolvimento de um entendimento mais estruturado e compatível com o discurso científico, ancoradas nas consultas aos textos e nas imagens acessadas.

Os IAC emergem de maneira articulada ao longo do episódio de ensino aprendizagem, com destaque para o *levantamento de hipóteses*, o *raciocínio lógico*, a *organização de informações* e a *explicação*. Essa articulação decorre do fato de que as participações dos estudantes não ocorrem de forma isolada ou linear, mas revelam uma progressão em que diferentes indicadores se sucedem e se reforçam mutuamente, à medida que os conceitos são explorados, confrontados e reelaborados. Isso pode ser observado quando E14_{2s}, ao questionar se a planta é um organismo eucarionte (E14_{1s}), inicia com um *levantamento de hipótese*; em seguida, confronta essa ideia com a percepção de que a planta E14_{2s}: *“não é um organismo daquele tamanho tão minúsculo”*, mobilizando *raciocínio lógico*; e mais adiante, diante das imagens consultadas, conclui que E14_{13s}: *“a planta tem milhares de células”*,

elaborando uma *explicação* fundamentada. Essa sequência evidencia um movimento de construção conceitual sustentado pela circulação entre diferentes indicadores com apoio pontual de representações específicas.

Situação similar aparece na fala de E15, quando observa a imagem da planta e afirma: E15_{1s}: “*Olha quantas células tem nela*”, utilizando um recurso imagético para organizar a informação visual em uma síntese verbal oral. Logo em seguida, ao afirmar E15_{2s}: “*Tem núcleo*” com base na pesquisa orientada pela professora, o estudante apresenta uma formulação objetiva de um conceito científico. Nesses trechos, a *organização de informações* decorre de explicitações ancoradas em imagem (E15_{1s}) e em consulta textual (E15_{2s}). Trata-se de *Nível I* em ambos. Mobilização representacional: *Independente* em E15_{1s} e *Dependente* em E15_{2s}. No encadeamento, essas mobilizações contribuem para o ganho conceitual do mesmo estudante

Além da articulação entre os IAC, o episódio revela a mobilização das representações ao longo do processo investigativo. O *Nível I* pode ser evidenciado quando E14 transita do texto escrito para a fala ao refletir sobre o conceito de célula eucarionte. Após afirmar que a planta não poderia ser uma célula por não ser minúscula (E14_{2s}), passam a observar a imagem no computador e E15_{1s} comenta: “*Olha quantas células tem nela*”, incorporando o recurso imagético à construção do conceito.

Esse percurso, mediado pela disponibilidade de representações imagéticas, pelo texto consultado e pelas reformulações verbais do estudante mediante intervenções docentes, revela um esforço de coordenação e integração entre diferentes formas representacionais para a elaboração de significados. As interações dialógicas, provocadas pelas perguntas da docente (P_{1s} a P_{21s}) e pela escuta ativa entre os pares, desempenham papel central na organização das ideias e na sustentação do grau de liberdade investigativa concedido aos estudantes.

No encadeamento do episódio, a coordenação de representações sustenta a virada conceitual do estudante: ele inicialmente associa “eucarionte” a “minúsculo” por confundir com “unicelular” (E14_{1s}, E14_{2s}). Com os questionamentos da professora (P_{9s}, P_{11s}), acessa a definição textual de eucarionte = tem núcleo (E15_{2s}) e confronta essa informação com as imagens de células vegetais (E15_{1s}: “*Olha quantas células tem nela*”). Em seguida, amplia a compreensão para pluricelularidade, projetando o conceito no próprio corpo (E14_{13s}; E14_{14s}: “*Quantos núcleos deve ter aqui?*”). Assim,

texto, imagem e mediação operam de forma integrada para separar duas ideias distintas, ter núcleo (eucarionte) e ter muitas células (pluricelular), e para superar a confusão inicial entre “eucarionte” e “unicelular”. Essa mobilização revela o *Nível II*.

A construção do conhecimento científico, portanto, conta com o apoio epistêmico de imagens e consultas textuais, que ancoram explicitações de texto/imagem em fala (*Nível I*) e favorecem o refinamento de explicações e inferências rumo ao ganho conceitual (*Nível II*).

Por fim, os dados analisados indicam que a articulação entre os IAC, o uso orientado de diferentes representações e a estrutura investigativa da atividade favorecem um percurso de aprendizagem dinâmico, ainda que não linear. O episódio envolvendo E14 e E15 mostra que esse processo é marcado por reformulações, descobertas e reorganizações conceituais. Tais achados reforçam a importância de contextos de ensino que estimulem o trânsito e a integração entre modos semióticos como estratégia para o desenvolvimento do pensamento científico.

Ao orientar os estudantes a digitarem termos específicos e acessarem a aba “imagens”, a professora desencadeia mobilizações de *Nível I* (Imagem → Fala), ao articular leitura, observação e análise visual. Essa transição sustenta a emergência de IAC como *levantamento de hipóteses* e *organização de informações* possam emergir, como evidenciado nas falas de E15 e E14. O espanto verbalizado (“*Eu estou abismado*”) e os comentários sobre a imagem (“*Olha aqui, professora...*”) funcionam como expressões do impacto cognitivo da representação visual e são acolhidos pela professora como pontos de partida para pesquisa orientada. Nessa mobilização, o envolvimento afetivo do estudante com o conteúdo visual atua como catalisador do pensamento investigativo, sem configurar por si só uma nova mobilização representacional, e promove um ambiente em que a dúvida, a curiosidade e o raciocínio científico são mediados pela circulação entre modos. Assim, as representações mobilizadas não apenas ampliam os caminhos possíveis para a aprendizagem, mas dão suporte epistêmico à emergência dos IAC ao tornar visíveis, comparáveis e discutíveis os elementos conceituais em jogo.

Episódio 3 - Professora e a dupla E11 - E12

P_{1s}: E aqui está dando certo?

E12_{1s}: Sim. Estamos na última pergunta.

P_{2s}: Posso ver? “Monera é um reino biológico que inclui todos os organismos vivos que possuem uma organização procariótica”

(leitura do trecho selecionado e escrito no caderno). Vocês sabem o que é procariótica?

Alunos_{1s}: Não.

P_{3s}: Então é uma outra pergunta que vocês podem fazer. O que é uma organização celular procariótica? Posso fazer um desenho, uma imagem?

E11_{1s}: Mas procariótica é uma célula né, professora?

P_{4s}: É uma célula? Então se eu falar assim, o que é procariótica, E11? Como você responderia?

E12_{2s}: É um tipo de célula que eu acho que não usa núcleo.

P_{5s}: Não usa núcleo? Então isso que vocês estão falando é uma hipótese que vocês têm. Eu posso abrir uma janelinha aqui do lado e confirmar se isso está certo ou está errado? Então faz essa pergunta e continua a investigação.

A professora atende outra dupla enquanto os estudantes continuam a pesquisa. Em seguida, retorna e continua o diálogo.

P_{6s}: Vamos retomar o de vocês. Qual o reino?

E12_{3s}: Reino Monera.

P_{7s}: Está. Então essa é a célula do Reino Monera. O que que tem nessa célula diferente pra ela não está em outro reino?

E12_{4s}: Núcleo.

P_{8s}: Ela tem núcleo?

E12_{5s}: Tem núcleo, E11?

E11_{2s}: Não.

P_{9s}: Tem ou não tem? Eu não estou sentindo muita confiança na resposta.

E11_{3s}: Não, não tem.

E12_{6s}: Tem sim.

P_{10s}: Mostra pra mim onde está o núcleo dela.

E12_{7s}: Tem imagem que mostra o núcleo.

P_{11s}: Qual?

E12_{8s}: Essa. Aqui ó. (aponta para a palavra "nucleóide")

P_{12s}: Aí está escrito núcleo?

E12_{9s}: Núcleo.

P_{13s}: Nucleóide. (professora refaz a leitura de maneira enfática para o estudante perceber a diferença) Será que é a mesma coisa que núcleo? Vamos pesquisar?

E12_{10s}: Posso escrever o que é nucleóide?

(A professora acena que sim.)

P_{14s}: E aí?

E12_{11s}: Fala que é uma região das células procariontes onde se encontra o material genético desses organismos e que ele não é rodeado por uma membrana nuclear.

P_{15s}: Então nucleóide é a mesma coisa que núcleo?

E12_{12s} e E11_{4s}: Não.

P_{16s}: A célula do Reino Monera possui núcleo?

E12_{13s} e E11_{5s}: Não.

E11_{6s}: Eu acertei. Tinha falado que não.

E11_{1s} e E12_{2s} explicitam o indicador de *levantamento de hipóteses* ao tentarem compreender o conceito de célula procariótica. Quando E11_{1s} afirma: “Mas procariótica é uma célula né, professora?”, e E12_{2s} complementa: “É um tipo de célula

que eu acho que não usa núcleo”, torna-se claro que os estudantes estão formulando suposições com base em conhecimentos prévios ainda incertos. O uso da expressão *“eu acho”*, por parte de E12_{2s}, sinaliza incerteza e, ao mesmo tempo, disposição para investigar, reforçada pela mediação da professora ao afirmar P₅: *“Então isso que vocês estão falando é uma hipótese que vocês têm”*.

Na sequência, o diálogo prossegue com a pergunta P₇: *“O que que tem nessa célula diferente pra ela não está em outro reino?”*. A resposta de E12_{4s}: *“Núcleo”* e a de E11_{2s}: *“Não”* indicam novas hipóteses que os estudantes tentam testar mutuamente. A divergência acentua-se quando E12_{6s} diz: *“Tem sim”*, contrapondo-se a E11_{3s}: *“Não, não tem”*. Esse desacordo leva à tentativa de validação visual da hipótese E12_{8s}: *“Essa. Aqui ó”*, apontando para a palavra nucleóide, que é equivocadamente lida como E12_{9s}: *“núcleo”*. Aqui há coordenação entre texto na tela e imagem com explicitação oral, *Nível II, Dependente*, pois P_{10s} e P_{13s} desencadeiam e conduzem

A partir da intervenção da professora P_{12s}: *“Aí está escrito núcleo?”*, inicia-se o processo de *teste de hipóteses*. Esse indicador se explicita em E12_{10s}, quando o estudante propõe: *“Posso escrever o que é nucleóide?”* e inicia a verificação do conceito. Após realizar a pesquisa, E12 reformula sua compreensão e afirma E12_{11s}: *“Fala que é uma região das células procariontes onde se encontra o material genético desses organismos e que ele não é rodeado por uma membrana nuclear.”*. Com isso, evidencia-se o indicador de *organização de informações*, uma vez que o estudante reestrutura a explicação com base no material pesquisado e organiza os dados de forma mais precisa. Tem-se o *Nível I, Dependente* de P_{12s} e P_{14s}.

Em seguida, a professora retoma a dúvida inicial P₁₅: *“Então nucleóide é a mesma coisa que núcleo?”*, ao que os estudantes respondem categoricamente E12_{12s} e E11_{14s}: *“Não”*, com base no contraste estabelecido entre as fontes consultadas e a leitura anterior e indica a mobilização do indicador de *raciocínio lógico*. Essa inferência é reafirmada na fala final de E11_{6s}: *“Eu acertei. Tinha falado que não”*, ao mostrar que o estudante acompanhou o processo, comparou conceitos e validou sua hipótese inicial com base nas informações obtidas.

O episódio apresenta a articulação entre diversos IAC, como *levantamento e teste de hipóteses*, *organização de informações* e *raciocínio lógico*. O percurso mostra formulação, verificação e ajuste de hipóteses com base na pesquisa (texto/imagem) e na mediação docente. Ressalta-se que a presença do erro inicial, a confusão entre

núcleo e nucleóide, não constitui um obstáculo, mas integra o processo de elaboração de significados, superado pela coordenação das representações e pela checagem dirigida.

A coordenação aparece quando texto, imagem e fala são usados conjuntamente para avaliar a hipótese “*tem núcleo?*”, com correção conduzida por P_{12s} a P_{15s}. A mediação delimita a interpretação, orienta o foco conceitual e sustenta a checagem.

Episódio 4 - Professora e a dupla E03 - E09

Parte 1

P_{1s}: Qual pergunta vocês estão respondendo agora? Qual é a pergunta?

E09_{1s}: O que é o fungo?

P_{2s}: O que acharam de resposta?

E09_{2s}: Os fungos já foram classificados como vegetais. E também como protistas. Atualmente são agrupados no reino, a parte chamada, o reino fungi.

P_{3s}: Certo. Vocês já responderam até agora o que é fungo? O que é fungo? Já apareceu nisso que você leu essa resposta? O que é um fungo?

E09 e E03 permanecem em silêncio.

P_{4s}: Ó, então eles já foram classificados como vegetais, né? Mas atualmente eles estão no reino à parte, que é o reino fungi. Mas o que são esses fungos? Aqui começa, na verdade, a resposta. (professora aponta para o parágrafo do texto) Este grupo inclui... O que ele inclui?

E09_{3s}: Organismos diversos que vivem em quase todas...(dificuldade na leitura)

P_{5s}: Todos os...

E09_{4s}: Ambientes terrestres. E apresentam uma grande variação de formas e tamanhos.

P_{6s}: Certo! Aí pergunto pra você, E09, o que é um fungo? Onde que eu posso ver um fungo?

E09 e E03 permanecem em silêncio.

P_{7s}: E aí, E03? O que é um fungo? Quem são fungos?

E09_{5s}: Organismo que aparece em plantas?

P_{8s}: Ele pode aparecer nas plantas? Ele pode aparecer nas plantas.

E03_{1s}: Mas pode aparecer no chão.

P_{9s}: Por exemplo... como pode aparecer no chão?

E03_{2s}: Aquele bagulho verdinho, sabe?

E09_{6s}: No esterco?

E03_{3s}: É... Não.

E09_{7s}: Hã? Mato?

E03_{4s}: Não. Esqueci, professora. Quando fica úmido...

P_{10s}: Ah, o que a gente chama de lodo.

E03_{5s}: É, o lodo.

P_{11s}: Será que aquilo lá são fungos? Não. Aquilo são musgos, plantinhas. Será que a gente pode fazer essa pergunta e pesquisar

de um outro jeito? Entra na internet aí. Escreve a palavra fungo. Aperta imagens E09. A lá. O que tem aí de fungo? Vocês já viram algum desses?

E09_{8s}: Já vi esse aqui, professora.

P_{12s}: Esse aqui, ó. É o que você escreveu no caderno. Orelha de pau.

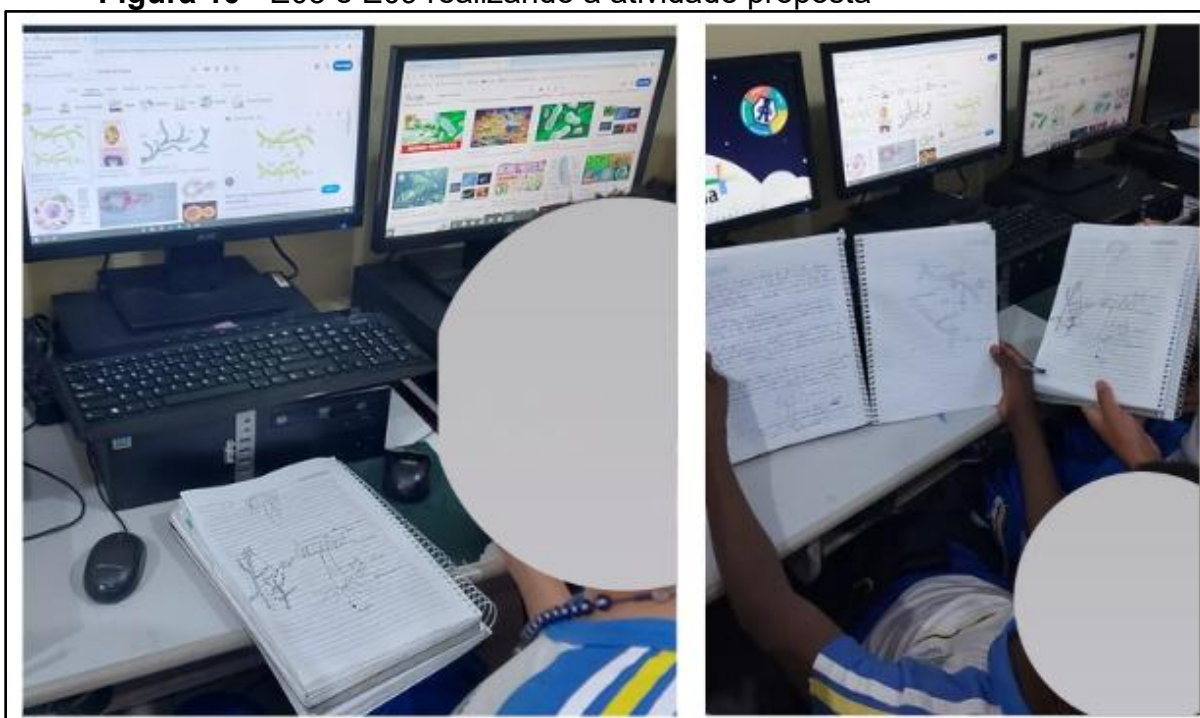
E03_{6s}: Esse aqui tem na minha casa. (aponta para um cogumelo branco)

E09_{9s}: Esse é fungo? (aponta para unha com micose)

E03_{7s}: Isso é um...

P_{13s}: Isso é micose. Ela é causada por um fungo. Vai olhando as imagens. Faz a imagem no caderno de vocês, para saberem quem é. (Figura 10)

Figura 10 - E03 e E09 realizando a atividade proposta



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Identificamos diferentes IAC, com destaque para *levantamento de hipóteses* e *organização de informações*. As falas de E09_{5s}, E03_{1s}, E03_{2s}, E09_{6s}, E09_{7s}, E03_{4s} e E03_{5s} revelam um processo contínuo de levantamento de hipóteses, marcado pela formulação de suposições e dúvidas quanto ao que são os fungos e onde podem ser encontrados. Por exemplo, ao afirmar E09_{5s}: “*Organismo que aparece em plantas?*”, E03_{1s}: “*Mas pode aparecer no chão*” ou E09_{6s}: “*No esterco?*”, os estudantes relacionam o conteúdo com situações observadas no cotidiano, manifestando curiosidade e esforço de elaboração de significado.

O indicador *organização de informações* aparece quando os estudantes sistematizam e contextualizam os dados obtidos na leitura e nas imagens. Em E09_{2s}:

“Os fungos já foram classificados como vegetais... atualmente são agrupados no reino *fungi*”, há uma reconstrução da trajetória classificatória dos fungos, o que mostra a capacidade de reunir e estruturar informações. Trata-se de *Nível I* (Texto → Fala); Mobilização representacional: *Dependente* - resposta solicitada por P_{2s} e P_{3s}. Em E09_{4s}: “vivem em quase todos os ambientes terrestres e apresentam grande variação de formas e tamanhos”, o estudante realiza a *seriação de informações*, listando características gerais dos fungos. Também *Nível I* (Texto → Fala); Mobilização representacional: *Dependente*. Posteriormente, as falas E09_{8s}: “Já vi esse aqui, professora” e E03_{6s}: “Esse tem na minha casa” apontam a associação entre imagens e experiências pessoais e indicam o reconhecimento dos fungos com base em referências visuais e memórias do cotidiano. Aqui ocorre *Nível I* (Imagem → Fala); Mobilização representacional: *Dependente* - P_{11s} direciona a busca por imagens.

A mediação promove, de forma intencional, a circulação entre modos representacionais (verbal, imagético e escrito), criando condições para o acionamento dos IAC. Isso é observado especialmente quando a professora orienta P_{11s}: “*Entra na internet aí. Escreve a palavra fungo. Aperta imagens E09*”. Esse deslocamento ativa a leitura de imagens; o *Nível I* se evidencia quando os estudantes descrevem e relacionam o que veem em fala (Imagem → Fala). Ao serem confrontadas com as imagens encontradas na busca *online*, as suposições orais sobre a presença de fungos em plantas, no chão ou em locais úmidos podem ser revistas e testadas. A imagem delimita a interpretação, auxiliando os estudantes a focarem nos aspectos relevantes para distinguir, por exemplo, fungos de musgos, quando coordenadas com perguntas mediadoras e conhecimentos prévios. Em P_{13s}, quando a professora relaciona a foto de unha com micose à explicação “*é causada por um fungo*”, há tradução da imagem em fala. *Nível I*. Mobilização representacional: *Dependente*.

Assim, a representação imagética não apenas complementa o conteúdo verbal: ela media a construção do conhecimento ao favorecer a validação, a comparação e o teste de hipóteses, contribuindo para o refinamento do levantamento e teste de hipóteses.

Nesse sentido, observa-se o encadeamento entre o indicador de levantamento de hipóteses e o uso da representação imagética como suporte investigativo, promovendo a passagem de exemplos cotidianos isolados para critérios mais sistemáticos de identificação. A partir da observação das imagens, os estudantes identificam elementos com base em suas experiências (E03_{6s}: “*Esse aqui tem na*

minha casa”; E09_{8s}: “*Já vi esse aqui, professora*”), e, quando articulam o que veem às perguntas e definições lidas, reorganizam entendimentos sobre o que são fungos e onde podem ser encontrados.

Além disso, há forte presença de interações dialógicas mediadas pela professora, que atua continuamente para estimular a reflexão, retomar perguntas, apoiar a leitura e orientar a busca por respostas. Nesta parte do episódio, a mobilização representacional é majoritariamente *Dependente* nas mobilizações.

Parte 2

Após atender outros estudantes, a professora retorna para verificar a atividade de E03 e E09 e continua a mediação.

P_{1s}: Deixa eu ver o caderno. Quando vocês leram o texto, E09 e E03, vocês entenderam, sabiam o que era um fungo? Ou vocês conseguiram perceber quando viram as imagens?

E09_{1s}: Consegui perceber quando vi as imagens.

P_{2s}: Então, dá um exemplo para mim de um fungo.

E09_{2s}: Um fungo.

P_{3s}: Isso.

E09_{3s}: Reino Fungi.

P_{4s}: É do Reino Fungi.

E09_{4s}: O fungo.

P_{5s}: Mas o que é um fungo que tem na nossa casa?

E09_{5s}: Cogumelo.

P_{6s}: Cogumelo, o que mais?

E09_{6s}: Bactéria.

P_{7s}: Bactéria é fungo?

E09_{7s}: Não.

P_{8s}: Vamos pôr essa pergunta lá na pesquisa? Bactéria é fungo? Será que a bactéria é igual a esse desenho que vocês fizeram? Será que a gente vê a bactéria igual a gente vê a maioria dos fungos?
(*Após alguns minutos*)

E09_{8s}: Ela pode estar no ar.

E03_{1s}: Professora, as bactérias não são os fungos porque os fungos ficam na terra e as bactérias vêm no ar.

P_{9s}: Mas será que no solo não tem bactérias?

(*Silêncio*)

P_{10s}: Vamos ler esse parágrafo que fala sobre as características, como os fungos são e como as bactérias são? Pra vocês conseguirem ver o que elas têm de diferente além do lugar onde elas vivem.

E09_{9s}: Aqui fala que a bactéria é procariótica e os fungos são eucarióticos.

P_{11s}: Então as células deles são iguais?

E09 e E03_{10s}: Não.

P_{12s}: Bactéria é fungo?

E09 e E03_{11s}: Não.

P_{13s}: Que outro exemplo vocês podem dar além do cogumelo?

E03_{2s}: O bolor?

P_{14s}: Isso! O bolor de pão e o mofo também são fungos. Agora anota isso que vocês me falaram no caderno.

Na parte 2 do episódio 4, observamos o indicador de *organização de informações* em E09_{9s}: “*Aqui fala que a bactéria é procariótica e os fungos são eucarióticos*”. O estudante seleciona e relaciona informações encontradas no texto para diferenciar dois grupos biológicos, o que reforça a mobilização de habilidades de sistematização e categorização do conhecimento. Trata-se do *Nível I* (Texto → Fala) *Dependente* de P_{10s} e P_{11s}. O indicador de *classificação de informações* aparece quando E09_{5s} responde “*Cogumelo*” à pergunta sobre um fungo presente em casa, categorizando esse exemplo dentro do Reino Fungi. O mesmo indicador surge em E03_{2s}, com a sugestão de “*O bolor?*” como outro representante dos fungos. Ambas as intervenções contribuem para a construção do conceito ao associar elementos concretos à classificação científica.

O *levantamento de hipóteses* manifesta-se em E09_{6s} e E09_{8s}. Ao dizer “*Bactéria*” como resposta à pergunta sobre exemplos de fungos, E09_{6s} propõe uma hipótese que, embora incorreta, mostra tentativa de compreensão. Em E09_{8s}, ao afirmar: “*Ela pode estar no ar*”, há suposição sobre a presença ambiental das bactérias, indicando interesse investigativo. O mesmo se aplica a E03_{1s}, que diz: “*as bactérias não são os fungos porque os fungos ficam na terra e as bactérias vêm no ar*”, articulando uma hipótese explicativa com base em critérios espaciais. Nessa participação também evidenciamos o *raciocínio lógico*, pois ao tentar diferenciar bactérias e fungos com base em seus habitats, embora de maneira imprecisa, o estudante revela um esforço para estruturar o pensamento científico por meio de comparações e deduções.

Em relação à interação com as representações, o episódio reforça a importância das representações imagéticas como mediadoras do processo de elaboração de significado. Ao serem questionados se entendem melhor com o texto ou com as imagens (P₁), E09_{1s} responde: “*Consegui perceber quando vi as imagens*”. Esse trecho sinaliza preferência pela representação imagética como principal suporte para a aprendizagem. A identificação visual de exemplos de fungos, como o cogumelo (E09_{5s}) e o bolor (E03_{2s}), revela o trânsito semiótico (*Nível I*: Imagem → fala), pois os estudantes relacionam representações visuais, linguagem oral e conhecimento prévio para categorizar os elementos discutidos.

6.2.3 Algumas Considerações das Etapas I e II do Momento 2

Na Etapa I, o IAC central foi o *levantamento de hipóteses*: os estudantes formularam questões norteadoras e apresentaram razões para a importância de classificar. Em relação às representações, apareceram ocorrências pontuais de *Nível I* (oral ↔ escrito), como a enumeração e a retextualização de características dos seres vivos. Nas poucas mobilizações de *Nível I* observadas, o desencadeamento dependeu das perguntas da professora (*Dependente*), embora a autoria das questões revele iniciativa intelectual no plano discursivo.

Na Etapa II, os IAC evidenciados foram *organização de informações*, o *levantamento de hipóteses* e *explicações* que surgem a partir da comparação de fontes. Houve predomínio do *Nível I* (Texto → Fala; Imagem → Fala), e ocorrência de *Nível II* quando o estudante coordenou duas representações na mesma explicação (por exemplo, o contraste entre imagens de bactéria e protozoário explicitado em fala) ou quando produziu representação com conteúdo novo (desenho de Euglena rotulado como “unicelular” e “eucariótica”). A mobilização representacional foi majoritariamente *Dependente*, pois a docente definiu foco, orientou as fontes e as comparações; registram-se momentos *Independentes* em *Nível I*, como apontamentos espontâneos a partir de imagens e sínteses orais de trechos lidos.

Nas Etapas I e II, as múltiplas representações atuam como suporte epistêmico para fazer os IAC emergirem e se refinarem: primeiro, ancoram perguntas e organização inicial de conteúdos (*Nível I*); depois, ampliam seleção, comparação e justificativa, abrindo brechas pontuais para coordenações (*Nível II*). A ação cognitiva representacional permanece, em geral, *Dependente* da mediação docente, com lampejos de independência quando os estudantes descrevem imagens, sintetizam leituras e explicitam critérios por conta própria.

6.2.4 Etapa III - Socialização dos Resultados e Elaboração dos Cartazes – Grupo do Reino Monera

Os trechos analisados a seguir estão registrados no diário de campo, que carrega escritas referentes às observações das aulas. Estas são provenientes da socialização em grupos das pesquisas realizadas no laboratório de informática para a elaboração dos cartazes (Figura 11).

Figura 11 - Estudantes socializando os resultados e elaborando os cartazes

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Trecho 1 – Tentativa inicial de tradução entre modos

O grupo E07, E11, E12 e E13 utilizou a representação 3D para montar um esquema interativo em seu cartaz sobre as bactérias. No entanto, ao tentar definir o que é uma bactéria, os alunos tiveram dificuldades em fazer a troca, a tradução, a troca representacional do que estava no texto, copiado da internet e aquilo que eles poderiam colocar em seu modelo.

Análise: O grupo iniciou com uma tentativa de trânsito semiótico entre o texto verbal escrito (copiado da *internet*) para o modelo tridimensional (*Nível I*). A dificuldade em realizar essa troca evidencia o indicador *organização de informação*, pois os estudantes precisam selecionar do texto o que deve aparecer no modelo e como codificar cada elemento. Mobilização representacional: *Independente*, já que a iniciativa de transpor texto para o 3D parte dos próprios estudantes.

Trecho 2 – Dúvida conceitual e formulação de hipótese

Então, ao longo da leitura, os alunos se deparam com a palavra procarionte e surge a dúvida do que seria. E11 se lembra que o procarionte está relacionado à célula e diz que são células que possuem núcleo.

Análise: A leitura do termo "procarionte" no texto provoca a formulação de uma

hipótese alternativa por parte de E11, que declara, incorretamente, que estas são células com núcleo. A fala ativa o indicador de *levantamento de hipóteses*, com tentativa de *explicação*, ainda incipiente (baseada em conhecimento prévio). No plano representacional, trata-se de troca do texto (escrito) para a fala (oral), portanto, *Nível I*. Mobilização representacional: *Independente*, pois a dúvida e a hipótese emergem da leitura.

Trecho 3 – Intervenção docente com modelo 3D

A professora representa para o grupo o conceito de célula procariótica por meio de uma representação 3D utilizando barbante e papéis disponíveis na mesa. Ela explica aos alunos que o papel, um retângulo, seria como se fosse uma bactéria e o material genético seria o barbante e com as mãos faz o gesto em torno do barbante mostrando que ele não teria um envoltório nuclear.

Análise: A mediação da professora, ao criar uma representação 3D com objetos simples, atua como estratégia de delimitação da interpretação, destacando o aspecto central do conceito, a ausência de membrana nuclear. Há coordenação multimodal pela docente (gesto + materiais (3D) + fala), que favorece a compreensão. A representação opera como uma ferramenta epistêmica, pois possibilita que os estudantes visualizem o conceito abstrato e crie condições para a futura reorganização das informações.

Trecho 4 – Articulação entre representação visual e registro no caderno

Nesse momento, o aluno E07 manifesta ter esse esquema no caderno. Ele relacionou a representação 3D da professora com um desenho feito no caderno. Ele comparou o desenho com o que eles fizeram na sua representação e o que estava no caderno. A professora explica que o desenho no caderno era uma bactéria, uma célula da bactéria aberta, e que conseguimos observar o seu interior, e os alunos relatam que na estrutura não havia um núcleo, chegando então à conclusão de que a bactéria é um organismo procariótico que não possui núcleo.

Análise: A fala de E07 indica coordenação entre representações (*Nível II*), ao relacionar o modelo 3D proposto pela professora ao desenho no caderno e à explicação oral. Essa comparação e alinhamento entre diferentes representações sustentam os IAC de *organização de informações* e o *raciocínio lógico*, culminando

na explicitação correta de que bactérias são procariontes (sem membrana nuclear). Mobilização representacional: *Independente* quando E07 evoca o desenho do caderno e *Dependente* na validação e no fechamento conceitual decorrentes da mediação docente.

Trecho 5 – Coordenação de representações

Para chegar a essa explicação, os alunos inicialmente começaram com a representação imagética com o desenho de uma bactéria, uma *Escherichia coli*; num segundo momento, eles partiram para explicar por meio da representação verbal escrita. Na hora de fazer essa tradução da informação para a escrita verbal, eles tiveram dificuldade [...] A professora faz a mediação com uma representação 3D com objetos na mesa [...] E então o aluno se recorda de uma outra representação imagética apresentada no caderno, a qual é consultada e apresentada aos outros membros do grupo.

Análise: O indicador de *organização de informações* surge quando os estudantes mobilizam diferentes representações (desenho, escrita, modelo 3D e outra imagem de referência) para estruturar a compreensão da bactéria. O *levantamento de hipóteses* manifesta-se na busca de alternativas diante da troca de imagem para escrita (*Nível I*), quando encontram dificuldades de selecionar o que passa do texto para o cartaz. Em seguida, a mediação docente com o modelo 3D (fala + gesto + material) é acionada (*Nível I; Dependente*) e E07 evoca, por iniciativa própria, o desenho do caderno para comparação (gatilho *Independente*). Quando o grupo alinha explicitamente o modelo 3D, o desenho do caderno e a explicação oral para decidir “o que entra” no cartaz, há a coordenação e integração entre representações (*Nível II*); observa-se mobilização representacional com alternância entre gatilhos *Independentes* e validações *Dependentes* da mediação docente.

Trecho 6 – Distribuição de tarefas e finalização do cartaz

Neste mesmo grupo, ao serem questionados sobre o porquê de alguns alunos desempenharem determinada tarefa, os mesmos responderam frente à habilidade. [...] Embora tenham colocado um texto relativamente longo em sua apresentação, os alunos contemplaram os conceitos-chave e a essência do material.

Análise: O cartaz, conforme mostrado na Figura 12, refere-se ao *Nível II* por

coordenar escrita e imagens e caracteriza re-representação, pois apresenta nova representação com avanço de conteúdo, com a explicitação de critérios antes ausentes, por exemplo, unicelulares e procariontes, além de distinções e definições acrescentadas pelo grupo. Evidenciam-se os IAC de *organização de informações*, na seleção e hierarquização de conteúdos centrais, e de *explicação*, em enunciados que articulam definição e características. A ação cognitiva é *Independente* na gestão interna das tarefas e *Dependente* quando o alinhamento conceitual decorre de mediações docentes prévias.

Figura 12 - Estudantes apresentando o cartaz elaborado na Etapa III



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

6.2.5 Algumas Considerações da Etapa III do Momento 2

Ao longo da etapa, os estudantes não apenas mobilizaram diferentes IAC, como *levantamento de hipóteses*, *organização de informações*, *explicação* e *raciocínio lógico*, mas também refinaram esses indicadores por meio do trânsito entre representações (texto, imagem, modelo 3D, gesto e fala). A hipótese inicial

equivocada de que células procarióticas possuem núcleo expressa por E11: “procarionte está relacionado à célula [...] são células que possuem núcleo” e retomada por E12 com base em um texto ainda pouco compreendido, expõe uma dúvida fértil para investigação (E12: “não entendo o que quer dizer essas palavras”).

A testagem dessa hipótese ocorreu com coordenação de representações (*Nível II*): pesquisa digital (texto), modelo 3D construído pela professora (papel como “célula” e barbante como material genético) e gesto que salientou a ausência de membrana nuclear. Em seguida, E07 recuperou o desenho do caderno e o colocou em relação com o modelo e a explicação oral, o que focalizou o aspecto definidor do conceito e sustentou a conclusão: bactérias são procariontes e não possuem núcleo. A mobilização representacional foi, predominantemente, *Dependente*, com momento *Independente* quando E07 evoca e integra o desenho do caderno.

O cartaz final, com modelo 3D, definição escrita e desenhos, configura re-representação (*Nível II*), pois resulta em uma nova representação conteúdo novo, ao explicitar critérios antes ausentes ou difusos, como unicelulares, procariontes e ausência de envoltório nuclear. Nessa passagem, os estudantes reorganizaram e estabilizaram significados à luz das fontes consultadas e das mediações, com isso, consolidaram os avanços conceituais alcançados na etapa.

6.2.6 Etapa IV - Apresentação Oral

Durante a Etapa IV, os grupos apresentaram oralmente os cartazes elaborados na etapa anterior, explicando os principais conteúdos selecionados sobre o reino investigado. Nas apresentações, os estudantes mobilizaram predominantemente a linguagem verbal oral, articulada à leitura e ao comentário de trechos escritos presentes nos cartazes, bem como ao uso de imagens e recursos visuais. Em alguns grupos, observaram-se também elementos tridimensionais (3D), como dobraduras, estruturas em papel ou outros materiais, utilizados para ilustrar características dos seres vivos pesquisados.

Ao longo das apresentações, os demais colegas formularam perguntas e comentários, o que favoreceu trocas entre os grupos e a construção de um espaço de diálogo coletivo. A professora acompanhou as exposições com intervenções pontuais, orientadas à clareza da comunicação e à articulação entre as informações apresentadas e os conceitos científicos trabalhados ao longo da sequência.

Passa-se, então, à análise das apresentações.

Episódio 1 – Apresentação do Reino Monera

P_{1s}: Hoje vamos começar a apresentação dos trabalhos. Qual foi o tema dos trabalhos de vocês? Tema geral.

E07_{1s} e E02_{1s}: Os reinos dos seres vivos.

E02_{2s}: Começou com você explicando sobre o que seria bom para explicar os seres vivos.

E14_{1s}: Isso. As características dos seres vivos. E separaram em reinos. Dentro do reino tem outro, tipo esse reino é dividido em outros.

P_{2s}: São outras categorias, está? É dividido em categorias. Por que os seres vivos foram divididos em reinos?

E10_{1s}: Porque muitos não podiam ficar no mesmo reino por causa das características.

P_{3s}: Isso. Hoje a gente vai entender melhor essas características. (Explicação dos critérios de avaliação) Vamos começar pelo reino Monera.

E12_{1s}: Monera é um reino biológico que inclui todos os seres vivos que possuem uma organização celular procariótica, como: bactérias, cianobactérias e arqueobactérias. E são caracterizados por organismos pertencentes ao reino Monera os procarióticos e unicelulares, que podem formar colônias ou não. Por organismos procarióticos definimos aqueles com o material genético disperso no citoplasma. (Leitura)

E07_{2s}: Espera. Unicelular, ou seja, na verdade é unicelular e procariótico. Esse é o único reino que os organismos são unicelulares e procarióticos. Aqui eu tenho um exemplo de uma bactéria, mas essa aqui é uma bactéria de um formato, mas pode ter outros. O nome dela é *Escherichia coli*. O que é uma bactéria? Uma bactéria é um organismo procariótico. E um organismo procariótico é aquele que a célula não possui núcleo. Daí aqui no trabalho, coloquei um desenho. Aqui também é o desenho de uma bactéria. Tenho aqui ela, a bactéria. (Mostra a representação 3D).

(*Aplausos da turma*)

P_{4s}: Gente, vocês têm agora dois minutos para anotar o que vocês entenderam da apresentação.

E12_{1s}: Professora, o E11 não falou porque o E07 se empolgou e pegou a parte dele.

P_{5s}: Não tem problema. Pode falar agora que ajuda o pessoal a anotar.

E11_{1s}: Eu vou falar as principais características. Todo o grupo do reino Monera é organismo procariótico e a definição é que não possui núcleo. (*E11 apresenta dificuldade na fala – gagueira. E07 auxiliou durante a apresentação oral.*)

P_{6s}: E07, anota essa informação no cantinho da lousa.

E02_{3s}: Pelo que eu entendi, o reino Monera tem seres vivos unicelulares e pro... não sei falar.

P_{7s}: Olha lá, o E07 acabou de colocar na lousa.

E02_{4s}: Issoooo!!! Procariótica!

No início do episódio, identificamos *seriação de informações* na resposta

coletiva de E07_{1s} e E02_{1s}: “Os reinos dos seres vivos”. A fala enumera o tema do trabalho sem detalhamento ou estabelecimento de relações conceituais, o que caracteriza a simples apresentação de um dado isolado. O indicador *organização de informações* surge na fala de E02_{2s}: “Começou com você explicando sobre o que seria bom para explicar os seres vivos”. O estudante retoma a estrutura da atividade anterior e reordena as etapas do trabalho desenvolvido. Essa retomada indica a capacidade de organizar cognitivamente o percurso investigativo da turma.

Em E14_{1s}: “Isso. As características dos seres vivos. E separaram em reinos. Dentro do reino tem outro, tipo esse reino é dividido em outros”. É possível observar dois IAC. A *classificação de informações* aparece na referência à separação dos seres vivos em reinos, com base em atributos. Além disso, há um *levantamento de hipótese* ao afirmar que “dentro do reino tem outro”, pois há tentativa de compreender a estrutura hierárquica da classificação, ainda que imprecisa.

E10_{1s} revela os indicadores de *justificativa*, *classificação de informações* e *raciocínio lógico* ao afirmar: “Porque muitos não podiam ficar no mesmo reino por causa das características”. Ele sustenta uma proposição com base em um critério explícito (características distintas) e justifica a divisão dos seres vivos em grupos. A fala também estabelece um processo classificatório e estabelece uma relação causal coerente entre diversidade e separação, configurando *raciocínio lógico*.

Durante a leitura do cartaz, E12_{1s} afirma: “Monera é um reino biológico que inclui todos os seres vivos que possuem uma organização celular procariótica [...] definimos aqueles com o material genético disperso no citoplasma”. Nessa fala, identificamos os indicadores de *seriação de informações*, pela enumeração das características do reino, e de *explicação*, ao definir o termo procarionte com base na localização do material genético.

E07_{2s} afirma: “Esse é o único reino que os organismos são unicelulares e procarióticos. [...] O que é uma bactéria? [...] um organismo procariótico é aquele que a célula não possui núcleo”. O estudante agrupa os organismos do reino Monera com base em critérios morfológicos, define conceitos estruturais, sustenta sua escolha mostrando o desenho e o modelo 3D na própria fala e articula os elementos com progressão conceitual e causal. Essas ações estão relacionadas aos IAC de *classificação de informações*, *explicação*, *justificativa* e *raciocínio lógico*, respectivamente. No plano representacional, há *Nível II Independente*, visto que o estudante, por iniciativa própria, coordena fala, imagens e modelo 3D na mesma

explicação.

E11_{1s} complementa a apresentação ao dizer: *“Todo o grupo do reino Monera é organismo procariótico e a definição é que não possui núcleo”*. A fala aciona os indicadores de *seriação de informações, explicação e raciocínio lógico*, ao retomar uma característica do grupo, explicá-la e estabelecer a relação entre o conceito de procarionte e a ausência de núcleo.

Há evidência dos indicadores de *organização de informações e levantamento de hipótese* em E02_{3s}: *“Pelo que eu entendi, o reino Monera tem seres vivos unicelulares e pro... não sei falar”*. O estudante tenta reorganizar os conceitos discutidos e ensaia uma construção verbal da palavra “procariótico”, indicando um movimento ativo de apropriação conceitual ainda em elaboração. Nota-se a tentativa de completar o conceito “procariótico”, mesmo interrompida, como um indício típico de *levantamento de hipótese*, pois representa uma proposição ainda em elaboração, sustentada por compreensão parcial, mas com intenção clara de construir sentido.

Por fim, a fala de E02_{4s}: *“Issoooo!!! Procariótica!”* - atua como um reforço confirmatório, ao validar a proposição anterior com base em uma referência externa confiável. Atribui-se o indicador de *organização de informações* em sequência colaborativa.

O enunciado de E07_{2s}: *“Esse é o único reino que os organismos são unicelulares e procarióticos. [...] O que é uma bactéria? Uma bactéria é um organismo procariótico. [...] coloquei um desenho. Aqui também é o desenho de uma bactéria. Tenho aqui ela, a bactéria”*, revela o uso articulado da representação verbal oral, imagética e modelo 3D. Ao integrar essas formas de representação na mesma explicação, caracteriza *Nível II Independente*, refinando os IAC de *explicação, justificativa, classificação de informações e raciocínio lógico*.

A construção conceitual em processo também aparece na fala de E02_{3s}: *“Pelo que eu entendi, o reino Monera tem seres vivos unicelulares e pro... não sei falar”*. O estudante formula parcialmente um conceito e revela *levantamento de hipóteses e organização de informações* em elaboração. O acesso ao termo ocorre por meio da mediação da professora em P_{7s}: *“Olha lá, o E07 acabou de colocar na lousa”* e é completado com entusiasmo por E02_{4s}: *“Issoooo!!! Procariótica!”*. Nesse trecho, observamos uma troca representacional, na qual a fala hesitante recorre à escrita para sustentar o refinamento conceitual e a consolidação do IAC de *organização de informações*. Nesse movimento, observa-se *Nível I Dependente* de P_{7s}.

Por fim, a mediação docente ativa múltiplas representações como ferramenta de aprendizagem. A orientação de P_{6s} “E07, anota essa informação no cantinho da lousa” possibilita a externalização de um conhecimento consolidado em formato escrito, que passa a funcionar como base para retomadas e confirmações conceituais. Esse movimento aciona o indicador de *organização de informações*, no âmbito do *Nível I*.

Episódio 2 – Sistematização coletiva das características do Reino Monera

P_{1s}: O que é importante a gente colocar além disso que o E07 anotou? Qual o reino eles estão apresentando?

Alunos_{1s}: Monera.

P_{2s}: É importante colocar que é o reino Monera?
Alunos acenam que sim.

P_{3s}: Outra informação importante? E04, quais são os seres vivos que estão no reino de Monera?

E04_{1s}: Não sei.

E01_{1s}: As bactérias.

P_{4s}: Isso. As bactérias. É outra informação importante para a gente colocar nas anotações.

E14_{1s}: E são bem pequenininhas.

P_{5s}: O fato dela ser bem pequenininha está relacionado a qual característica que eles falaram?

E02_{2s}: A célula. Ela é unicelular. Só possui uma única célula.

E14_{2s}: E pluricelular é mais de uma célula.

Inicialmente, temos *seriação de informações* na resposta coletiva dos Alunos_{1s}: “Monera” e na fala de E01_{1s}: “As bactérias”. Em ambos os casos, os estudantes apenas nomeiam elementos isolados, o nome do reino e um exemplo de organismo, sem estabelecer relações entre eles, o que caracteriza uma enumeração simples, típica do processo de seriação.

A *justificativa* está presente em E14_{1s}: “E são bem pequenininhas”. A observação apresenta um critério empírico, o tamanho, como base para justificar a classificação das bactérias no reino Monera. A fala indica um esforço para fundamentar a informação anterior que bactérias pertencem a esse reino com base em uma característica observável.

A fala de E02_{2s} “A célula. Ela é unicelular. Só possui uma única célula” mobiliza indicadores simultaneamente: *classificação de informações* e *explicação*. O aluno estabelece uma relação conceitual entre o tamanho do organismo e sua estrutura celular, explicando que a unicelularidade implica possuir apenas uma célula. Ao mesmo tempo, classifica o organismo com base nesse critério, associando o termo

“unicelular” ao pertencimento ao reino Monera. A fala apresenta uma definição conceitual elementar do termo “unicelular”, foi elaborada de forma direta e descritiva, sem encadeamento lógico entre proposições. Na sequência, em E14_{2s}: “*E pluricelular é mais de uma célula*”, observamos *explicação* por meio de uma definição direta. A fala contribui para a fixação do conceito, embora não estabeleça relações argumentativas ou comparativas explícitas.

Nesse episódio os estudantes operam exclusivamente no modo oral e reorganizam a compreensão com a mediação docente e interações entre colegas. A discussão sucede uma apresentação com mobilização representacional nos *Níveis I e II*, envolvendo texto, imagem, desenho e modelo 3D. Esse apoio antecedente oferece âncoras compartilhadas e permite a retomada oral de conceitos como “unicelular”, “procarionte” e “pluricelular”. As perguntas da professora orientam a retomada de conteúdo e promovem reformulações conceituais, como se observa nas falas de E02_{2s}: “*A célula. Ela é unicelular. Só possui uma única célula*” e E14_{2s}: “*E pluricelular é mais de uma célula*”, que acionam os indicadores de *explicação* e *classificação de informações*. Já a fala de E14_{1s}: “*E são bem pequenininhas*” revela *justificativa*, ao associar uma característica perceptível à classificação discutida. Neste episódio, o aporte prévio construído na apresentação funciona como referência comum que sustenta e orienta a reorganização oral dos conceitos, além de favorecer a emergência e o refinamento dos IAC.

Episódio 3 – Apresentação do Reino Protista

P_{1s}: Agora é o grupo do reino protista. (Os alunos demoram para iniciar, pois não haviam se organizado previamente. A professora formula questões norteadoras para ajudar os estudantes a iniciarem a apresentação.)

E10_{1s} e E02_{1s}: Protozoários.

P_{2s}: Quais são as características dos protozoários?

E02_{2s}: Protista é um reino de organismos eucariontes. Inclui todos os eucariontes que não podem ser classificados como parte dos reinos Animalia, Plantae ou Fungi. Possui cerca de 20 mil espécies, sendo um grupo diversificado, heterogêneo, que evoluiu a partir de algas unicelulares (faz a leitura do cartaz)

P_{3s}: O que quer dizer eucarionte?

E10_{2s}: As células eucariontes apresentam núcleo definido (o aluno procura a informação no cartaz e lê)

P_{4s}: Quais são os exemplos de protozoários? (os alunos ficam em silêncio)

P_{5s}: O que são essas fotos que vocês colaram no cartaz?

E06_{1s}: Giardia e paramécio (lê o que está escrito na imagem)

P_{6s}: O que os protistas têm de diferente dos moneras?

E02_{3s}: A célula. O monera é procarionte e o protista é eucarionte.
P7_s: Certo! Essas informações são importantes para serem colocadas no caderno.

Ao serem questionados sobre o ser vivo que pertence ao reino Protista, E10_{1s} e E02_{1s} respondem: “*Protozoários.*”. A fala revela *seriação de informações* porque explicita enumeração pontual, sem elaboração conceitual ou justificativa, característica de respostas listadas isoladamente.

Na sequência, E02_{2s} realiza a leitura do cartaz elaborado pelo grupo: “*Protista é um reino de organismos eucariontes. Inclui todos os eucariontes que não podem ser classificados como parte dos reinos Animalia, Plantae ou Fungi. Possui cerca de 20 mil espécies, sendo um grupo diversificado, heterogêneo, que evoluiu a partir de algas unicelulares.*”. Nessa fala, identificamos *seriação de informações e explicação*: o estudante faz uma lista de características e dados quantitativos sobre o reino, ao mesmo tempo em que define a abrangência do grupo e sua origem. No plano representacional, há trânsito do cartaz (texto escrito) para a fala, *Nível I Dependente* por ocorrer em resposta à mediação da professora (P_{2s}).

Diante da pergunta da professora acerca do que significa “eucarionte”, E10_{2s} responde, por meio da leitura: “*As células eucariontes apresentam núcleo definido.*”. A fala revela *explicação*, ao oferecer uma definição objetiva do conceito com base em um aspecto estrutural, articulando dois aspectos: tipo celular e presença de núcleo. Ao serem questionados sobre as imagens coladas no cartaz, E06_{1s} lista: “*Giardia e paramécio.*”. Esse trecho indica *seriação de informações* porque a resposta está limitada à enumeração de exemplos de protozoários, sem justificativa nem conexão conceitual com as características do grupo. No plano representacional, temos o trânsito semiótico entre informações escritas e imagéticas para a fala mediante intervenção docente, portanto, *Nível I Dependente*.

Em E02_{3s}: “*A célula. O monera é procarionte e o protista é eucarionte.*” encontramos a fala mais elaborada do episódio e identificamos *classificação de informações e explicação*. O aluno estabelece um critério taxonômico, o tipo de célula, para diferenciar dois reinos, o que configura uma classificação a partir de uma característica estrutural. Ao mesmo tempo, explicita os termos “procarionte” e “eucarionte” ao vinculá-los diretamente aos reinos mencionados, caracterizando uma explicação com base na oposição conceitual.

A leitura do cartaz realizada por E02_{2s}: “*Protista é um reino de organismos*

eucariontes [...] evoluiu a partir de algas unicelulares” e E10_{1s}: “*As células eucariontes apresentam núcleo definido*” evidencia o processo cognitivo referente à troca representacional, ao converter o conteúdo previamente na representação verbal escrita para a oral, tornando-o acessível para o coletivo da turma. Ambas as falas não apenas decodificam a escrita, mas articulam conceitos estruturais que sustentam o indicador de *explicação*.

A participação de E06_{1s}, ao ler a legenda das imagens no cartaz: “*Giardia e paramécio*”, ressalta o uso da representação imagética com legenda textual como ponto de partida para a nomeação de exemplos. Nesse caso, há uma tradução da imagem para a fala, sem elaboração conceitual, mas com função de identificação. A imagem, ao ser verbalizada, contribui para a ativação do indicador de *seriação de informações*. Evidencia-se o *Nível I Dependente* de P_{5s}.

Episódio 4 – Apresentação do Reino Fungi

P_{1s}: Agora é o grupo do reino fungi, vamos lá?

E09_{1s}: Posso falar o que a gente colocou nas perguntas?

P_{2s}: Sim. Pode falar.

E09_{2s}: O que é reino fungi?

E14_{1s}: Os fungos já foram classificados como vegetais e também como protistas. Atualmente, são abordados em um reino próprio.

P_{3s}: Vocês entenderam esse começo?

Alunos_{1s}: Sim.

P_{4s}: Lembra aquela atividade que eu pedi pra vocês separarem as imagens dos seres vivos? (contação de história)

Alunos_{2s}: Sim.

E02_{1s}: Então é como naquela atividade que nós fizemos. No começo eles colocaram junto com as plantas, mas depois eles viram que as características não batiam, tiraram e fizeram um reino só deles.

E12_{1s}: Quando nós fizemos aquela atividade eu também pensei que os fungos estavam no grupo das plantas.

P_{5s}: Quando eu pedi pra vocês separarem as imagens dos seres vivos, a maioria colocou os cogumelos nas plantas. “Ah, ele tem raiz. Ah, ele vive no solo” (repete a fala dos alunos)

P_{6s}: Isso foi feito na ciência por um tempo. Até que eles conseguiram estudar melhor como eram essas células e conseguir ampliar o conhecimento. Podem continuar, meninos.

E09_{3s}: Os fungos são seres vivos que não conseguem produzir seu próprio alimento.

P_{7s}: Essa informação é importante. Não conseguem produzir seu próprio alimento. Alguém lembra a palavra que se refere a essa característica?

E12_{2s}: Heterótrofos.

P_{8s}: Isso. Podem continuar.

E14_{2s}: Terceira pergunta. Quais são as características dos fungos?

E03_{1s}: Os fungos são seres vivos que possuem célula com núcleo (leitura do cartaz)

P_{9s}: Possuem células com núcleo (professora repete com ênfase)

E14_{3s}: Ela é procarionte.

P_{10s}: Ela é procarionte? Olha atrás de você o que está escrito na lousa.

E14_{4s}: Eucarionte. (lê na lousa) É eucarionte.

P_{11s}: Qual é o único reino que o ser vivo é procarionte?

E14_{5s}: Reino monera.

E03_{2s}: Eles possuem parede celular e ausência de aparelho fotossintético.

E12_{3s}: Professora, o que é parede celular mesmo?

P_{12s}: A gente vai estudar que a célula tem uma membrana plasmática ao redor dela e que alguns seres vivos têm uma estrutura ao redor chamada parede celular. Uma estrutura mais firme. As plantas e os fungos têm. Só que quando a gente começa a estudar quimicamente, a parede da planta tem celulose, usada pra fazer o papel. E a parede do fungo tem quitina, a mesma substância química que tem nos artrópodes, como os insetos. Os fungos foram colocados com os animais. Por isso que teve essas mudanças nos reinos. Não é tão simples. Gostaria que vocês mostrassem nas imagens o que são fungos. Isso é importante.

E14_{6s}: Nessa imagem tem o bolor no queijo. O fungo é o bolor. Aqui na planta tem as manchas. Os fungos podem causar doenças nas plantas e aqui o cogumelo (mostra a representação 3D construída pelo grupo).

E14_{7s}: Professora, posso falar uma coisa?

P_{13s}: Pode.

E14_{8s}: Isso aqui, professora. Isso aqui (aponta para o braço de um colega). Nossa pele. Possui milhares, milhares de células.

P_{14s}: Isso. Os organismos multicelulares possuem muitas células. Aí, um ponto importante: se a gente não cuidar bem e depois do nosso banho não secar nossa pele, pode aparecer micose, que são causadas por fungos. Inclusive na unha também. Vamos para o próximo reino. Reino animalia.

No Episódio 4, a discussão sobre o reino Fungi favoreceu a emergência de IAC, estimulados tanto pela apresentação dos estudantes quanto pela mediação da professora. A *classificação de informações* aparece de forma recorrente, como em E14_{1s}: “Os fungos já foram classificados como vegetais e também como protistas. Atualmente, são abordados em um reino próprio”, e em E09_{3s}: “Os fungos são seres vivos que não conseguem produzir seu próprio alimento”. Nessas falas, os alunos organizam seres vivos com base em critérios de pertencimento ou exclusão, mobilizando categorias taxonômicas e funcionais. A fala de E02_{1s}: “No começo eles colocaram junto com os protistas, mas depois eles viram que as características não batiam, tiraram e fizeram um reino só deles” mostra *organização de informações, justificativa e raciocínio lógico*, ao reconstruir um encadeamento causal entre observações, incompatibilidades e reclassificação, de modo claro e coerente.

O *levantamento de hipótese* surge em diferentes formas: de maneira retrospectiva, em E12_{1s}: “*Eu também pensei que os fungos estavam no grupo das plantas*”; como tentativa conceitual incorreta, em E14_{3s}: “*Ela é procarionte*”; e como dúvida conceitual, em E12_{3s}: “*Professora, o que é parede celular mesmo?*”. O indicador de *explicação* aparece em E03_{1s}: “*Possuem célula com núcleo*”, E03_{2s}: “*Ausência de aparelho fotossintético*” e E14_{8s}: “*Nossa pele possui milhares de células*”, em falas que descrevem propriedades ou conceitos científicos de forma coerente. Já a *justificativa* é verificada em diferentes contextos, como em E09_{3s}: “*Os fungos são seres vivos que não conseguem produzir seu próprio alimento*” e E14_{6s}: “*Nessa imagem tem o bolor no queijo. O fungo é o bolor. Aqui na planta tem as manchas. Os fungos podem causar doenças nas plantas e aqui o cogumelo*”, quando os alunos relacionam características ou efeitos observáveis a exemplos de fungos, sustentando suas afirmações com base em argumentos empíricos.

Por fim, a *seriação de informações* ocorre em respostas pontuais como E12_{2s}: “*Heterótrofos*”, E14_{4s}: “*Eucarionte*”, e E14_{5s}: “*Reino monera*”, nas quais os estudantes apenas nomeiam termos isolados sem estabelecer relações entre eles. O episódio mostra como as falas dos alunos se distribuem entre indicadores distintos e, em alguns casos, simultâneos, refletindo diferentes níveis de elaboração conceitual e argumentativa no processo de alfabetização científica.

A fala de E14_{6s}: “*Nessa imagem tem o bolor no queijo. O fungo é o bolor. Aqui na planta tem manchas. Os fungos podem causar doenças nas plantas e aqui o cogumelo (mostra a representação 3D construída pelo grupo)*” evidencia o uso simultâneo de representação imagética (imagens coladas no cartaz) e 3D. Ao apontar diferentes manifestações de fungos em contextos distintos, o aluno classifica e justifica sua resposta com base em representações visuais, ativando *classificação de informações* e *justificativa*. A maneira como ele transita entre as imagens e o modelo 3D revela articulação representacional ao combinar informações provenientes de diferentes formatos para sustentar uma proposição conceitual. Trata-se do *Nível II Dependente* (P_{12s}).

Na fala de E021s: “*Então é como naquela atividade que nós fizemos. No começo eles colocaram junto com as plantas, mas depois eles viram que as características não batiam, tiraram e fizeram um reino só deles*” observamos avanço conceitual. O estudante reconstrói o percurso: de um agrupamento inicial por semelhanças perceptivas a uma reclassificação por características estruturais. Os IAC

são *organização de informações, justificativa e raciocínio lógico*.

A construção da noção de multicelularidade em E14_{8s}: “*Nossa pele. Possui milhares, milhares de células*”, seguida da intervenção da professora, envolve referência corporal ao gesticular e apontar para o braço do colega. O corpo funciona como suporte icônico para a explicação. Há trânsito do gesto para fala, *Nível I Independente* no gesto inicial e *Dependente* no desdobramento conceitual conduzido pela professora.

As múltiplas representações aparecem de forma variada neste episódio, temos fala, escrita, imagens e modelo 3D. *Justificativa, explicação, classificação e organização de informações* emergem e refinam-se ao longo do episódio. O *Nível II* manifesta-se quando imagem e modelo 3D são coordenados na mesma explicação (E14_{6s}) de forma *Dependente*. Nos demais trechos, prevalece o *Nível I*.

Episódio 5 – Apresentação do Reino Animalia

E01_{1s}: Primeiro eu vou começar falando do que é o reino *animalia*. O reino *animalia*, ou também pode ser chamado reino animal, pelo nome, né, tem os animais. E os organismos, eles são multicelulares e eucariontes. Eles também são heterotróficos. Então, não podem produzir o próprio reino.

P_{1s}: Gente, só uma perguntinha. Algum ser vivo até agora, conseguia produzir o seu próprio reino?

E14_{1s}: Sim. A gente.

P_{2s}: A gente não é animal? Então não consegue. Você consegue se alimentar, sobreviver, sem ir ao mercado?

E02_{1s}: Ah, não. Você faz fotossíntese?

P_{3s}: Mas tem algum ser vivo que produz o seu próprio alimento?

E07_{1s}: A planta, *professora*. A planta faz.

P_{4s}: O que a planta faz, E07?

E07_{2s}: Ela faz fotossíntese.

E08_{1s}: Qual é que são as células do animal? A célula do animal é uma célula eucarionte. Como todas as células do eucarionte, elas possuem um núcleo definido e organelas, como o complexo golgiense. Aqui tem uma imagem da célula eucariótica e das organelas.

E01_{2s}: E aqui também tem exemplos de animais (aponta para as imagens do cartaz). Agora o E04 vai ler a última pergunta.

E04_{1s}: E quais são as classificações de dentro do reino *animalia*? O reino *animalia* é dividido em dois grupos: vertebrados, como o leão, e um invertebrado, como a minhoca.

A sala aplaude o grupo.

P_{5s}: Gente, então, alguns pontos aqui para a gente conversar. Primeiro, vou dar parabéns a vocês. Vocês conseguiram terminar e apresentar o trabalho. Eu acho importante que cada um faça a sua autoavaliação de como foi o seu trabalho individual e em grupo. Essa é uma habilidade importante, a gente saber trabalhar em grupo. É algo que a gente não nasce sabendo. Aos poucos, a gente vai

melhorando com a prática.
[A apresentação do Reino Plantae não consta na transcrição e análise porque os integrantes do grupo não participaram da pesquisa].

A fala de E01_{1s}: “O reino animalia [...] tem os animais. E os organismos, eles são multicelulares e eucariontes. Eles também são heterotróficos. Então, não podem produzir o próprio reino” apresenta *seriação de informações*, *classificação de informações* e *explicação*, ao enumerar características do reino, agrupá-las como critério taxonômico e relacionar a heterotróficos com a incapacidade de produzir alimento.

A intervenção de E02_{1s}: “Você faz fotossíntese?” configura um *levantamento de hipótese* ao questionar de forma argumentativa um conceito discutido. Já em E07_{1s}: “A planta, professora. A planta faz” temos *justificativa* porque o estudante apresenta uma resposta causal. Posteriormente, E07_{2s} conclui: “Ela faz fotossíntese” e evidencia o indicador de *explicação* ao explicitar o processo que sustenta a resposta anterior.

Na fala de E08_{1s}: “A célula do animal é uma célula eucarionte. [...] núcleo definido e organelas [...] imagem da célula e das organelas”, observamos *explicação* e *organização de informações*, pois o estudante descreve estruturas celulares de maneira conceitualmente articulada e referenciada à imagem. No plano representacional, há trânsito entre imagem e fala com preservação do significado. *Nível I Independente*.

Em E01_{2s}: “E aqui também tem exemplos de animais” constatamos *seriação de informações*, ao apontar para figuras sem contextualização. Já E04_{1s}: “O reino animalia é dividido em dois grupos: vertebrados [...] e invertebrado [...]” divide o grupo com base em critério morfológico e fornece exemplos para cada categoria. Estas ações caracterizam *classificação de informações* e *seriação de informações*. Em E01_{2s}, a mobilização da imagem para fala caracteriza *Nível I* com mobilização *Independente*.

A representação imagética aparece na fala de E08_{1s}: “Aqui tem uma imagem da célula eucariótica e das organelas”, e de E01_{2s}: “E aqui também tem exemplos de animais” (apontando para o cartaz) como suporte ao discurso oral. Trata-se do *Nível I* (Imagem → Fala) *Independente*.

Em E08_{1s}, ao afirmar que a célula animal possui núcleo definido e organelas e referenciar diretamente a imagem como parte da apresentação, observa-se tradução:

o aluno interpreta uma imagem e a converte em linguagem científica oral, estabelecendo uma correspondência conceitual entre o visual e o verbal. Esse processo sustenta os indicadores de *explicação* e *organização de informações*, pois o estudante associa elementos visuais ao discurso científico de forma articulada. Trata-se do *Nível I Independente*.

Em E01_{2s}, embora a fala seja breve, o gesto de apontar e a menção às imagens indicam uma tentativa de articular representações ao apoiar a fala com representação imagética. O conteúdo verbal depende da imagem para ganhar sentido, mesmo que o aluno não verbalize os exemplos explicitamente. O apontamento às figuras funciona como base para a *seriação de informações*. *Nível I Independente*.

6.2.7 Algumas Considerações da Etapa IV do Momento 2

As apresentações funcionam como momento de consolidação e socialização do conhecimento (Figura 13). Predominam IAC *explicação*, *organização* e *classificação de informações*, com ocorrências de *justificativa* ao vincular exemplos a critérios (por exemplo, tipo celular, presença de núcleo, ausência de fotossíntese) e de *raciocínio lógico* ao diferenciar reinos por atributos estruturais. Quando a fala se apoia na leitura do cartaz ou no apontamento de figuras, ocorre trânsito entre texto e fala ou entre imagem e fala, caracterizando *Nível I*. Em vários trechos essa mobilização é *Independente*, pois o próprio estudante decide o que ler, apontar e explicar, e torna-se *Dependente* quando a professora solicita retomadas, define o foco ou pede registros em lousa.

Houve *Nível II* quando a explicação articulou, na mesma fala, duas ou mais representações. Destacam-se a coordenação entre desenho do cartaz, modelo 3D e fala no grupo de Monera, e a coordenação entre imagens do cartaz e modelo 3D no grupo de Fungi. Nesses casos, as representações operam como ferramentas epistêmicas: estabilizam definições, explicitam critérios e sustentam comparações, o que refina os IAC envolvidos. Nos demais casos, o papel das representações é servir de apoio para enunciar definições e exemplificar, mantendo-se no *Nível I*.

Figura 13 - Apresentação oral realizada pelos estudantes

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

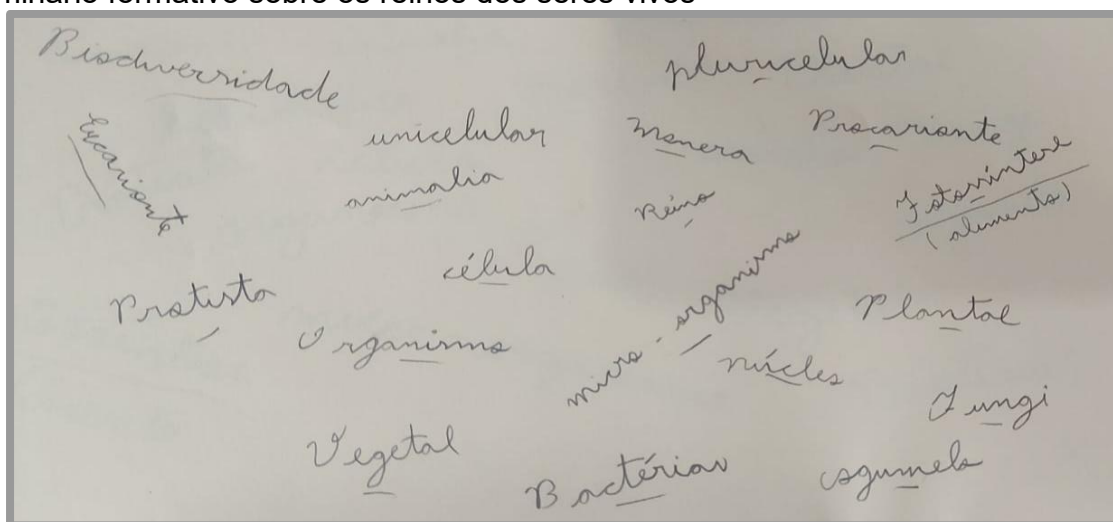
Em síntese, a Etapa IV evidencia que as múltiplas representações dão apoio à comunicação, tornam visíveis os critérios de classificação e ajudam a organizar a informação em tempo real. Quando coordenadas na mesma justificativa, elevam a análise ao *Nível II* e favorecem ganhos conceituais; quando acionadas isoladamente, sustentam revisões e confirmações no *Nível I*. A condição de dependência aparece de modo misto, com iniciativa dos estudantes na condução das explicações e intervenções pontuais da docente para orientar foco e precisão conceitual.

6.2.8 Etapa V – Análise Sistematização

Conforme estabelecido na metodologia da pesquisa, esta etapa final consistiu na sistematização do tema trabalhado no seminário formativo, com o objetivo de consolidar os conceitos mobilizados pelos estudantes. Para isso, foi proposta uma atividade de síntese na qual cada aluno indicou uma palavra-chave relacionada aos conteúdos trabalhados ao longo da intervenção de ensino. As contribuições individuais compuseram coletivamente o quadro de conceitos representado na Figura 14, que serviu como base para as produções textuais dos estudantes. São estas

produções, elaboradas a partir das palavras-chave do quadro, que analisaremos a seguir, com o objetivo de identificar evidências do processo de elaboração de significados e da emergência de IAC.

Figura 14 - Conceitos mencionados pelos estudantes na etapa final do seminário formativo sobre os reinos dos seres vivos



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

No plano representacional, consideramos o quadro de palavras-chave como uma representação de referência e os textos dos estudantes como retextualizações. Codificamos *Nível I* quando o estudante transpõe diretamente elementos do quadro para uma nova representação com preservação semântica. Codificamos *Nível II* quando o estudante produz um esquema próprio que introduz conteúdo novo, como critérios ou relações não explícitas no quadro.

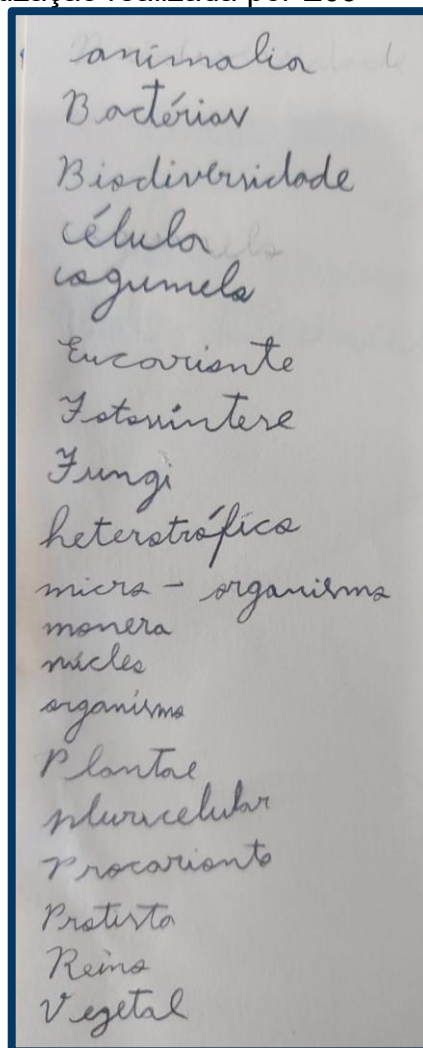
Quanto aos IAC, buscamos evidências principalmente de *organização de informações* (seleção e hierarquização das palavras-chave), *explicação* (definições e relações entre termos), *classificação de informações* (agrupamentos por critérios), *justificativa* (motivos das escolhas e relações) e *raciocínio lógico* (encadeamentos comparativos ou causais).

Classificamos a mobilização representacional como *Independente* nesta etapa, pois as decisões de seleção, encadeamento e formulação dos textos couberam aos estudantes, sem intervenções docentes durante a produção. A seguir, apresentamos produções representativas do grupo para sustentar a análise.

Sistematização 1

E09 lista os conceitos em ordem alfabética (Figura 15). Embora essa organização não expresse necessariamente uma relação conceitual entre os termos, evidencia uma tentativa de ordenar a informação de forma sistemática. Não consideramos a presença de IAC porque os critérios utilizados não são de natureza científica.

Figura 15 - Sistematização realizada por E09



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

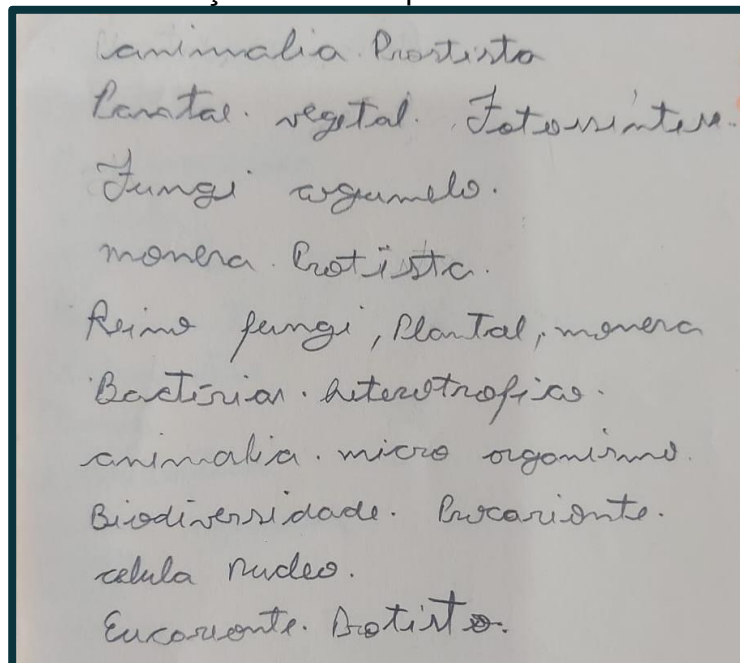
Na produção, os conceitos foram dispostos em uma lista com 19 palavras organizadas em uma única coluna, sem categorização ou estruturação relacional. Não há mobilização representacional. A organização escolhida apenas replica o vocabulário científico sem reconstrução conceitual ou reorganização funcional. Essa produção indica uma fase inicial do processo de sistematização do conteúdo, mas

ainda sem ativação de processos cognitivos mediados por múltiplas representações.

Sistematização 2

A organização apresentada pelo estudante (Figura 16) evidencia o indicador de *organização da informação*, ao agrupar conceitos com base em afinidades estruturais ou funcionais, como “*Plantae – vegetal – fotossíntese*”, “*fungi – cogumelo*” e “*Reino Fungi - Plantae - Monera*”. No entanto, não se observa uma ordenação progressiva entre os termos que justifique a presença do indicador de seriação. Há associações conceituais, mas sem estabelecer hierarquias ou sequências lógicas.

Figura 16 - Sistematização realizada por E03



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

A produção de E03, um arranjo em linhas com duas ou três colunas, configura tradução para um esquema visual a partir de conteúdos antes trabalhados oralmente, em textos e imagens, portanto, trata-se de *Nível I*.

Sistematização 3

Na sistematização apresentada (Figura 17), o estudante organiza os conceitos em três categorias: “*termos científicos*”, “*seres microscópicos*” e “*seres macroscópicos*”. As palavras reunidas no grupo “*termos científicos*” indicam familiaridade com vocabulário técnico relacionado à classificação biológica. Já a

categoria “*seres microscópicos*” incluiu conceitos que indicam critério baseado na estrutura e escala dos organismos. Por fim, os “*seres macroscópicos*” foram representados por “*cogumelo*” e “*vegetal*”, com base em sua perceptibilidade a olho nu.

A organização dos conceitos indica *organização da informação*, pois o estudante aplicou critérios biológicos para agrupar termos de maneira coerente com os conteúdos estudados. Observa-se também *classificação da informação*, uma vez que os conceitos foram atribuídos a categorias distintas com base em propriedades estruturais, funcionais ou taxonômicas.

Figura 17 - Sistematização realizada por E02

Termos científicos	Seres microscópicos	Seres macroscópicos
Bacterioides	Protozoários	Cogumelo
Fungos	Plantas	Vegetal
Protozoários	Algas	
Protozoários	Bactérias	
Protozoários	Organismos	
Reino	Micro-organismos	
Animal	Plantas	
	Leveduras	
	Células	

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

E02 apresenta os conceitos distribuídos em uma tabela com três colunas claramente nomeadas: “*termos científicos*”, “*seres microscópicos*” e “*seres macroscópicos*”. Esse formato revela *Nível I*, pois converte os conteúdos trabalhados oralmente e em textos para um arranjo tabular. Em relação ao quadro de palavras-chave, a tabela configura re-representação com conteúdo novo, pois introduz categorias explícitas e agrupa termos por critérios de estrutura e escala que não estavam presentes no quadro inicial. Por isso, codificamos *Nível II*. A produção mostra ganho conceitual, ao tornar visíveis relações entre conceitos e organizar o domínio em conjuntos diferenciados.

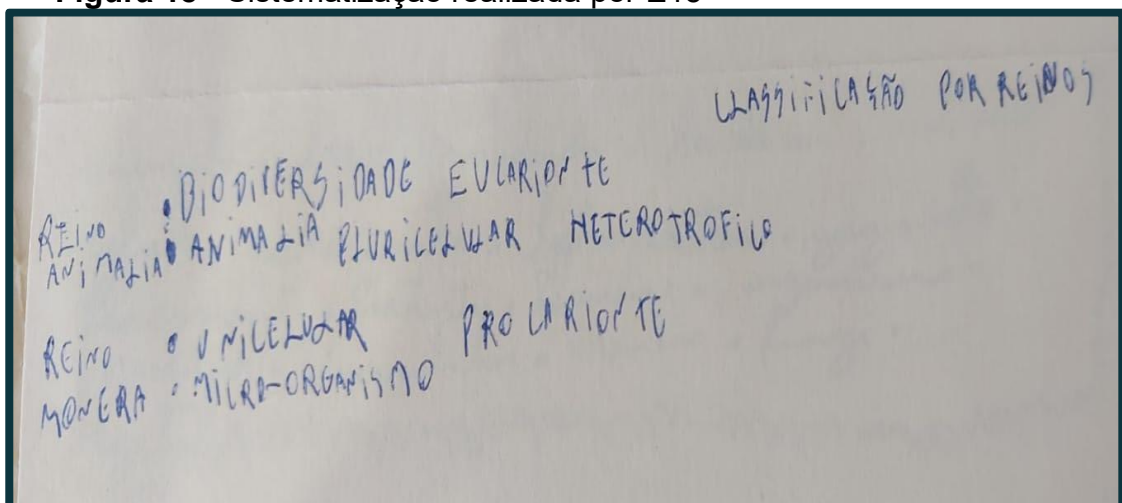
Sistematização 4

A seguir, E15 organiza os conceitos com base na classificação biológica dos seres vivos, distribuindo-os entre os reinos Animalia e Monera (Figura 18). No grupo correspondente ao Reino Animalia, foram listados os termos “*biodiversidade*”, “*eucarionte*”, “*pluricelular*” e “*heterotrófica*”. Já no grupo do Reino Monera, apareceram “*unicelular*”, “*microrganismo*” e “*procarionte*”. Essa categorização revela o indicador de *classificação da informação*, uma vez que o estudante atribui os conceitos a conjuntos distintos, com base em critérios científicos amplamente reconhecidos na biologia, como tipo celular, número de células e modo de nutrição.

Além disso, a associação coerente entre os termos de cada grupo evidencia *organização da informação*, pois revela a capacidade dos estudantes de articular os conceitos com base em propriedades biológicas compartilhadas. Também se identifica *raciocínio lógico*, ao elaborar uma estrutura conceitual que relaciona os termos de maneira consistente, revelando compreensão das interdependências entre características estruturais e funcionais dos seres vivos. Ao conectar, por exemplo, “*unicelular*”, “*microrganismo*” e “*procarionte*” sob o reino Monera, e “*pluricelular*”, “*eucarionte*” e “*heterotrófica*” sob o reino Animalia, o estudante ressalta um raciocínio orientado por critérios taxonômicos e funcionais.

Por fim, a disposição dos termos em uma sequência conceitual, ainda que não formalmente ordenada, indica *seriação da informação*, à medida que os elementos associados a cada reino são organizados progressivamente, do nível celular às características ecológicas.

Figura 18 - Sistematização realizada por E15



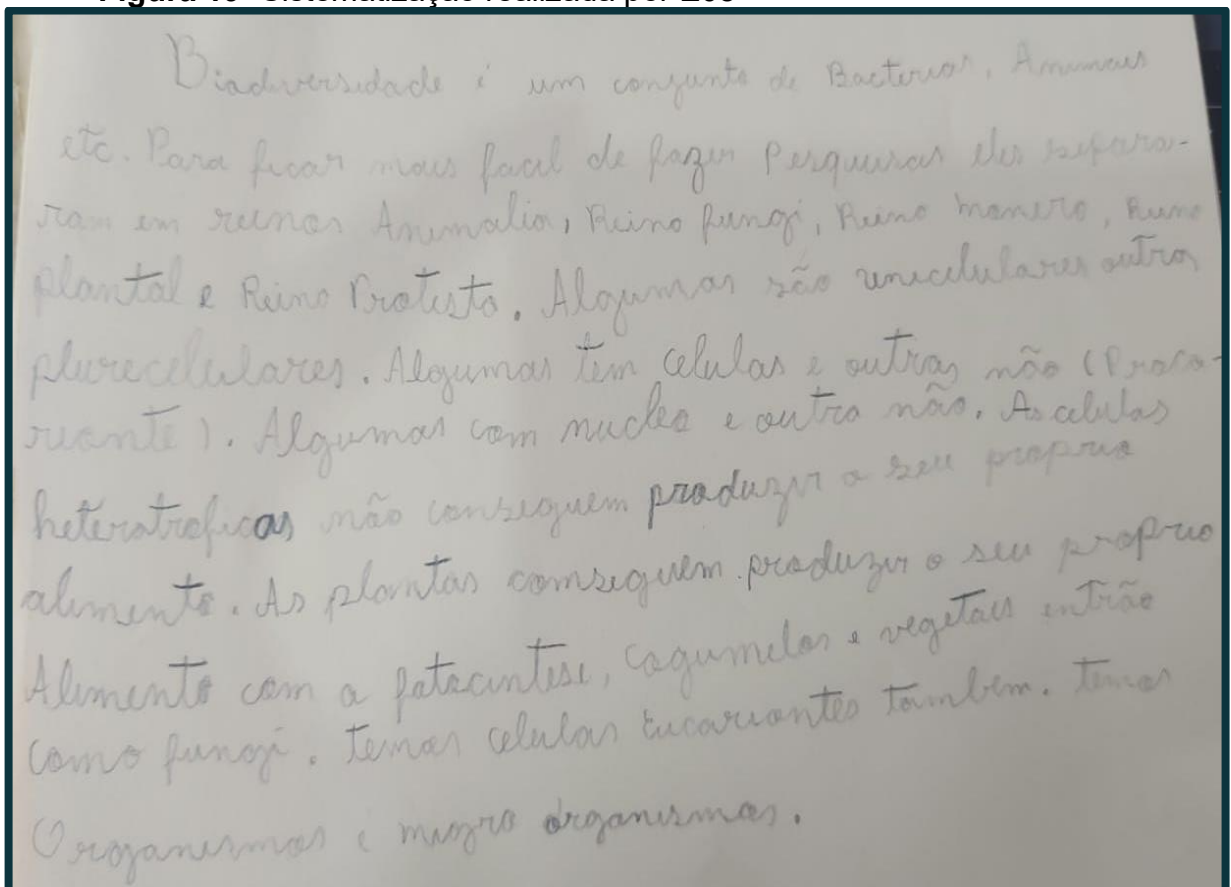
Fonte: Dados da pesquisa (2024)

No plano representacional, a produção de E15 apresenta uma tabela estruturada em duas colunas (“reino” e “características”) e duas linhas (“Reino Monera” e “Reino Animalia”). Há *Nível I* na conversão do modelo taxonômico estudado para uma representação tabular. Em relação ao quadro de palavras-chave, a tabela também configura *Nível II* por se tratar de re-representação, o estudante transforma o quadro de palavras-chave em uma nova estrutura que acrescenta organização e contraste entre reinos. A tabela agrega e distribui características por reino (estrutura celular, pluricelularidade, nutrição), integra dimensões conceituais na mesma explicação. Dessa forma, o resultado sintetiza e estrutura o conhecimento de modo mais complexo e evidencia o uso das representações como ferramentas cognitivas.

Sistematização 5

A Figura 19 apresenta a sistematização de E08.

Figura 19- Sistematização realizada por E08



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

No trecho “Biodiversidade é um conjunto de bactérias, animais etc.”, identifica-se o indicador de *organização de informações*, pois E08 inicia uma construção

conceitual ao agrupar diferentes seres vivos sob o termo biodiversidade, mesmo que de forma incompleta. Em *“Para ficar mais fácil de fazer pesquisas, eles separaram em reinos: Animalia, Monera, Plantae e Protista”*, estão presentes quatro IAC: *classificação de informações*, ao identificar que os seres vivos são agrupados em reinos; *organização de informações*, pela enumeração estruturada dos grupos; *justificativa*, ao explicar a função da classificação com base em sua aplicabilidade; e *raciocínio lógico*, ao relacionar a função prática da classificação à facilitação de pesquisas.

No enunciado *“Alguns são unicelulares, outros pluricelulares”*, emerge o *indicador de seriação de informações*, pois há comparação entre organismos com diferentes níveis de complexidade celular. Já em *“Algumas têm células, outras não (procariontes), com núcleo e outras não”*, reaparecem os indicadores de *classificação de informações*, pela diferenciação entre tipos celulares; *organização da informação*, pela estrutura interna da explicação; e *raciocínio lógico*, evidenciado na oposição estrutural entre as categorias celulares com e sem núcleo (apesar do equívoco na formulação “outras não (procariontes)”, já que procariontes têm célula sem núcleo definido).

Nas afirmações *“As células heterotróficas não conseguem produzir o seu próprio alimento”* e *“As plantas conseguem produzir seu próprio alimento com a fotossíntese”*, há *explicação*, uma vez que o estudante utiliza relações de causa e efeito para definir os conceitos de heterótrofos e fotossíntese. No trecho *“Cogumelos e vegetais entram como fungi”*, há o indicador de *classificação de informações*, apesar do erro conceitual (vegetais não pertencem ao reino Fungi), pois a intenção de agrupar organismos por semelhança está presente. Por fim, em *“Temos células eucariontes. Também temos organismos e microrganismos”*, há nova ocorrência do indicador de *organização de informações*, ao agrupar conceitos relacionados à estrutura celular e à escala dos seres vivos.

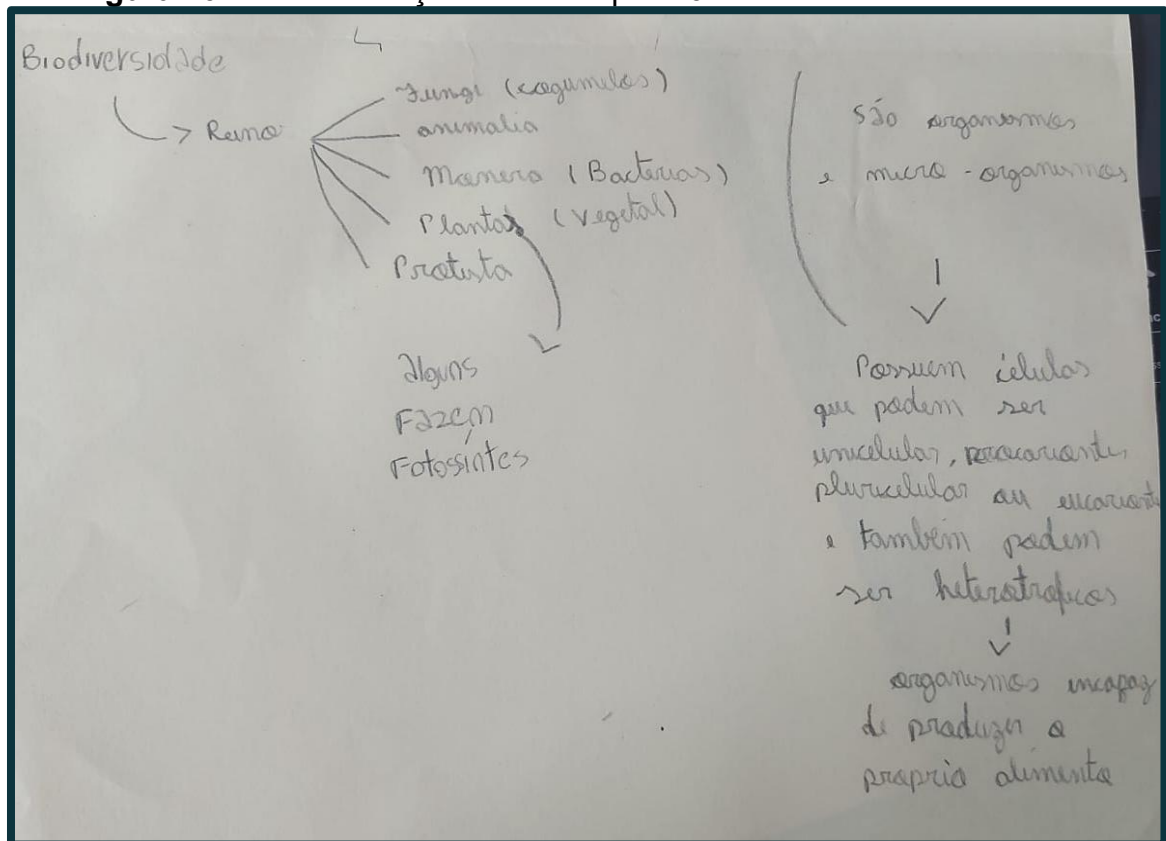
Embora a Sistematização 5 tenha sido elaborada integralmente em forma de texto, é possível identificar processos cognitivos mediados por múltiplas representações. Há evidência de *Nível I*, pois o estudante traduz para a representação verbal escrita conhecimentos anteriormente mediados por diferentes representações (imagens, quadros comparativos, modelos). Essa tradução se expressa na apropriação conceitual de termos como procarionte, eucarionte, fotossíntese e reino, incorporados em forma discursiva.

Também identificamos *Nível II* como re-representação com conteúdo novo, em relação ao quadro de palavras-chave: o estudante articula, no mesmo texto, elementos estruturais (célula, núcleo), funcionais (nutrição, fotossíntese) e taxonômicos (reinos) em uma explicação relacional. Os conceitos não são apenas reproduzidos, mas reorganizados de forma autônoma e relacional, em uma estrutura textual que conecta definições, exemplos, justificativas e relações entre os termos, evidenciando uma reconstrução própria do conhecimento aprendido.

Sistematização 6

Na Sistematização 6 de E01 (Figura 20), representada na forma de fluxograma com estrutura semelhante a um mapa mental, observam-se múltiplos IAC. A *classificação de informações* aparece na ramificação da biodiversidade em reinos distintos, com inclusão de exemplos como “cogumelo” (*Fungi*), “bactéria” (*Monera*), “vegetal”, “algas” e “fotossíntese” (*Plantae*). O estudante utiliza critérios biológicos estruturais e funcionais para agrupar os organismos, o que também indica *organização de informações* ao compor uma hierarquia e estabelecer relações entre os termos. A presença dos termos “unicelulares ou pluricelulares”, “procariontes ou eucariontes” e “heterótrofos” revela *seriação de informações*, pois há ordenação conceitual baseada na complexidade celular e oposição binária. Ao vincular características celulares e nutricionais aos grupos, mobiliza *raciocínio lógico* ao estabelecer conexões explicativas entre a classificação taxonômica e as propriedades biológicas dos organismos. No trecho que define organismos heterotróficos como “incapazes de produzir o seu próprio alimento”, identificamos *explicação*, com formulação causal clara. Há ainda *justificativa* quando a organização do fluxograma se apoia na ideia de que organismos de um mesmo reino compartilham características estruturais e funcionais.

Figura 20 - Sistematização realizada por E01



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Em relação aos processos representacionais, a Sistematização 6 apresenta *Nível I*, uma vez que o estudante converte os assuntos trabalhados oralmente, em textos e em imagens para um fluxograma com organização hierárquica e relacional. Em relação ao quadro de palavras-chave, o fluxograma também configura *Nível II* como re-representação com conteúdo novo: integra, em uma única estrutura, dimensões estruturais (tipo celular; unicelular/pluricelular), funcionais (heterotrofia; fotossíntese) e taxonômicas (reinos) com relações explícitas entre os termos. O resultado não se limita a transpor termos; reorganiza e explicita relações, indicando apropriação ativa do conhecimento científico mediada pelas representações mobilizadas ao longo da sequência didática.

6.2.9 Algumas Considerações da Etapa V do Momento 2

Ao observar as produções dos estudantes, constata-se que há uma relação direta entre a complexidade estrutural das representações e a diversidade de IAC ativados. A Sistematização 1, em lista linear sem agrupamento ou categorização, não

mobilizou nenhum IAC nem apresentou mobilização representacional (*Nível I/II*), servindo como linha de base para comparação. Ressalte-se que, nesta etapa, todas as produções foram *Independentes*, isso indica que *Nível I* e *Nível II* podem emergir mesmo sem mediação direta, desde que o repertório representacional tenha sido construído nas etapas anteriores.

As Sistematizações 3, 4, 5 e 6 apresentaram formas mais elaboradas de representação, com organização visual ou discursiva estruturada, o que resultou na ativação de múltiplos IAC, incluindo *classificação de informações, organização de informações, seriação de informações, explicação, justificativa e raciocínio lógico*. Evidenciam-se também os dois níveis de mobilização representacional: *Nível I*, entendido como o trânsito semiótico entre representações com preservação de sentido; e *Nível II*, quando há coordenação de duas ou mais representações na mesma explicação e/ou produção de nova representação com conteúdo novo, com reorganização conceitual autoral.

Na Sistematização 2, ainda que com estrutura informal e sem rótulos, há *classificação e organização de informações*, além de indícios de *Nível I* e *Nível II* incipiente. Isso indica que mesmo estruturas visuais simples já podem favorecer o início de processos cognitivos relevantes.

A Sistematização 5, em formato exclusivamente textual, demonstrou que a ausência de estrutura gráfica não impede a emergência dos IAC, desde que haja articulação argumentativa coerente e reconstrução conceitual relacional. Foram identificados seis IAC e os dois níveis, com destaque para a re-representação textual com encadeamento explicativo.

Na Sistematização 6, estruturada como fluxograma visual com hierarquia conceitual, os conceitos aparecem organizados de forma relacional, com agrupamentos coerentes e justificativas claras. Observou-se articulação entre categorias taxonômicas, características funcionais e estruturais, o que sustenta todos os IAC analisados e caracteriza *Nível II* frente ao quadro de palavras-chave. A complexidade gráfica, porém, não garante acerto conceitual: diagramas sofisticados com relações equivocadas evidenciam mobilização de IAC, mas exigem análise atenta da precisão conceitual.

Dessa forma, os dados indicam que, quanto maior a complexidade estrutural da representação, maior a variedade e sofisticação dos IAC ativados. Representações que organizam os conceitos por critério, hierarquia ou função, seja no formato textual

(como na Sistematização 5) ou diagramático (como na Sistematização 6), operam como ferramentas cognitivas capazes de sustentar, provocar e refinar os processos de alfabetização científica. Essa relação entre as representações, os IAC e os processos cognitivos presentes podem ser observados de forma sistematizada no Quadro 8.

Quadro 8 - Síntese das representações, IAC e níveis representacionais presentes nas sistematizações dos estudantes

		Descrição da representação	IAC	Níveis representacionais
Sistematização	1	Lista linear de 18 conceitos dispostos em uma única coluna, sem agrupamentos ou relações explícitas.	Nenhum	Nenhum nível identificado
	2	Agrupamentos iniciais em estrutura de tabela informal (sem rótulos), com termos semelhantes dispostos lado a lado.	<i>Classificação de informações, Organização de informações.</i>	Nível I (incipiente) Nível II (inicial)
	3	Tabela com três colunas categorizadas; termos agrupados por critérios científicos (ex: estrutura celular, escala).	<i>Seriação de informações, Classificação de informações, Organização de informações, Raciocínio lógico.</i>	Nível I Nível II
	4	Tabela com reinos e características associadas; conceitos distribuídos de acordo com critérios taxonômicos formais.	<i>Seriação de informações, Classificação de informações, Organização de informações, Raciocínio lógico.</i>	Nível I Nível II
	5	Texto discursivo elaborado com definições, justificativas e relações entre conceitos.	<i>Organização de informações, Classificação de informações, Explicação, Raciocínio lógico, Justificativa, Levantamento de hipótese, Seriação de informações.</i>	Nível I Nível II
	6	Fluxograma com organização hierárquica e categorial (reinos, características, exemplos).	<i>Classificação de informações, Organização de informações, Seriação de informações, Explicação, Raciocínio lógico, Justificativa.</i>	Nível I Nível II

Fonte: Elaborado pela autora (2024)

No desenvolvimento dessa atividade, observou-se a mobilização de diferentes formas de representação. Predominaram as representações verbais, orais e escritas, nas discussões e nos registros, em associação a representações imagéticas, tabulares e diagramáticas durante a organização dos conteúdos. A análise comparativa confirma que as representações não são, por si só, indicadores de alfabetização científica, mas evidências visuais e discursivas de processos cognitivos cuja análise se dá por meio dos IAC. Quando organizadas segundo critérios científicos e estruturadas com coerência, essas representações tornam visível o pensamento científico em construção.

No final da Etapa V, a construção de um quadro comparativo entre os reinos ocorreu de forma colaborativa, com participação dos estudantes na proposição de critérios de comparação, como número de células, tipo de célula e modo de nutrição. As sugestões apresentadas orientaram a organização do quadro (Figura 21), cuja estrutura final foi registrada em papel pardo, tornando visíveis os critérios mobilizados coletivamente. Essa sistematização operou como uma devolutiva pedagógica aos estudantes, ao explicitar, de forma organizada, uma maneira possível de relacionar e estruturar os conceitos trabalhados ao longo da sequência.

Figura 21 – Quadro comparativo dos reinos dos seres vivos construído coletivamente como proposta de sistematização conceitual

Monera	Protista	Fungi	Animalia	Plantae
UNICELULAR	UNICELULAR	UNI e PLURICELULAR	PLURICELULAR	PLURICELULAR
PROCARIÓTICA "SEM NÚCLEO"	EUCARIÓTICA "POSSUI NÚCLEO"	EUCARIÓTICA	EUCARIÓTICA	EUCARIÓTICA
HETERÓTROFO AUTÓTROFO	HETERÓTROFO AUTÓTROFO (ALGAS)	HETERÓTROFO	HETERÓTROFO	AUTÓTROFO "PRODUZ ALIMENTO"
Bactérias Cianobactéria	Protozoários, AMÉBIA algas	Cogumelos Bolores	gato formiga	FOTOSÍNTESE manga arroz

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

O quadro comparativo, afixado junto aos cartazes ao final do Momento 2, passou a integrar o conjunto de materiais disponíveis em sala, funcionando como

referência para a visualização, a retomada e o compartilhamento dos conhecimentos construídos ao longo da sequência, em um movimento análogo às práticas de divulgação científica no contexto escolar.

A atividade final de organização conceitual por meio de palavras-chave configurou-se como uma prática avaliativa coerente com o ensino por investigação, pois possibilitou observar como os estudantes reorganizam e ressignificam os conceitos trabalhados. Essa prática respeita os pressupostos do pluralismo metodológico e da multimodalidade, ao valorizar diferentes formas de representação como caminhos legítimos para a expressão da compreensão científica.

6.3 MOMENTO 3 – INTEGRAÇÃO E USO DOS SABERES CONSTRUÍDOS

6.3.1 Microscopia Investigativa: "De quem é essa célula?"

A atividade investigativa de microscopia constituiu um momento de envolvimento dos estudantes com a investigação proposta. A possibilidade de utilizar o microscópio e observar diretamente as lâminas despertou interesse e entusiasmo, evidenciados pela participação atenta nas observações, pelos comentários durante o uso do equipamento e pelo cuidado no registro dos desenhos no caderno. Esse engajamento inicial criou um ambiente favorável para a exploração das estruturas celulares e para a discussão sobre os critérios de classificação dos seres vivos, sendo o episódio a seguir apresentado como exemplificação das interações observadas durante a microscopia investigativa.

As representações mobilizadas durante a atividade foram: verbal oral e escrita, nas discussões e registros descritivos; imagética, nas fotomicrografias e desenhos das células; e tabular, nas comparações entre diferentes tipos celulares (procariontes e eucariontes).

E12_{1s}: Ela não tem núcleo. Então ela é Monera.

Após a observação E12 consulta o material do caderno compostos por texto e imagem sobre as estruturas celulares (Figura 22).

E02_{1s}: Isso. Se não tem núcleo ela é Monera. Então essa é Monera. Então por tabela essa (aponta para o microscópio 2) é Protista.

E12_{2s}: Qual?

E02_{2s}: Essa é Protista.

E12_{3s}: Acho que é animal (após observar a lâmina novamente).

E02_{3s}: Por que é animal e não protista?

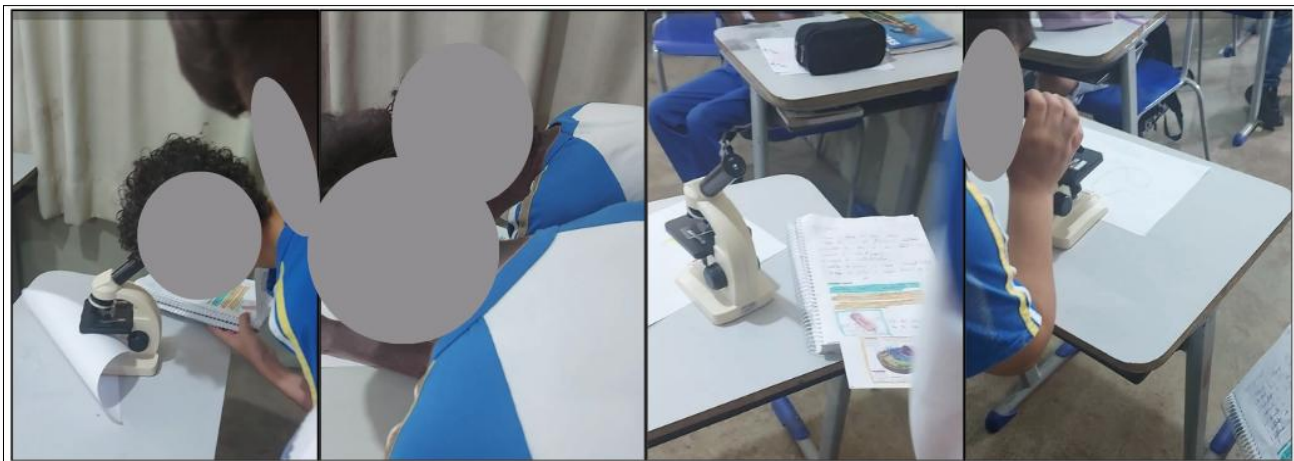
E12_{4s}: Olha o papel do caderno. A animal tem essa cor e esse formato.

E14_{1s}: Essa daqui (aponta para o microscópio 2) é pluricelular. Olha o monte de células. Também acho que é animal.

E02_{4s}: É. Faz sentido. E aquela ali é fácil (apontando para o microscópio 3). É da planta, parece um monte de tijolinhos verde.

E12_{4s}: É. Dá para ver que é bem quadradinha por causa da parede celular.

Figura 22 – E02 e E12 realizando a atividade de microscopia.



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

O indicador *classificação de informações* está presente nas falas de E12 (*Ela não tem núcleo, então é Monera*) e de E02 (*Se não tem núcleo, é Monera. Essa é Protista*), pois ambos mobilizam um critério explícito, a presença ou ausência de núcleo, para atribuir o organismo a um reino e distingui-lo de outros grupos possíveis.

A fala de E14 (*É pluricelular. Olha o monte de células. Também acho que é animal*) evidencia um encadeamento coerente de ideias, no qual o estudante parte da observação das estruturas celulares, identifica a pluricelularidade e a relaciona ao reino Animalia. Esse movimento caracteriza a mobilização do indicador *raciocínio lógico*.

A *justificativa* é evidenciada em diferentes momentos. Nas falas de E12 (*A animal tem essa cor e esse formato. Dá para ver que é bem quadradinha por causa da parede celular*), as afirmações são sustentadas por critérios associados ao material de referência, especialmente características visuais das células. Em E14 (*Olha o monte de células*), a observação empírica sustenta a classificação proposta. Já em E12 (*É da planta, parece um monte de tijolinhos verdes*), a classificação apoia-se em características visuais reconhecidas como típicas de células vegetais.

O indicador *explicação* manifesta-se quando os estudantes estabelecem relações entre critérios e classificações. Em E02 (*Se não tem núcleo, é Monera*), o

estudante explicita a relação entre a ausência de núcleo e a classificação no reino Monera, tornando compreensível o critério adotado. Esse indicador também aparece em E12 (*Por causa da parede celular*), ao relacionar a forma observada a uma estrutura celular específica.

Por fim, o indicador *organização de informações* é evidenciado na fala de E14 (*Essa daqui é pluricelular*), na qual o estudante recupera e reorganiza informações previamente discutidas, incorporando o dado pluricelular ao conjunto de critérios classificatórios mobilizados no grupo.

A mobilização representacional caracteriza-se como *Nível I* (Imagem → Fala e Texto → Fala). Os estudantes revelam a tradução direta de informações oriundas da observação microscópica e da consulta ao material escrito e imagético do caderno na explicitação oral dos critérios classificatórios. Considera-se essa mobilização representacional *Independente*, uma vez que os estudantes respondem à questão proposta por meio dos questionamentos e das representações presentes no caderno sem intervenção direta da docente.

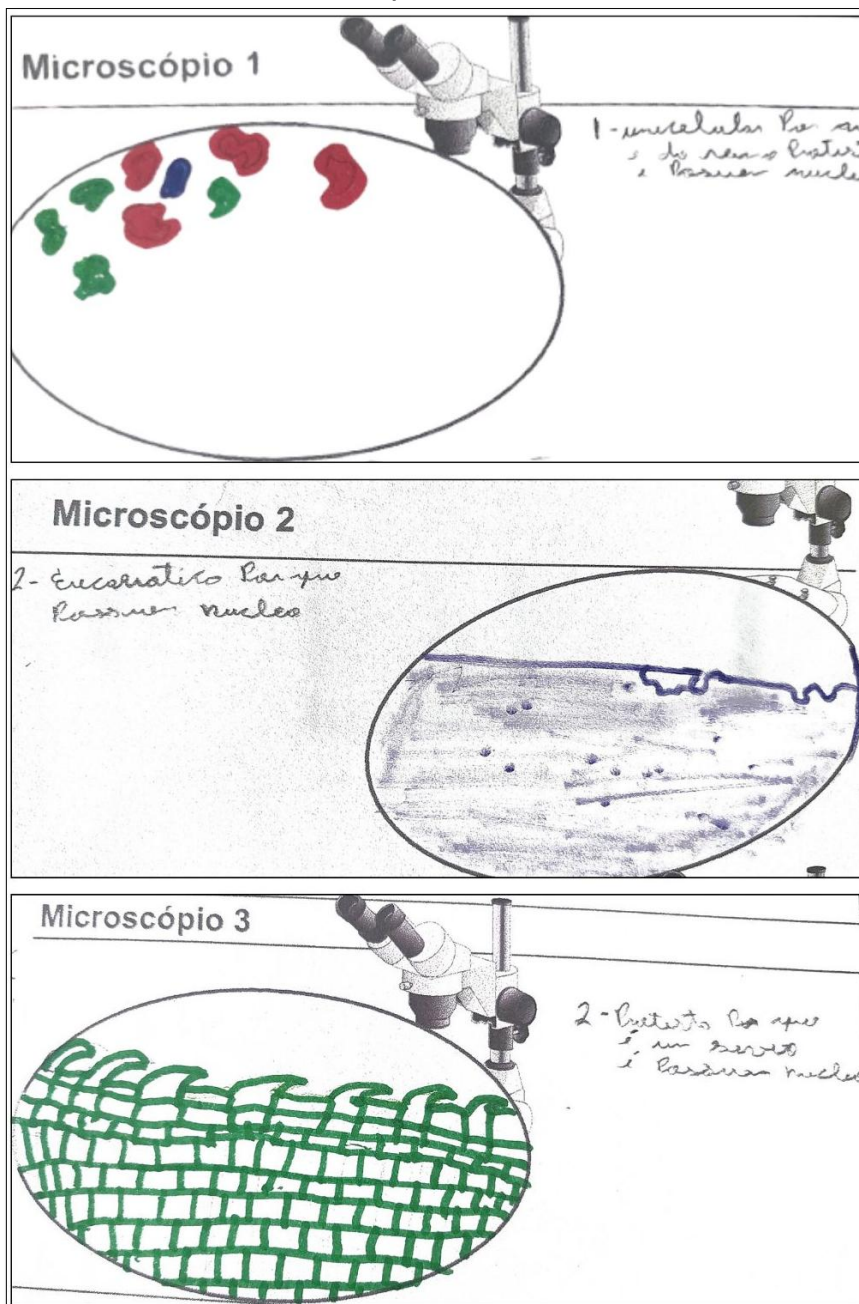
Nesse episódio, as representações imagéticas observadas ao microscópio operam como ferramentas epistêmicas, ao sustentarem a dinâmica discursiva e possibilitarem a mobilização dos indicadores de classificação de informações, justificativa, raciocínio lógico e explicação. Esses indicadores emergem do trânsito entre a observação direta ao microscópio, a consulta ao material escrito e imagético e o diálogo estabelecido entre os estudantes.

As interações orais analisadas anteriormente relacionam-se às produções escritas e imagéticas elaboradas pelos estudantes durante a atividade de microscopia. Cabe esclarecer que a atividade “De quem é essa célula?” foi explicada previamente aos estudantes. Solicitou-se a representação, por meio de desenho, do que estava sendo observado nos microscópios 1, 2 e 3. Além do desenho, os estudantes deveriam discutir e responder a três questões dispostas na lousa. A primeira solicitava a classificação das células observadas como unicelulares ou pluricelulares; a segunda referia-se à organização celular, procariótica ou eucariótica; e a terceira indagava o reino ao qual o ser vivo da célula pertencia.

A seguir, são apresentadas e analisadas três produções, selecionadas em função da recorrência de padrões observados nas demais produções, o que torna desnecessária a análise individual de todos os registros.

Produção de E09

Figura 23 – Atividade realizada por E09.



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Análise: As representações imagéticas de E09, decorrentes da observação ao microscópio, correspondem às lâminas apresentadas (Figura 23). O estudante mobiliza *classificação* e *organização de informações*; no entanto, observam-se equívocos conceituais. Ao observar as células bacterianas no microscópio 1, E09 afirma tratar-se de um organismo unicelular, classificação coerente com a observação. Contudo, o estudante o classifica como pertencente ao reino Protista ao interpretar

imperfeições da lâmina como núcleo celular. Por se tratar da primeira observação do estudante ao microscópio, esse equívoco relaciona-se a uma interpretação perceptiva inicial. A questão foi retomada e esclarecida durante o momento de correção coletiva da atividade.

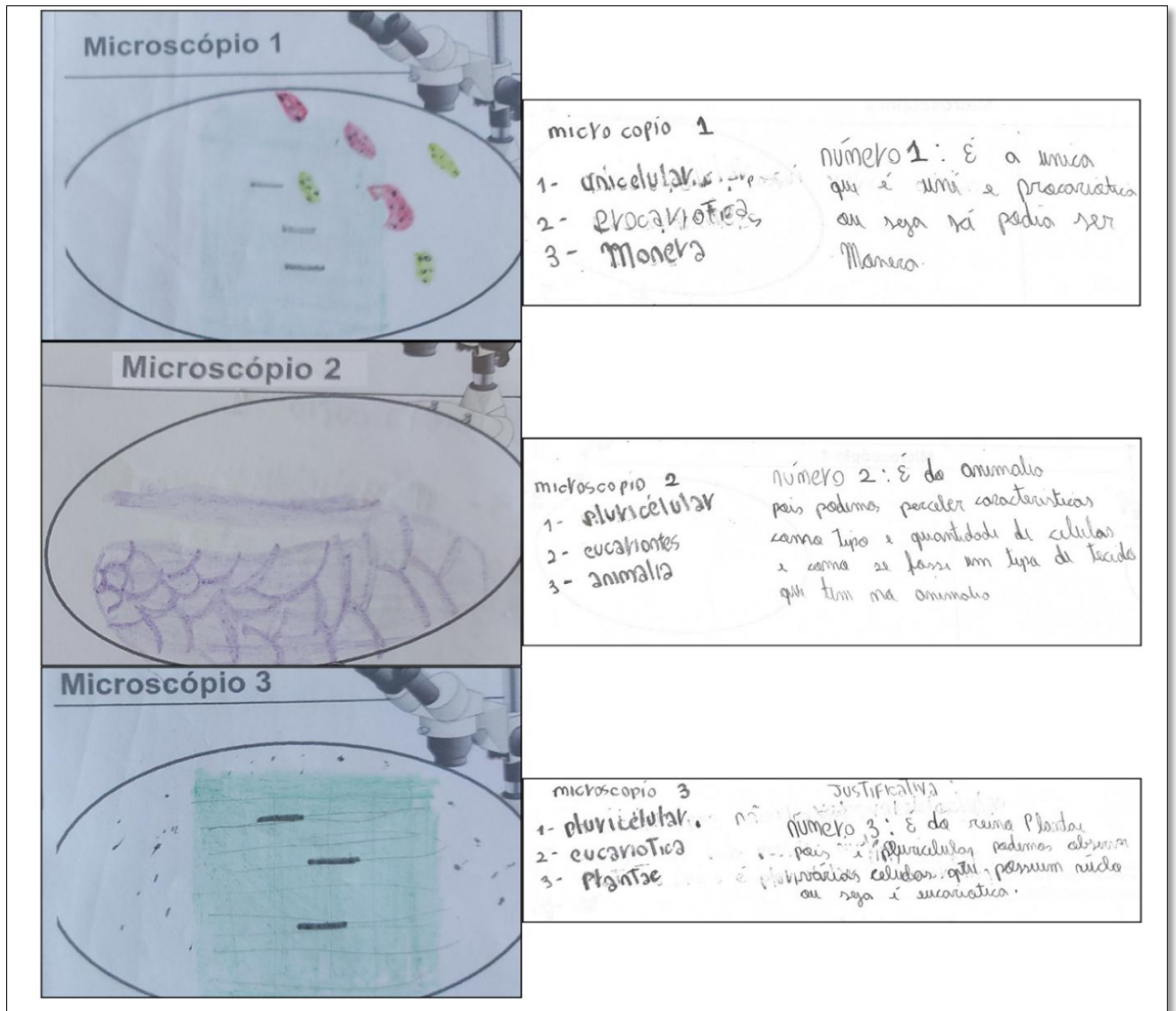
No microscópio 2, E09 classifica o grupo celular como eucarionte e justifica essa classificação com base na presença de núcleo, evidenciada por diversos pontos representados na produção imagética. Nesse caso, observa-se os IAC de *classificação de informações* e *justificativa*, uma vez que o estudante explicita o critério utilizado para a atribuição da categoria celular.

Já no microscópio 3, embora a representação imagética corresponda à lâmina observada de material vegetal, o estudante classifica equivocadamente o organismo como pertencente ao reino Protista. A justificativa apresentada ancora-se novamente na presença de núcleo, indicando a generalização indevida do critério “eucarionte” como suficiente para a definição do reino biológico. Esse recorte evidencia a persistência de equívocos conceituais relacionados à hierarquização dos critérios classificatórios, ainda que o estudante mobilize indicadores de classificação e justificativa.

Em relação à mobilização representacional, a produção de E09 indica que as representações imagéticas orientam a atribuição inicial de características às células observadas ao microscópio. A imagem atua como referência para a identificação e a classificação, ainda que a interpretação perceptiva inicial conduza a equívocos conceituais. Observa-se, assim, *Nível I Independente*, no qual o estudante converte a observação imagética em registros verbais escritos. A superação dos equívocos conceituais demandou mediação docente em momento posterior.

Produção de E01

Figura 24 – Atividade realizada por E01.



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Análise: A representação imagética de E01, relativa à observação no microscópio 1, condiz com as respostas para as questões propostas (Figura 24). O estudante representa as células bacterianas separadas e sem núcleo. Há *classificação de informações* na medida em que o estudante classifica a célula quanto ao número de células (unicelular), à organização celular (procarionte) e a insere no reino biológico Monera, mobilizando critérios científicos convencionais para a ordenação das informações.

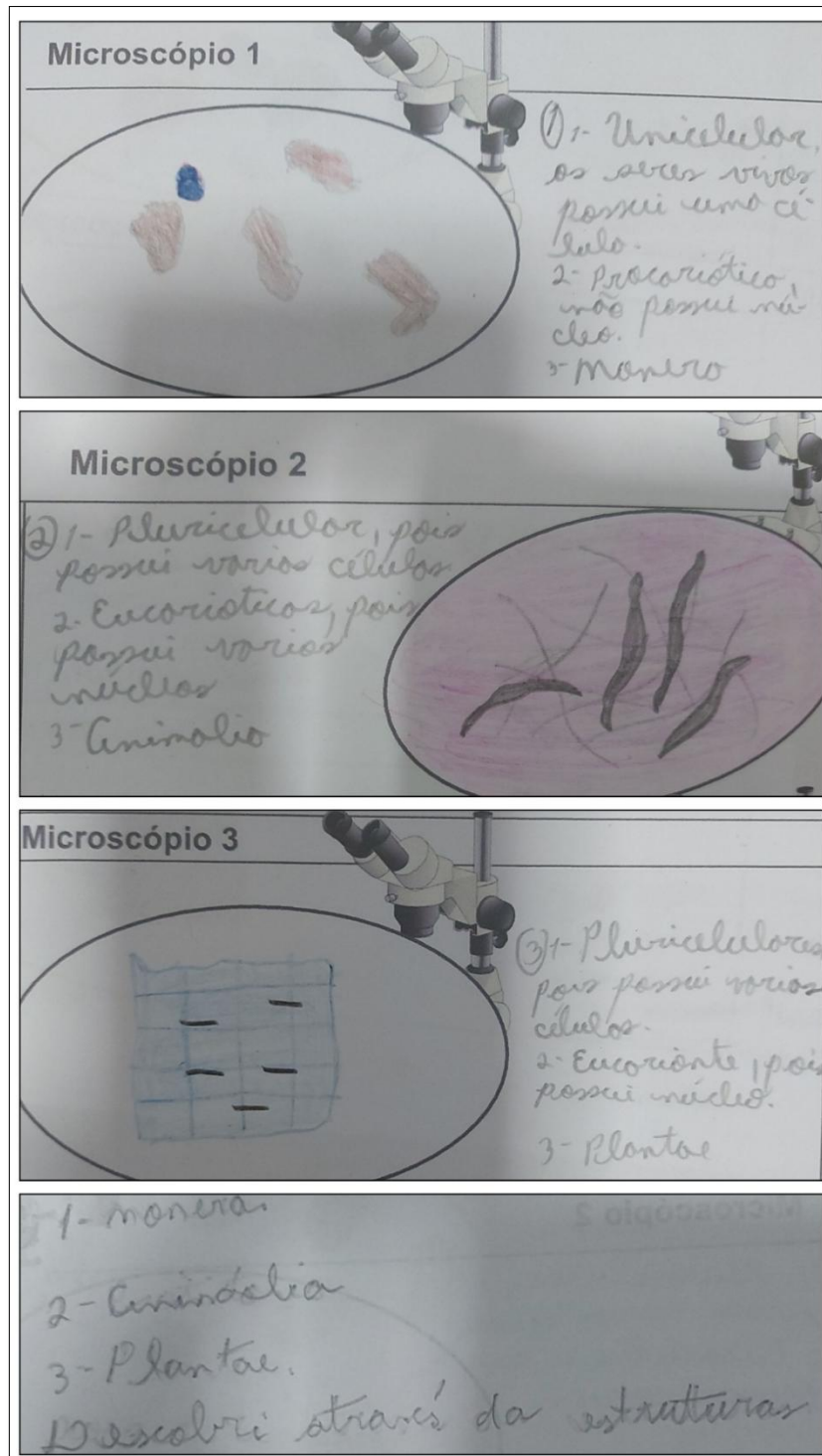
Além disso, a organização sequencial e hierárquica das características celulares para a inserção em um sistema classificatório mais amplo, o reino biológico,

indica a *organização de informações*. O trecho “*É a única que é uni e procariótica, ou seja, só podia ser Monera*” revela *raciocínio lógico*, ao evidenciar o encadeamento entre as características celulares e a conclusão apresentada. Por fim, observa-se a presença de *justificativa*, ancorada na explicitação do critério utilizado para a classificação das células no reino Monera.

Em relação à mobilização representacional, a produção de E01 evidencia a importância das representações imagéticas no processo investigativo e de elaboração de significado. A imagem não se restringe a uma função ilustrativa e passa a operar como ferramenta epistêmica para a organização e a classificação de conceitos científicos. Nesse caso, observa-se o *Nível I Independente*, uma vez que, sem mediação direta registrada no episódio, o estudante realiza o trânsito semiótico entre a representação imagética e a verbal escrita.

Produção de E07

Figura 25 – Atividade realizada por E07.



Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Análise: As produções de E07 apresentam os indicadores de *classificação de informações, explicação, justificativa e organização de informações*. Ele classifica corretamente as estruturas celulares observadas, distinguindo organismos

unicelulares e pluricelulares, bem como células procariontes e eucariontes. A explicação evidencia-se no trecho “*unicelulares, os seres vivos possuem uma célula*”, no qual o estudante generaliza uma característica definidora desse grupo.

Em seguida, observa-se a presença de *justificativa* ao classificar os materiais das lâminas 2 e 3 como pluricelulares, ao afirmar que “*apresentam muitas células*”, bem como ao identificar células eucariontes por “*possuírem núcleo*”. Por fim, há *organização de informações* quando E07 relaciona essas características celulares ao reino biológico correspondente e indica que a *classificação ocorreu* “*por meio das estruturas observadas*”.

Em relação à mobilização representacional, a produção de E07 evidencia o papel das representações imagéticas como suporte para a identificação, a explicação e a justificativa das características celulares observadas. As imagens microscópicas orientam a atribuição de significado às estruturas identificadas e sustentam a explicitação de critérios classificatórios empregados pelo estudante. Observa-se, assim, *Nível I Independente*.

6.3.2 Experimentação: "Fungo faz fotossíntese?"

Nos momentos de ensino analisados, observa-se uma transição progressiva no grau de liberdade das atividades investigativas. Inicialmente, os problemas foram propostos exclusivamente pela professora, caracterizando práticas mais próximas ao Grau II. À medida que os estudantes se engajaram nas discussões, dúvidas por eles levantadas passaram a ser compartilhadas com a turma e discutidas coletivamente. Um exemplo representativo ocorreu quando surgiu a questão sobre a possibilidade de os fungos realizarem fotossíntese.

Diante da dúvida dos estudantes, a professora questionou se seria possível realizar um experimento para respondê-la e, nesse movimento, instaura-se uma situação problematizadora que favorece a mobilização de IAC. Com o avanço da discussão, os próprios estudantes sugeriram a montagem de um experimento para testar as hipóteses formuladas, o que evidencia os IAC de *levantamento de hipóteses* e de *proposição de formas de testagem (teste de hipótese)*, instigados e sustentados pelas representações imagéticas mobilizadas na atividade de classificação proposta no Momento 1.

Embora essa questão apresente uma estrutura dicotômica (sim/não), o que

limita sua configuração como um problema investigativo mais aberto, o movimento observado revela um deslocamento no tipo de participação discente. Tal deslocamento indica uma transição do Grau II para graus superiores de liberdade, marcada pelo maior protagonismo dos estudantes na formulação de problemas e no direcionamento da investigação.

Para registrar e sistematizar a experimentação, as questões discutidas em grupo, de forma verbal, foram digitadas e disponibilizadas para que os estudantes estruturassem seu pensamento por meio da escrita. Contextualizou-se que, durante as aulas de Ciências sobre a diversidade da vida na Terra, surgiram as seguintes questões: como os fungos se alimentam? Será que eles realizam fotossíntese? Você já havia pensado sobre isso? Solicitou-se, inicialmente, que os estudantes registrassem suas ideias a partir das seguintes questões: (1) Como os fungos se alimentam? (2) Será que eles realizam fotossíntese? (3) Como poderíamos montar um experimento para investigar se eles realizam fotossíntese?

Diante das respostas, foi montado o experimento, no qual se colocou pão umedecido em frascos tampados. Conforme indicado pelos estudantes, um dos frascos foi mantido no escuro, de modo a atender à hipótese de que a fotossíntese requer a presença de luz. Em seguida, os estudantes registraram os resultados esperados.

Nas semanas seguintes, os estudantes realizaram observações sistemáticas, com registros escritos e desenhos do desenvolvimento dos fungos, preenchendo o tópico referente aos resultados observados (Figura 24). Na terceira semana de observação, elaboraram a conclusão a partir das observações realizadas.

Durante a atividade as representações verbais (oral e escrita), imagética (registro em desenho do experimento) e 3D (materiais do experimento) foram mobilizadas.

Figura 26 – Observação e registro do desenvolvimento dos fungos

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

A seguir, apresentam-se os resultados da atividade “Experimentação: os fungos realizam fotossíntese?”, que compõe o Momento 3.

Para fins analíticos, foram selecionadas respostas de diferentes estudantes, de modo a evidenciar concepções variadas mobilizadas diante do mesmo problema investigativo. Para a questão (1) “Como os fungos se alimentam?” as respostas apresentadas foram:

E01 – *Por minerais do solo e das plantas (eu não sei, mas coloquei o que eu acho).*

E02 – *O bolor nasce e se alimenta de alimentos vencidos.*

E03 – *Eles fazem fotossíntese porque eles fazem seu próprio alimento e precisa também de terra e água e esterco.*

E07 – *Os bolores se alimentam através das comidas que eles ficam, já o cogumelo eu não sei.*

E08 - *Eu acho que o bolor se alimenta da fruta ou da comida que ele está. Já o cogumelo acho que se alimenta da terra (das coisas da terra mas sem o Sol).*

E09 – *Com a fotossíntese eles se alimentam sobre cogumelo e sujo embolorado.*

E10 – *Eu acho que eles se alimentam pelas raízes que sugam o alimento.*

As respostas acima mostram o IAC de *classificação de informações*, uma vez que os estudantes procuram ordenar os fungos em grupos a partir de critérios relacionados ao modo de obtenção de alimento, como fotossíntese, absorção de nutrientes do ambiente ou associação com alimentos em decomposição. Esses critérios, ainda que frequentemente equivocados ou implícitos, revelam tentativas de distinção e agrupamento, indicando um processo classificatório em construção.

Há *levantamento de hipóteses* nas produções de E01, E08 e E10, nas quais os estudantes explicitam a natureza provisória com indicação de incerteza, como “eu não sei” e “eu acho”. Em E07, a incerteza explicitada em relação aos cogumelos indica uma etapa anterior à formulação de hipóteses.

Abaixo, apresentam-se as respostas dos estudantes à questão (2): “Será que eles realizam fotossíntese?”

E01 – *Acho que não.*

E02 – *Não. Pois ele precisa de um alimento vencido (estou usando o bolor como exemplo).*

E03 – *Eles fazem fotossíntese porque eles fazem seu próprio alimento e precisa também de terra e água e esterco.*

E07 – *Não, pois eles nascem onde não tem luz solar.*

E08 – *Não. As plantas fazem fotossíntese os fungos eu acho que não.*

E09 – *Não. Porque eles não conseguem se reproduzir.*

E10 – *Eu acho que sim, porque ele pode ser uma planta.*

Constata-se a presença do IAC de *classificação de informações* nas produções de E02, E03 e E08, quando os estudantes distinguem fungos de plantas ou os agrupam a partir de critérios relacionados ao modo de obtenção de alimento. O *levantamento de hipóteses* emerge nas produções de E01, E08 e E10, nas quais os estudantes explicitam a natureza provisória de suas respostas por meio de marcas de incerteza, como “acho que”. Já a *justificativa* aparece de forma recorrente nas produções de E02, E07, E09 e E10, com a explicitação de razões para a negação ou afirmação da fotossíntese, ainda que frequentemente baseadas em critérios equivocados. Em E03, observa-se o IAC de *explicação*, ao estabelecer uma relação causal entre a produção do próprio alimento e a realização da fotossíntese, embora essa explicação não corresponda ao conhecimento científico escolarmente validado.

Os trechos a seguir correspondem às respostas dos estudantes à questão (3) “Como poderíamos montar um experimento para investigar se eles realizam fotossíntese?”

E01 – Colocando vários tipos de fungo e tratando eles como plantas que fazem fotossíntese para ver se dá para perceber alguma evolução.

E02 – Colocar pão em um pote e ver se nasce o bolor ou não.

E03 – Plantar ele ou ver o crescimento dele pra ver se ele faz fotossíntese. Colocar no lugar úmido e onde tem Sol. Mas se colocar fungo no sol ele pode secar mais se colocar numa árvore com umidade ele pode crescer.

E07 – Pegar duas madeiras úmidas e colocar uma na luz solar e uma na sombra e ver no que vai dar.

E08 – Podemos colocar uma fruta em um pote e colocar no Sol e colocar outra fruta em outro pote e colocar na sombra um lugar sem Sol.

E09 – Porque eles conseguem aparecer em cogumelos e plantas.

E10 – Colocamos um pote de pão em um lugar claro e outro pote em lugar escuro e esperamos ver se os fungos fazem fotossíntese.

As respostas à questão (3) evidenciam um deslocamento do foco conceitual para a proposição de procedimentos experimentais, com a emergência do IAC de teste de hipóteses nas produções de E01, E02, E03, E07, E08 e E10. Nesses casos, os estudantes propõem formas de testagem para investigar a realização da fotossíntese, estabelecendo, em sua maioria, comparações entre condições de luz e ausência de luz.

Na sequência, solicitou-se aos estudantes que redigissem os resultados esperados. Assim, têm-se:

E01 – Os dois potes iam ficar contaminados igualmente sem muita diferença de um para o outro.

E02 – Que nos dois potes vão nascer do mesmo.

E03 – Eu acho que no pote com o pano vai dar um monte de fungos, bolinhas de fungo. O pote aberto (sem cobertura – com luz) não terá muito fungo por conta da luz e assim atrapalha o crescimento dele.

E07 – Que nasça fungo na madeira que está na sombra, pois o fungo nasce em lugar escuro, e não faz fotossíntese então não precisa de luz solar.

E08 – Que nasça nos dois igual porque ele não faz fotossíntese. Mas se nasce só no que pega sol ele faz a fotossíntese.

E09 – Os fungos não conseguem sobreviver na luz solar.

E10 – Esperamos que os fungos façam fotossíntese.

Em razão da natureza da questão proposta, observa-se a mobilização do indicador de previsão em todas as produções, uma vez que os estudantes antecipam os resultados esperados do experimento. Em E03, a expressão “eu acho” evidencia o levantamento de hipótese. Há também explicação e raciocínio lógico, uma vez que o

estudante formula uma previsão provisória, articula condições ambientais ao crescimento dos fungos e estabelece um encadeamento inferencial entre luz e desenvolvimento do organismo. Em E07, observam-se os IAC de *explicação* e *raciocínio lógico*, visto que o estudante articula informações previamente mobilizadas para interpretar o fenômeno, estabelecendo uma relação causal entre a ausência de fotossíntese e a não necessidade de luz solar.

Em E08, há *raciocínio lógico*, ao formular relações condicionais entre o crescimento dos fungos e a presença ou ausência de luz. Observa-se a presença do indicador de *justificativa* nas produções de E03, E07 e E08, nas quais os estudantes sustentam suas previsões por meio de razões ou critérios que funcionam como garantia do que foi proposto.

Os estudantes observaram o experimento semanalmente, ao longo de três semanas, e registraram os resultados obtidos. A seguir, apresentam-se as produções escritas e imagéticas correspondentes (Figura 25).

E01 – *Depois de mais ou menos um dia podemos observar que são tipos diferentes de fungos em cada pote e com certeza o pote que está no escuro parece mais contaminado.*

Após uma semana o pote no claro parece bem mais mole e bem mais contaminado o pote no escuro está mais firme que o outro e tem alguns fungos a parênteses.

Após duas semanas o pote do claro parece super diferente do que o que estava no escuro pois o claro está bem mais mole e contaminado e o pote do escuro não parece ter mudado muito parece que o claro agiu mais rápido.

E02 – *No pote que estava tampado o pão se manteve quase igual no começo, porém com mais pontinhos de bolor.*

E03 – *O (pote) da tampa vermelha está mais molenga e o que estava tampado (escuro) estava mais intacto, mais firme.*

E07 – *No primeiro dia nasceu mais fungos no pote tampado, porém o que está no claro dissolveu mais.*

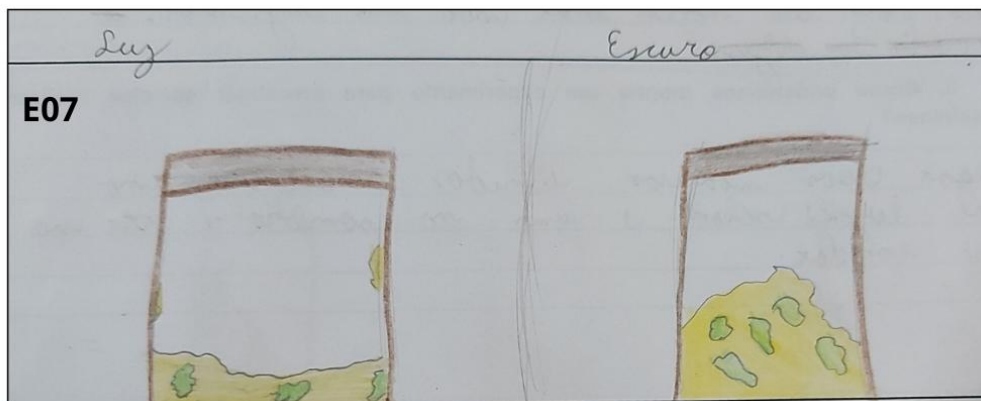
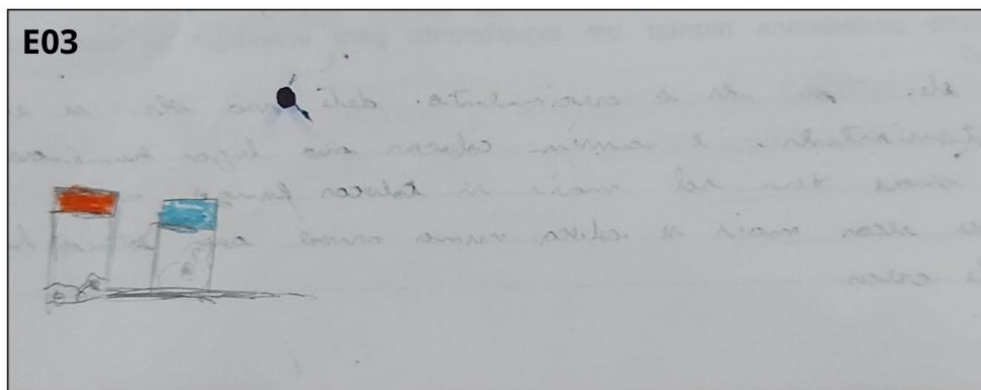
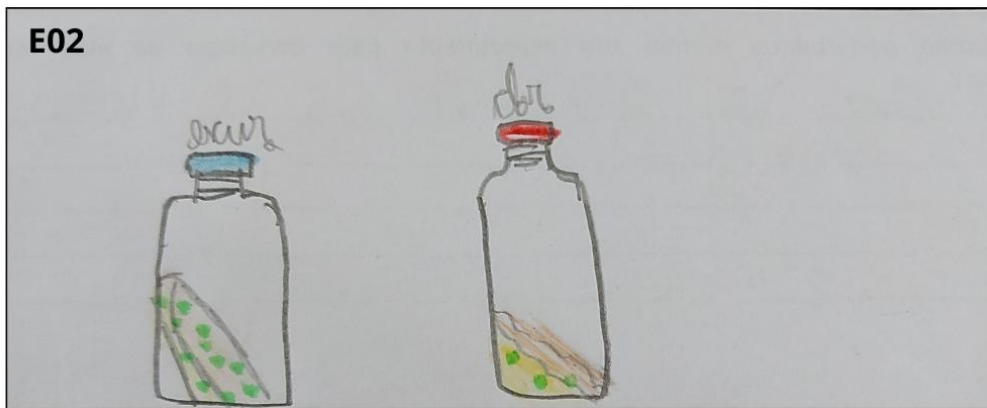
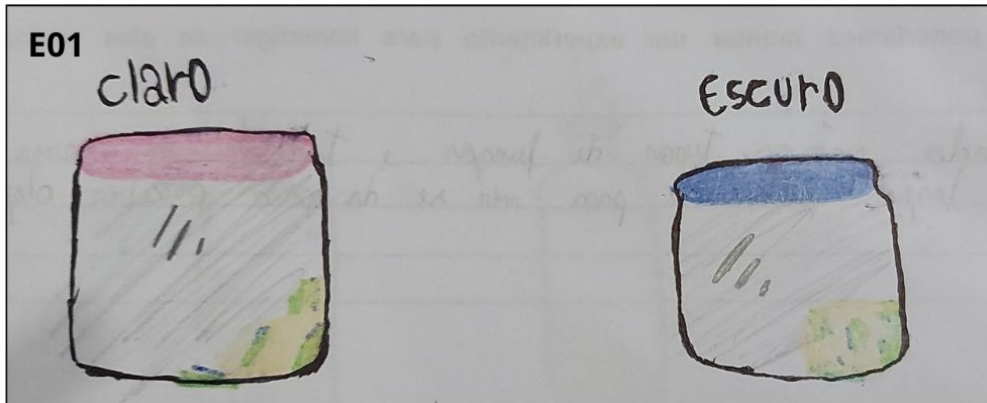
Podemos observar que na terceira semana o que está no claro se dissolveu mais ainda e não mudou a quantidade de fungos nos dois potes.

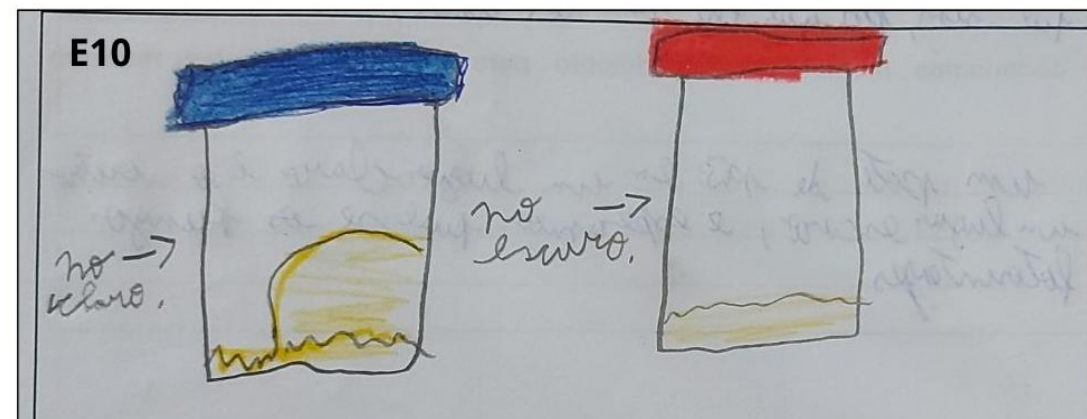
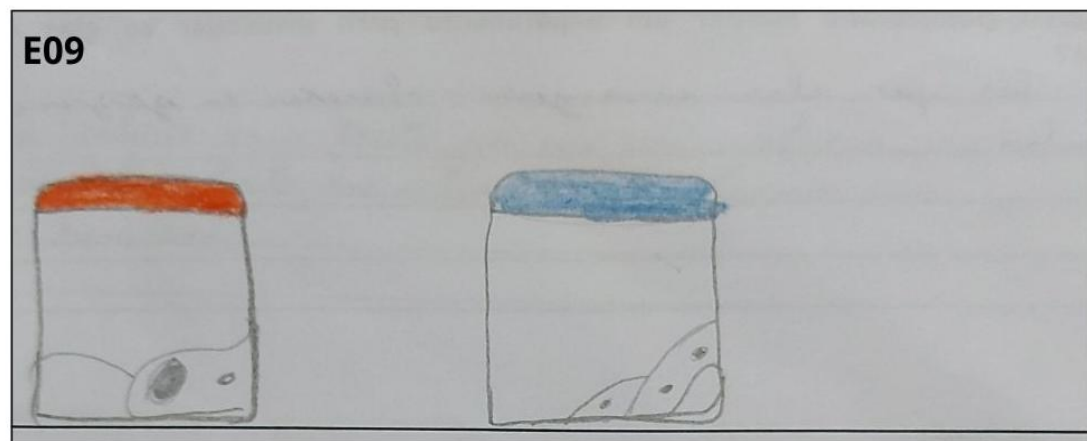
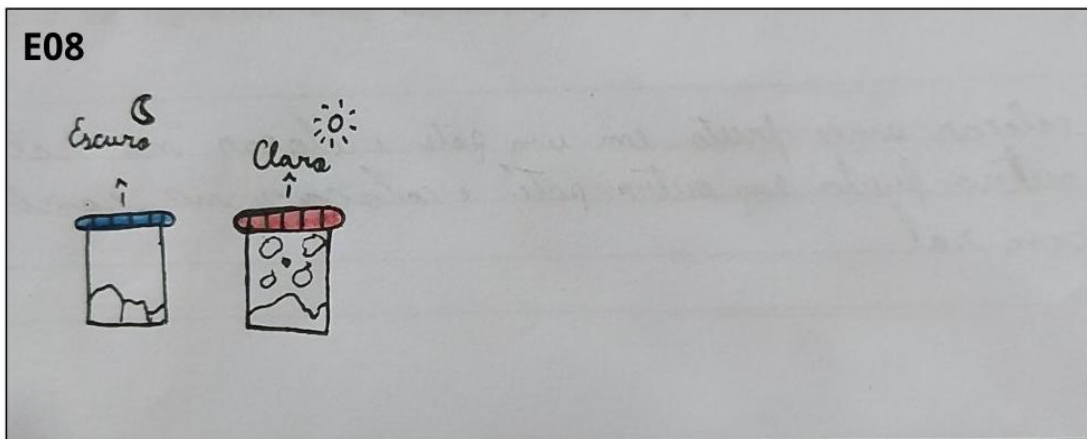
E08 – *O pote vermelho apareceu uma água e parece que ele fez fotossíntese e o azul não.*

E09 – *Após observar os fungos por três semanas descobrimos que os fungos não conseguem fazer fotossíntese.*

E10 – *O pote vermelho (escuro) está muito mole, já o que está com a cor azul (claro) está mais duro.*

Figura 27 – Produções imagéticas dos estudantes referentes aos resultados do experimento





Fonte: Dados da pesquisa (2024)

O trecho de E01 condiz com a produção imagética (Figura 25). Constata-se o IAC de *organização de informações*, uma vez que o estudante organiza temporalmente os dados (depois de um dia, após uma semana, após duas semanas), retoma as duas condições experimentais (claro e escuro) e reorganiza as observações de modo a evidenciar a evolução do fenômeno ao longo do tempo. A menção de que “são tipos diferentes de fungos em cada pote” revela o IAC de *classificação de*

informações. Observa-se, ainda, o IAC de *raciocínio lógico* no trecho “o claro está bem mais mole... parece que o claro agiu mais rápido”, pois evidencia o encadeamento entre observação e inferência, ao comparar as condições experimentais e inferir sobre a diferença na velocidade de desenvolvimento dos fungos.

As produções de E02, E03 e E10 evidenciam o IAC de *organização de informações*, pois apresentam marcação temporal, comparação entre as condições experimentais e organização sequencial das observações. A representação imagética de E10 (Figura 25) evidencia o equívoco do estudante no estabelecimento das condições experimentais.

O trecho de E07 corresponde à produção imagética apresentada (Figura 25). Observa-se o IAC de *organização de informações*, pois o estudante organiza os dados em sequência temporal (no primeiro dia, na terceira semana) e compara as duas condições experimentais (pote tampado e pote no claro), o que permite acompanhar as mudanças ocorridas ao longo do tempo. Identifica-se também o IAC de *classificação de informações* ao diferenciar a quantidade de fungos nos dois potes e ao distinguir os efeitos observados em cada condição. Além disso, evidencia-se o IAC de *raciocínio lógico*, uma vez que o estudante estabelece comparações entre as condições investigadas e infere diferenças no comportamento do material (dissolveu mais, não mudou a quantidade), ainda que não apresente uma explicação causal para o fenômeno.

E08 há *organização de informações* ao comparar duas condições experimentais, evidenciado tanto na produção escrita quanto na imagética, e ao relacionar a observação empírica (apareceu uma água) ao resultado interpretado. Embora haja equívoco conceitual, o encadeamento segundo o qual a presença de água indicaria a realização de fotossíntese e sua ausência indicaria o contrário evidencia o IAC de *raciocínio lógico*. O estudante estabelece relação entre observação e conclusão. Essa mesma estrutura revela *justificativa*, na medida em que a afirmação “fez fotossíntese” é sustentada pela garantia de que “apareceu uma água”.

E09 apresenta, nos resultados observados, uma antecipação da conclusão investigativa. Nesse caso, a produção imagética permite acompanhar as mudanças registradas ao longo do experimento. O registro escrito evidencia o IAC de *organização de informações*, pois há referência ao percurso investigativo (após observar por três semanas), retomado para fundamentar a conclusão apresentada. Além disso, ao articular as observações realizadas para interpretar o fenômeno

investigado, identifica-se o IAC de *explicação*.

A seguir, são apresentadas as conclusões elaboradas pelos estudantes.

E01 – *Com o experimento, consegui perceber que, com a energia solar, parece que os fungos agem mais rápido do que quando estão no escuro. Discordei um pouco da minha resposta inicial, pois eles não se fortalecem através do solo; eles precisam de fontes que possuem energia para se fortalecer, causando uma contaminação mais rápida.*

E02 – *No final, minha hipótese sobre o resultado estava errada, e cada pote teve um resultado diferente. A hipótese sobre como o bolor se alimenta estava certa.*

E03 – *O pote vermelho, que estava na luz solar, apresentou mais alteração e ficou mais molengo. Já o da tampa azul, que estava tampado, manteve mais estrutura.*

E07 – *Os bolors se alimentam através da comida onde ficam. A hipótese que sugeri estava correta, e o resultado que eu esperava aconteceu.*

E08 – *Eu acho que alguns tipos de fungos fazem fotossíntese e outros não.*

E09 – *Os fungos se reproduzem quando passam dias no escuro. Depois de três semanas, conseguem digerir toda a massa e os nutrientes.*

E10 – *Não. O pão ficou com bolor e muito mole, então os fungos se alimentam sugando todo o alimento do pão.*

A produção de E01 observa-se a retomada do experimento como base para a *organização de informações*. Identifica-se justificativa na afirmação sustentada por razão em “pois eles não se fortalecem através do solo...”. Há *explicação* ao articular informações para construir uma interpretação do fenômeno investigado. Além disso, o encadeamento entre energia, fortalecimento e contaminação mais rápida evidencia o IAC de *raciocínio lógico*.

Em E02 observa-se a retomada do percurso investigativo ao afirmar que, ao final do experimento, a hipótese sobre o resultado estava equivocada, enquanto a hipótese sobre a forma de alimentação do bolor se confirmou. Esse movimento evidencia o IAC de *organização de informações*, pois o estudante recupera a hipótese inicial, confronta-a com os dados obtidos e reorganiza o entendimento a partir dos resultados. Identifica-se também o IAC de *raciocínio lógico*, na medida em que o estudante estabelece relação entre previsão e evidência empírica para avaliar a adequação de suas hipóteses.

A comparação entre as duas condições experimentais permite identificar *organização de informações* em E03. Identifica-se também o IAC de *raciocínio lógico*, na medida em que o estudante estabelece contraste entre as variáveis investigadas e

infere diferenças no comportamento do material observado.

A conclusão apresentada por E07 revela *explicação* ao afirmar que os bolores se alimentam da comida onde se desenvolvem, apresentando uma interpretação do fenômeno investigado. Observa-se também o IAC de *organização de informações* ao retomar a hipótese inicial e relacioná-la ao resultado obtido. Além disso, evidencia-se o IAC de *raciocínio lógico*, na medida em que o estudante estabelece correspondência entre a hipótese formulada e a confirmação empírica observada.

Em E08 observa-se o IAC de *levantamento de hipótese*, evidenciado pelo marcador de incerteza “eu acho”, que indica caráter provisório da afirmação. Identifica-se também o IAC de *classificação de informações*, uma vez que o estudante distingue “alguns tipos de fungos” de “outros”, agrupando-os com base no critério da realização ou não de fotossíntese.

Em E09 identifica-se o IAC de *organização de informações* ao retomar o percurso temporal do experimento (“depois de três semanas”) e articular condição e efeito na descrição do fenômeno. Observa-se também o IAC de *explicação*, uma vez que o estudante relaciona a permanência no escuro à reprodução dos fungos e à digestão da massa e dos nutrientes. Evidencia-se, ainda, o IAC de *raciocínio lógico* ao estabelecer encadeamento entre condição experimental, tempo de observação e efeito observado.

Na produção de E10 identifica-se o IAC de *organização de informações* ao retomar os resultados observados como base para a conclusão apresentada. Observa-se também o IAC de *justificativa*, pois a afirmação é sustentada pela evidência de que o pão ficou com bolor e muito mole. Evidencia-se, ainda, o IAC de *explicação*, na medida em que o estudante articula essa observação à interpretação de que os fungos se alimentam sugando o alimento do pão. O uso do conector “então” explicita o IAC de *raciocínio lógico*, ao estabelecer encadeamento entre evidência empírica e conclusão.

De modo geral, observa-se maior presença do IAC de *organização de informações* nas produções de E01, E02, E03, E07, E09 e E10, sobretudo quando os estudantes retomam o percurso do experimento e confrontam a hipótese inicial com os resultados obtidos. O IAC de *raciocínio lógico* também aparece com frequência, evidenciado pelo encadeamento entre condição experimental, observação e conclusão.

O IAC de *explicação* destaca-se em E01, E07, E09 e E10, momentos em que

os estudantes relacionam condições e efeitos para interpretar o fenômeno investigado. O IAC de *justificativa* manifesta-se de forma mais evidente em E01 e E10, nas quais as conclusões são sustentadas por razões explicitadas.

Por sua vez, os IAC de *levantamento de hipótese* e de *classificação de informações* aparecem com menor frequência nas conclusões, sendo mais perceptíveis em E08, cuja produção mantém caráter provisório e classificatório.

No plano representacional, observa-se que a mobilização representacional se configura predominantemente como *Independente*, com prevalência do *Nível I*, evidenciado quando os estudantes convertem a observação tridimensional dos potes em registros imagéticos e verbais escritos. Esse trânsito entre formas representacionais ocorre com preservação do conteúdo observado e constitui base para a *organização das informações*, para a comparação entre condições experimentais e para a formulação de conclusões, viabilizando a mobilização dos IAC.

Em alguns casos (E01, E09, E10), identifica-se também a presença do *Nível II*, quando os estudantes articulam hipóteses iniciais, registros empíricos e conclusões, por meio da coordenação de múltiplas representações para construir interpretações do fenômeno investigado. Essa articulação representacional favorece a emergência dos IAC de *explicação*, *justificativa* e *raciocínio lógico*, evidenciando que a dinâmica representacional atua como condição estruturante da alfabetização científica no contexto da atividade experimental.

Encerrada a análise do Momento 3, torna-se pertinente sistematizar os principais elementos observados no plano investigativo, representacional e na dimensão formativa da alfabetização científica. O Quadro 9 sintetiza as atividades desenvolvidas nos momentos de ensino, as fases do ciclo investigativo contempladas, as representações predominantes, a dinâmica representacional identificada e os indicadores de alfabetização científica. Essa organização permite visualizar, de forma integrada, como as dimensões investigativa, representacional e formativa se relacionam no desenvolvimento das atividades analisadas.

Quadro 9 - Síntese dos momentos de ensino, das fases do ciclo investigativo, das representações predominantes, da dinâmica representacional e dos indicadores de alfabetização científica.

	Atividade	Fase do ciclo investigativo	Representações predominantes	Dinâmica representacional	IAC
Momento 1 Contação de história	“ Era uma vez a classificação dos seres vivos...”	Orientação Conceitualização Discussão	Verbal oral Imagética Verbal escrita Tabular	Nível I Dependente	Seriação, classificação e organização de informações. Raciocínio lógico. Levantamento de hipóteses, justificativa e explicação.
Momento 2 Seminário formativo	Etapa I Estruturação da investigação	Orientação Discussão	Verbal oral Verbal escrita	-	Seriação e classificação de informações. Raciocínio lógico. Levantamento de hipóteses, justificativa e explicação.
	Etapa II Investigação no laboratório	Investigação Discussão	Verbal oral Imagética Verbal escrita Tabular	Nível I Nível II Dependente Independente	Seriação, classificação e organização de informações. Raciocínio lógico. Levantamento de hipóteses, teste de hipóteses, justificativa e explicação.
	Etapa III Socialização dos resultados e	Conclusão Discussão	Verbal oral Imagética Verbal escrita Tabular 3D	Nível I Nível II Dependente Independente	Organização de informações. Raciocínio lógico. Levantamento de hipóteses e explicação.

	Etapa IV Apresentação oral	Conclusão Discussão	Verbal oral Imagética Verbal escrita Tabular 3D	Nível I Nível II Dependente Independente	Seriação, classificação e organização de informações. Raciocínio lógico. Levantamento de hipóteses, justificativa e explicação.
	Etapa V Sistematização dos conhecimentos	Conclusão Discussão	Verbal oral Verbal escrita Tabular	Nível I Nível II Independente	Seriação, classificação e organização de informações. Raciocínio lógico. Justificativa e explicação.
Momento 3 Integração uso dos saberes construídos	Microscopia investigativa: "De quem é essa célula?"	Investigação Conclusão Discussão	Verbal oral Imagética Verbal escrita	Nível I Independente	Classificação e organização de informações. Raciocínio lógico. Justificativa e explicação.
	Experimentação: "Fungo faz fotossíntese?"	Orientação Conceitualização Investigação Conclusão Discussão	Verbal oral Imagética Verbal escrita 3D	Nível I Nível II Independente	Classificação e organização de informações. Raciocínio lógico. Levantamento de hipóteses, teste de hipóteses, justificativa, previsão e explicação.

Fonte: Elaborado pela autora

A sistematização apresentada no quadro evidencia a predominância dos indicadores de *organização* e de *classificação de informações*, associados a momentos em que os estudantes trabalham com os dados obtidos na investigação e identificam as variáveis envolvidas no fenômeno analisado. O *raciocínio lógico* também esteve presente em diversos momentos, contribuindo para a construção de encadeamentos entre condições, evidências e conclusões. O *levantamento de hipóteses*, a *explicação* e a *justificativa* mostraram-se recorrentes ao longo das atividades analisadas, indicando movimentos de interpretação e validação das ideias produzidas. Observa-se menor incidência dos indicadores de *teste de hipóteses* e *previsão*. Destaca-se, ainda, a ausência do indicador de *raciocínio proporcional*, fato que se relaciona às características da atividade experimental proposta, que não demandava explicitamente a análise de relações quantitativas ou de interdependência formal entre variáveis.

No plano representacional, identificam-se mobilizações dos *Níveis I e II* ao longo das atividades analisadas. Essa dinâmica mostrou-se constitutiva da alfabetização científica, uma vez que as múltiplas representações atuaram como ferramentas epistêmicas, conforme evidenciado nas análises realizadas. O parâmetro dependência indica que a dinâmica representacional se configurou, inicialmente, com maior incidência de mediação docente e, em momentos posteriores, com maior autonomia discente. Essa variação, observável no quadro-síntese, reforça a importância da mediação na mobilização das representações e na emergência dos indicadores de alfabetização científica.

A análise apresentada até o momento permitiu identificar tendências gerais na mobilização dos Indicadores de Alfabetização Científica e na dinâmica representacional da turma. No entanto, considerando a natureza processual da alfabetização científica, torna-se pertinente aprofundar essa discussão a partir de uma análise longitudinal individual. Nesse sentido, a seguir, apresenta-se a trajetória da estudante E07, com o objetivo de evidenciar, em maior nível de detalhamento, como se articulam os processos cognitivos representacionais e a emergência dos indicadores ao longo dos momentos de ensino.

6.4 ANÁLISE LONGITUDINAL DE E07

A análise longitudinal de E07 foi realizada a partir das participações e

produções do estudante, apresentadas e analisadas nas subseções anteriores. Para esse fim, foram extraídos das análises os Indicadores de Alfabetização Científica atribuídos a E07, assim como a dinâmica representacional ao longo do processo, subsidiando a elaboração do Quadro 10.

Quadro 10 – Indicadores de Alfabetização Científica e dinâmica representacional de E07 ao longo dos momentos de ensino.

Momento de Ensino	IAC	Dinâmica Representacional
<i>Momento 1 Episódio 1</i>	Organização da informação; Classificação da informação; Levantamento de hipóteses	Ausente
<i>Momento 1 Episódios 2 e 3</i>	Justificativa; Explicação; Raciocínio lógico (inicial)	Nível I Dependente
<i>Momento 2 Etapa I</i>	Justificativa; Seriação de informações; Levantamento de hipóteses	Ausente
<i>Momento 2 Etapa III</i>	Organização da informação; Raciocínio lógico; Levantamento de hipóteses; Explicação	Nível II Independente e Dependente
<i>Momento 2 Etapa IV</i>	Classificação de informações; Explicação; Justificativa; Raciocínio lógico; Organização da informação	Nível II Independente
<i>Momento 3 Atividade 1</i>	Classificação de informações; Explicação; Justificativa; Organização da informação	Nível I Independente
<i>Momento 3 Atividade 2</i>	Classificação de informações; Justificativa; Teste de hipóteses; Previsão; Organização de informações; Explicação; Raciocínio lógico	Nível I Independente

Fonte: elaborado pela autora.

Inicialmente, no Momento 1, constatam-se os indicadores de *organização da informação*, *classificação de informações* e *levantamento de hipóteses*, ainda sem mobilização representacional explicitamente identificada. A presença desses IAC revela o trabalho inicial com os dados da investigação e evidencia o envolvimento de E07 na identificação de elementos e variáveis relacionados ao fenômeno analisado. Esse movimento aponta o engajamento do estudante frente à atividade investigativa.

Ainda no Momento 1, E07 mobiliza, de modo *dependente* da orientação docente, representações imagéticas que sustentam participações associadas aos IAC de *justificativa*, *explicação* e *raciocínio lógico*. Esses indicadores mostram que o estudante passa a estruturar o pensamento, organizando ideias de forma mais lógica e objetiva para explicar os fenômenos. Diante disso, considera-se que as representações imagéticas dão suporte à emergência dos IAC e favorecem seu refinamento, à medida que o estudante avança de respostas predominantemente descritivas para formulações de caráter explicativo.

No Momento 2, observa-se um movimento semelhante. Inicialmente, E07 não mobiliza representações de forma explícita e apresenta IAC relacionados à compreensão da situação analisada. Na sequência, passa a coordenar representações em movimentos ora *dependentes*, ora *independentes* da mediação docente, revelando IAC associados tanto à busca de entendimento da situação quanto à estruturação do pensamento para a elaboração de ideias lógicas e objetivas sobre os fenômenos estudados.

No Momento 3, E07 realiza satisfatoriamente as atividades investigativas propostas, mobilizando IAC e representações de maneira predominantemente independente. A trajetória de E07 aponta que a fluência representacional não se desenvolve de forma linear, mas por reorganizações sucessivas nas formas de mobilização das representações ao longo do desenvolvimento da investigação.

Além disso, no Momento 3, o estudante passa a utilizar evidências de forma explícita, fundamentando suas interpretações em observações empíricas e resultados experimentais. Esse movimento torna-se visível na comparação entre condições experimentais, como luz e sombra, bem como nos registros sistemáticos do experimento realizado. Nesse contexto, E07 estabelece relações entre dados empíricos e conclusões, indicando a integração entre observação e interpretação.

Ao longo dos momentos de ensino observa-se que E07 apresenta transformações significativas tanto no plano conceitual quanto no uso das

representações. No Momento 1, os critérios de classificação mobilizados são baseados em aspectos perceptivos e do cotidiano, como exemplificado na afirmação “*mas é comestível*”. Já no Momento 3, evidenciam-se critérios científicos, como “*unicelulares possuem uma célula*” e “*possuem núcleo*”. Esse deslocamento indica a passagem de critérios intuitivos para critérios conceituais, caracterizando um ganho conceitual no processo de aprendizagem.

Esse avanço conceitual reverberou nas explicações elaboradas pelo estudante que, inicialmente, apresentavam caráter descritivo e pouco sistematizado, limitando-se à nomeação de características isoladas e, posteriormente, passam a incorporar definições e relações entre conceitos, evidenciando maior estruturação do pensamento científico.

A estrutura do raciocínio também apresenta mudanças relevantes. Inicialmente fragmentado, o raciocínio evolui para uma organização mais encadeada, na qual se estabelecem relações entre condições, evidências e conclusões. Esse encadeamento pode ser identificado em construções como “*pois eles nascem onde não tem luz solar*”, bem como na validação da hipótese com base nos resultados obtidos. Esse movimento mostra a consolidação do raciocínio lógico como componente estruturante da explicação científica.

No plano representacional, observa-se uma progressão na mobilização das representações. No início, predomina o uso de representações em *Nível I* (Imagem → Fala), *dependente* da mediação docente, com função essencialmente descritiva. Ao longo do processo, E07 passa a mobilizar representações de forma mais autônoma, mantendo o *Nível I*, porém com maior refinamento conceitual, e apresentando episódios de *Nível II*, nos quais coordena diferentes representações. Essa evolução revela não apenas um aumento na complexidade da mobilização representacional, mas também uma ampliação da autonomia do estudante.

Essa transformação se torna mais evidente quando se analisa a contribuição das representações. Em um primeiro momento, utilizadas como suporte descritivo, as representações passam a desempenhar papel epistêmico, sendo mobilizadas para explicar fenômenos, testar hipóteses e comunicar resultados. O uso do experimento para validar hipóteses e das imagens para sustentar classificações exemplifica essa mudança qualitativa no papel das representações.

A autonomia do estudante acompanha esse processo. Enquanto no Momento 1 a atuação de E07 é fortemente dependente da mediação docente, no Momento 3

observa-se uma mobilização predominantemente independente, evidenciada na proposição de experimentos, na organização de dados e na elaboração de conclusões próprias. Esse avanço indica a progressão da autonomia investigativa.

Por fim, observa-se uma ampliação e integração dos IAC ao longo do processo. No início, predominam *organização da informação, classificação e levantamento de hipóteses*. No Momento 3, a estudante mobiliza, de forma articulada, *classificação de informações, explicação, justificativa, teste de hipóteses, previsão e raciocínio lógico*, indicando a realização de um ciclo investigativo mais completo.

Em síntese, os dados evidenciam que o desenvolvimento da alfabetização científica não se limita ao aumento quantitativo dos indicadores mobilizados, mas envolve uma transformação qualitativa na forma como o estudante utiliza as representações na construção, validação e comunicação do conhecimento científico.

Concluída a análise, seguem as considerações finais da pesquisa.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ancorada nos subsídios teóricos das múltiplas representações e da alfabetização científica, esta pesquisa investigou em situação real de sala de aula como a mobilização de múltiplas representações incidiu sobre a construção de indicadores de alfabetização científica no ensino de Ciências. O Instrumento dos *Níveis I e II* com caráter de dependência, proposto nesta tese como aporte original para descrever o papel estruturante das múltiplas representações, mostrou que a inserção da multimodalidade desencadeia, sustenta e refina os indicadores de alfabetização científica.

As múltiplas representações constituem ferramentas epistêmicas que permitiram aos estudantes, nas situações de ensino, delimitar o problema investigado, explicitar critérios de classificação, estabelecer comparações, fundamentar justificativas e formular hipóteses. Assim, essa mobilização representacional tornou público o raciocínio discente e criou condições para que indicadores, tais como levantamento de hipóteses, explicações, classificação e organização das informações, emergissem e se refinassem.

No plano empírico, o trânsito semiótico inicial mobilizou indicadores de alfabetização científica, em especial o levantamento de hipóteses, a organização e a seriação de informações. Esse movimento orientou a seleção e a ordenação dos dados e estabeleceu uma base de comparação para as formulações iniciais dos estudantes. A coordenação e a integração entre representações, aliadas à re-representação, permitiram aos estudantes identificar as variáveis envolvidas no fenômeno analisado e explicitar indicadores de organização e de classificação da informação. Essa dinâmica também possibilitou relacionar essas variáveis e estabelecer correspondências entre situações análogas, tais evidências se expressaram nos indicadores de explicação e justificativa. No que concerne ao conteúdo trabalhado, essa articulação sustentou revisões conceituais e consolidou distinções mais precisas entre conceitos próximos.

Ademais, à medida que as múltiplas representações atuaram como ferramentas cognitivas que delimitaram a interpretação e funcionaram como andaimes, promovendo a passagem da enumeração e rotulagem para critérios e relações, foi possível aos estudantes organizar o pensamento para a construção de ideias lógicas e objetivas, com conexão entre evidências e conclusões cada vez mais

explícitas. Por sua vez, o critério de dependência, que discerniu se a circulação e a coordenação entre representações se deram por intervenção docente ou por iniciativa discente, permitiu constatar a transição de posturas dependentes para independentes ao longo das atividades, evidenciando autonomia discente no uso de representações. Observamos a passagem de um cenário predominantemente dependente, no qual a mediação docente orientava e incentivava o uso de múltiplas representações, para situações independentes, em que os estudantes passaram a escolher e coordenar os suportes representacionais para elaborar apresentações e realizar sistematizações.

Em convergência com a literatura, a pesquisa ressaltou que as múltiplas representações funcionam como ferramentas cognitivas ativas que sustentam, provocam e refinam os indicadores de alfabetização científica por meio de processos sistemáticos de tradução, integração e re-representação. Esses achados convergem com os aportes teóricos por nós utilizados ao evidenciarem como as representações auxiliam na focalização, integração e coordenação conceitual, ao destacarem a re-representação como elemento central da aprendizagem científica e ao confirmarem que os indicadores de alfabetização científica são práticas cognitivas e discursivas mediadas socialmente.

Destacamos que a multimodalidade não apenas ampliou as possibilidades expressivas dos estudantes, mas também constituiu condição fundamental para o desenvolvimento da alfabetização científica ao articular conteúdo, organização didática e linguagem de maneira integrada em práticas de ensino investigativas, críticas e participativas. Diante das contribuições da multimodalidade para a educação científica, a formação docente deveria enfatizar a mediação docente orientada pela organização intencional das representações e encadeamento de tarefas que exijam explicações sustentadas por múltiplas representações, além de perguntas, reorientações e focalizações que configurem um ambiente investigativo. No plano didático, a análise indicou ser crucial estabelecer base representacional prévia, propor tradução e coordenação de pelo menos duas representações e incentivar a produção de conteúdo novo, a fim de favorecer, em etapa posterior, o movimento independente dos estudantes.

No momento de integração e uso dos saberes construídos, os estudantes aplicaram de forma independente critérios classificatórios já discutidos em uma nova situação investigativa. Utilizaram a observação ao microscópio como base para construir explicações e justificativas. Esse movimento indica não apenas refinamento

conceitual, mas também transferência e consolidação dos conhecimentos científicos.

Os episódios analisados evidenciaram que a mobilização de indicadores de alfabetização científica não significa, necessariamente, domínio conceitual imediato. Durante a observação ao microscópio, os estudantes mobilizaram classificação, justificativa, explicação e raciocínio lógico a partir da interpretação das imagens. Em alguns casos, essa interpretação inicial levou à generalização equivocada de critérios classificatórios. Esses equívocos não anulam a presença dos indicadores; ao contrário, mostram que a alfabetização científica envolve testar ideias, revisar critérios e reorganizar o pensamento. Nesse processo, a mediação docente foi importante para o refinamento das interpretações.

A atividade experimental também mostrou que a alfabetização científica se fortalece quando os estudantes acompanham um fenômeno ao longo do tempo, registram suas observações em diferentes formas de representação e confrontam hipóteses com evidências empíricas. O acompanhamento semanal do experimento, aliado à articulação entre a experiência tridimensional, os registros imagéticos e os textos escritos, favoreceu a reorganização progressiva das ideias e o aprimoramento das interpretações. Esses dados indicam que a mobilização de múltiplas representações sustenta processos investigativos de caráter cumulativo e reflexivo.

Vale ressaltar que, embora o objetivo do estudo não tenha sido avaliar o ensino por investigação em si, a análise de episódios planejados segundo essa abordagem, evidenciou que a multimodalidade, operacionalizada pelo instrumento dos *Níveis I e II*, com o parâmetro de dependência, favoreceu a elevação de indicadores de alfabetização científica e de autonomia discente ao articular tradução, integração e re-representação em explicações justificadas. Essa contribuição oferece um rastro analítico para acompanhar tais progressões em contextos de sala de aula. Sem pretensão de generalização ampla, os achados circunscrevem-se aos anos finais do Ensino Fundamental em cenários caracterizados com acervo multimodal e mediação docente de caráter formativo.

Diante do exposto, consideramos que a pesquisa aprofunda a compreensão das relações entre alfabetização científica e multimodalidade e revela que a mobilização coordenada de múltiplas representações constitui condição estruturante, e não acessória, para a construção de significados em Ciências. Cabe ressaltar ainda a utilidade de fornecer um instrumento que torna rastreável a emergência e o refinamento dos indicadores de alfabetização científica ao mobilizar representações.

Uma possível continuidade desta investigação poderia pesquisar se os indicadores de alfabetização científica e a mobilização representacional se mantêm após semanas ou bimestres e se os estudantes aplicam o que aprenderam em novos conteúdos e formatos de representação. Para isso, sugerimos estudos longitudinais com acompanhamento das mesmas turmas por período estendido, a fim de examinar manutenção e transferência de ganhos. Ademais, propomos o exame da robustez do esquema de níveis, *Nível I* e *Nível II*, e do repertório de indicadores de alfabetização científica em outros conteúdos, anos escolares e redes, com desenhos longitudinais que examinem compreensão e transferência e permitam verificar se os ganhos em indicadores de alfabetização científica e na mobilização representacional não apenas persistem, mas também se generalizam para novos conteúdos e formas de representação.

Esperamos que este trabalho não só contribua para as pesquisas na área de ensino, mas também fortaleça o diálogo entre pesquisa e prática bem como inspire novas investigações sensíveis ao cotidiano escolar. Que as reflexões aqui reunidas apoiem escolhas pedagógicas mais conscientes e consistentes, traduzidas em melhorias no ensino e na aprendizagem de Ciências na sala de aula.

REFERÊNCIAS

- AINSWORTH, S. DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. **Learning and Instruction**, [S. l.], v. 16, n. 3, p. 183-198, 2006. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959475206000259?via%3Dihub>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- AINSWORTH, S. The educational value of multiple-representations when learning complex scientific concepts. In: GILBERT, J. K. (org.). **Visualization: Theory and practice in science education**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 191-208.
- AINSWORTH, S. The forms and functions of multiple representations. In: SAWYER, R. K. (org.). **The Cambridge handbook of the learning sciences**. 2. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p. 203-221.
- AINSWORTH, S. The functions of multiple representations. **Computers in Education**, [S. l.], v. 33, p. 131-152, 1999.
- AINSWORTH, S.; BIBBY, P. A.; WOOD, D. J. Information technology and multiple representations: new opportunities – new problems. **Journal of Information Technology for Teacher Education**, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 93-105, 1997. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14759399700200006>. Acesso em: 23 jul. 2025.
- AINSWORTH, S.; TYTLER, R.; PRAIN, V. Learning by construction of multiple representations. In: VAN METER, P.; LIST, A.; LOMBARDI, D.; KENDEOU, P. (org.). **Handbook of learning from multiple representations and perspectives**. 1. ed. New York: Routledge, 2020. p. 92-106. Disponível em: <https://www.taylorfrancis.com/books/edit/10.4324/9780429443961/handbook-learning-multiple-representations-perspectives-peggy-van-meter-alexandra-list-doug-lombardi-panayiota-kendeou>. Acesso em: 26 nov. 2024.
- AINSWORTH, S.; VAN LABEKE, N. Using a multi-representational design framework to develop and evaluate a dynamic simulation environment. In: Ploetzner, R. (ed.). **Proceedings of the International Workshop on Dynamic Visualizations and Learning**. Tübingen: Knowledge Media Research Center, 2002. p. 1-22.
- ANSANELO, A. P.; FERREIRA, A. C.; LABURÚ, C. E. Múltiplas representações no ensino de Ciências no Portal de Periódicos da Capes: uma revisão. In: CONGRESSO INTERNACIONAL MOVIMENTOS DOCENTES. **Anais [...]**. Santo André: V&V Editora, 2023. v. 1. p. 890-895.
- ANSANELO, A. P.; FERREIRA, A. C.; LABURU, C. E. Múltiplas representações no Ensino de Ciências: uma proposta para os anos finais do Ensino Fundamental. **Ensino e Tecnologia em Revista**, Londrina, v. 7, p. 561-573, 2023.
- BARBOSA, D. F. S.; MALHEIRO, J. M. S. Interações dialógicas num Clube de Ciências: das perguntas dos professores às manifestações de indicadores de alfabetização científica dos alunos. **Revista Humanidades e Inovação**, Palmas, v. 7, n. 8, p. 471-483, 2020.
- BARTHES, R. **Elementos de semiologia**. Tradução de Izidoro Blikstein. São Paulo: Cultrix, 2012.
- BORGES, M. C. T. **Os indicadores de alfabetização científica relacionados à Astronomia emergentes de um ensino por investigação**. 2023. 193 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência) — Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Bauru, 2023.
- BOTELHO, M. L. S. T.; QUADROS, A. L. Representações multimodais em aulas de Ciências Educação Básica: o papel das Representações informais. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 29, p. 1-17, 2023.
- BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Divulgados os**

- resultados do Pisa 2022.** Brasília, DF: Inep, 2024a. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/centrais-de-conteudo/noticias/acoes-internacionais/divulgados-os-resultados-do-pisa-2022> Acesso em: 9 out. 2025.
- BRASIL. Instituto Nacional de Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Relatório de Resultados do Saeb 2021:** Volume 3: Ciências da Natureza. Brasília, DF: Inep, 2024b. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/saeb/resultados> Acesso em: 9 out. 2025.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, DF: MEC, 2018.
- BURIASCO, R. L.; FERREIRA, P. E.; CIANI, A. Avaliação como Prática de Investigação (alguns apontamentos). **Bolema**, Rio Claro, ano 22, n. 33, p. 69-96, 2009.
- BYBEE, R. W. Achieving scientific literacy. **The science teacher**, Arlington, v. 62, n. 7, p. 28-33, oct. 1995.
- BYBEE, R. W.; TAYLOR, J. A.; GARDNER, A.; VAN SCOTTER, P.; POWELL, J. C.; WESTBROOK, A.; LANDES, N. **The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness.** Colorado Springs: BSCS, 2006. Relatório preparado para o Office of Science Education, National Institutes of Health.
- CAMARGO, F.; DAROS, T. **A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo.** Porto Alegre: Penso, 2018.
- CARVALHO, A. M. P. Las practicas experimentales en el proceso de enculturación científica. In: GATICA, M. Q.; ADÚRIZ-BRAVO, A. (ed.). **Enseñar ciencias en el Nuevo milenio: retos y propuestas.** Santiago: Universidade católica de Chile, 2006.
- CHALHUB, S. **Funções da linguagem.** 2. ed. São Paulo: Ática, 1989.
- CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a Educação.** Ijuí: Editora da Unijuí, 2000.
- DRIVER, R.; ASOKO, H.; LEACH, J.; MORTIMER, E.; SCOTT, P. Constructing scientific knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, [S. l.], v. 23, n. 7, p. 5-12, 1994.
- DUARTE, N. A escola de Vigotski e a educação escolar: algumas hipóteses para uma leitura pedagógica da psicologia histórico-cultural. **Psicologia USP**, São Paulo, v. 7, n. 1/2, p. 17-50, 1996.
- DUSCHL, R. A. Science education in three-part harmony: balancing conceptual, epistemic and social learning goals. **Review of Research in Education**, [S. l.], v. 32, n. 1, p. 268-291, 2008.
- DUVAL, R. A cognitive analysis of problems of comprehension in a learning of mathematics. **Educational Studies in Mathematics**, Dordrecht, v. 61, n. 1-2, p. 103-131, 2006.
- ECO, U. **A estrutura ausente: introdução à pesquisa semiológica.** São Paulo: Perspectiva, 2005.
- ECO, U. **Tratado geral de semiótica.** 5. ed. São Paulo: Perspectiva, 2014.
- FERREIRA, A. C. **Elementos semióticos e suas influências na dinâmica discursiva para a aprendizagem de circuitos elétricos.** 2025. 164 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2025.
- FIDALGO, A. **Manual de semiótica.** Braga: Centro de Estudos de Comunicação e Sociedade/Universidade do Minho, 2014.
- FIDALGO, A. **Semiótica: a lógica da comunicação.** Covilhã: Universidade da Beira Interior, 1998.
- FOUREZ, G. **Alphabétisation Scientifique et Technique: Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences.** Bruxelas: DeBoeck-Wesmael, 1994.
- FRASSON, F. **Aprendizagem significativa atitudinal na educação alimentar e nutricional, por meio de multiplicidade representacional: um estudo no ensino fundamental.** 2016. 235 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.

- FREIRE, P. **Educação como prática da liberdade**. São Paulo: Paz e Terra, 1980.
- FREITAS, M. T. A. **Vygotsky e Bakhtin. Psicologia e educação: um intertexto**. 2. ed. São Paulo: Ática, 1995.
- GARDNER, H. **Inteligências múltiplas: a teoria na prática**. Porto Alegre: Artmed, 1995.
- GARTON, A. **Social interaction and the development of language and cognition**. Hillsdale: Lawrence Erlbaum, 1992.
- GODOY, M. T. **Indicações circunstanciais como signos potencializadores da aprendizagem significativa de conceitos na experimentação animal**. 2016. 259 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2016.
- GODOY, M. T.; LABURÚ, C. E. **Indicações circunstanciais: signos potencializadores da aprendizagem significativa subversiva de conceitos na experimentação animal**. Porto Alegre: Fi, 2021. Disponível em: <https://projetos.uel.br/bibliotecacomum/bc-texto/obras/2021pack0581.pdf> Acesso em: 4 jun. 2025.
- GRANDI, L. A. **Indicadores de alfabetização científica: abordando a biodiversidade em uma sequência didática investigativa**. 2016. 330 f. Tese (Doutorado em Biologia Comparada) – Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2016.
- GREGÓRIO, A. P. H. **Identificação e superação dos equívocos conceituais e procedimentais influenciados por affordances negativos no processo de ensino e aprendizagem de química**. 2021. 191 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2021.
- HURD, P. D. Scientific literacy: new mind for a changing world. **Science & Education**, Stanford, n. 82, p. 407-416. 1998.
- KARMILOFF-SMITH, A. **Beyond modularity: a developmental perspective on cognitive science**. Boston: MIT Press, 1992.
- KOZMA, R. B. The material features of multiple representations and their cognitive and social affordances for science understanding. **Learning and Instruction**, [S. l.], v. 13, n. 2, p. 205-226, 2003.
- KRASILCHIK, M.; MARANDINO, M. **Ensino de Ciências e Cidadania**. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2007.
- KRESS, G. **Multimodality: A social semiotic approach to contemporary communication**. Taylor & Francis, 2010.
- KRESS, G.; JEWITT, C.; OGBORN, J.; TSATSARELIS, C. **Multimodal teaching and learning: the rhetorics of the science classroom**. London: Continuum, 2001.
- KUBLI, F. Science teaching as a dialogue: Bakhtin, Vygotsky and some applications in the classroom. **Science & Education**, Dordrecht, v. 14, p. 501-534, 2005.
- LABURÚ, C. E.; BARROS, M. A.; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas Representações, aprendizagem significativa e subjetividade: Três referenciais conciliáveis da educação científica. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 2, p. 469-487, 2011.
- LABURÚ, C. E.; CARVALHO, M. **Controvérsias construtivistas e pluralismo metodológico**. Londrina: Eduel. 2005.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M. Multimodos e múltiplas representações: fundamentos e perspectivas semióticas para a aprendizagem de conceitos científicos. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 16, p. 7-33, 2011.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M.; CAMARGO FILHO, P. S. **Semiótica aplicada à educação científica: signos de tipo indicações circunstanciais emitidos pelo professor em atividade discursiva**. São Paulo: Livraria da Física, 2021.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M.; ZÔMPERO, A. F. Affordances dos materiais como indutores de equívocos durante experimentos para o ensino de física. **Ensaio: Pesquisa em**

- Educação em Ciências, Belo Horizonte, v. 19, p. 1-15, 2017.
- LABURÚ, C. E.; ZÔMPERO, A. F.; BARROS, M. A. Vygotsky e Múltiplas Representações: Leituras Convergente para o Ensino de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 30, n. 1, p. 7-24, abr. 2013.
- LEMKE, J. L. **Talking science: language, learning and values**. Norwood: Ablex, 1990.
- LEMKE, J. L. Multiplying Meaning: Visual and Verbal Semiotics in Scientific Text. *In*: MARTIN, J. R. E.; VEEL, R. (ed.) **Reading science: functional perspectives on discourses of science**. London: Routledge, 1998. p. 87-113.
- LEMKE, J. **Teaching all the languages of science: words, symbols, images, and actions**. Michigan: Umich, 2003.
- LEMKE, J. The literacies of science. *In*: SAUL, E. W. (org.). **Crossing borders in literacy and science instruction: perspectives on theory and practice**. Arlington: International Reading Association/National Science Teachers Association, 2004. p. 33-47.
- LORENZETTI, L. A Alfabetização científica e tecnológica: pressupostos, promoção e avaliação na educação em ciências. *In*: MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P.; LORENZETTI, L.; ALVES FILHO, J. P. **Alfabetização científica e Tecnológica na Educação em Ciências: Fundamentos e Práticas**. 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2021. p. 47-72.
- LORENZETTI, L. A alfabetização científica na educação em ciências. **ACTIO: Docência em Ciências**, Curitiba, v. 2, n. 2, p. 1-3, jul./dez. 2016.
- LORENZETTI, L. Promovendo a alfabetização científica e tecnológica no contexto escolar. **Educação por Escrito**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 1-14, jan./dez. 2023.
- MEDEIROS, M. D. F. **Indicadores de alfabetização científica em uma aula experimental investigativa sobre fotossíntese e respiração celular para o sétimo ano do Ensino Fundamental**. 2016. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Faculdade de Educação, Instituto de Biociências, Instituto de Física e Instituto de Química, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.
- MOREIRA, M. A. A teoria da mediação de Vygotsky. *In*: MOREIRA, M. A. (org.). **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: EPU, 1999.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. **Meaning Making in Secondary Science Classrooms**. Maidenhead: Open University Press, 2003.
- MORTIMER, E. F.; QUADROS, A. L. **Multimodalidade no Ensino Superior**. Ijuí: Unijuí, 2018.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002.
- MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. H. Entering and exiting turning points in science classroom. *In*: ESERA CONFERENCE - EUROPEAN SCIENCE EDUCATION RESEARCH ASSOCIATION, 2011, Lyon. **Proceedings [...]**. Lyon: ESERA, 2011.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Inquiry and the national science education standards: a guide for teaching and learning**. Washington, DC: Committee on the Development of an Addendum to the National Science Education Standards on Scientific, 2000.
- NG, K. T.; JAMALUDIN, J.; PANG, Y. J.; CHOONG, C.; LAY, Y. F.; ONG, E. T.; DURAIRAJ, K.; TALIB, C. A.; CHIN, C. K. Developing Conceptual and Procedural Knowledge/Skills of Lifelong Learners from Basic to Advance Learning: Exemplars, Challenges and Future Direction. **DINAMIKA: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar**, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 22-35, 2022.
- NICOLAU, P. B. História da Classificação Biológica. Universidade Aberta, 2017. Material pedagógico no âmbito de cursos da área da biologia. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.2/6133> Acesso em: 20 maio 2024.
- NÓTH, W. A linguística e a semiótica no quadro geral das ciências: Naville, Saussure

- e Peirce. **Estudos Semióticos**, São Paulo, v. 20, n. 1, p. 80-100, abr. 2024. Disponível em: <https://revistas.usp.br/esse/article/view/216380> Acesso em: 31 maio 2025.
- NÓTH, W.; SANTAELLA, L. **Introdução à semiótica**: passo a passo para compreender os signos e a significação. São Paulo: Paulus, 2017.
- OLIVEIRA, M. K. **Vygotsky, aprendizado e desenvolvimento**: um processo sócio-histórico. São Paulo: Scipione, 1993.
- OSBORNE, J.; PIMENTEL, D.; ALBERTS, B.; ALLCHIN, D.; BARZILAI, S.; BERGSTROM, C.; COFFEY, J.; DONOVAN, B.; KIVINEN, K.; KOZYREVA, A.; WINEBURG, S. **Science Education in an Age of Misinformation**. California: Stanford University, 2022.
- PEDASTE, M. *et al.* Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. **Educational Research Review**, [S. l.], v. 14, p. 47-61, 2015.
- PEIRCE, C. S. **Semiótica**. São Paulo: Perspectiva, 2005.
- PIZARRO, M. V.; LOPES JÚNIOR, J. L. Indicadores de alfabetização científica: uma revisão bibliográfica sobre as diferentes habilidades que podem ser promovidas no ensino de Ciências nos anos iniciais. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 208-238, 2016.
- POSSA, A. D.; DI FELICE, M. Desinteresse de estudantes do Ensino Médio pela escola: elementos do paradigma da Educação OnLIFE para compreensão de lacunas de desempenho do sistema de ensino brasileiro. **Redin**, Taquara, v. 13, n. 2, p. 98-116, 2024.
- POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o Ensino de Ciências**: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- PRAIN, V.; WALDRIP, B. An exploratory study of teachers 'and students' use of multi-modal representations of concepts in primary science. **International Journal of Science Education**, London, v. 28, n. 15, p. 1843-1866, 2006.
- PRIETO, L. J. **Mensagens e sinais**. São Paulo: Cultrix, 1973.
- PRAIN, V.; WALDRIP, B. Representing science literacies: an introduction. **Research in Science Education**, Dordrecht, v. 40, n. 1, p. 1-3, 2010.
- PRAIN, V.; XU, L.; SPELDEWINDE, C. Guiding Science and Mathematics Learning when Students Construct Representations. **Research in Science Education**, Dordrecht, 53, p. 445-461, 2023.
- QUADROS, A. L.; PENA, D. M. B.; FREITAS, M. L.; CARMO, N. H. S. A apropriação do discurso dialógico e os pontos de transição: uma análise a partir da experiência de professores de Química em formação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 321-337, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4316>. Acesso em: 6 jun. 2025.
- RADFORD, L.; EDWARDS, L.; ARZARELLO, F. Introduction: Beyond words. **Educational Studies in Mathematics**, [S. l.], v. 70, p. 91-95, 2009.
- REGO, T. C. **Vygotsky**: uma perspectiva histórico-cultural da educação. Petrópolis: Vozes, 2003.
- REIS, P. Desafios à Educação em Ciências em tempos conturbados. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, p. 1-9, 2021.
- RUSSELL, T.; McGUIGAN, L. Promoting understanding through representational redescription: an illustration referring to young pupils' ideas about gravity. *In*: PSILLOS, D. *et al.* (org.). **Science education research in the knowledge-based society**: proceedings of the Third International Conference of the ESERA. Thessaloniki: Aristotle University of Thessaloniki, 2001. p. 600-602.
- SANTAELLA, L. **Matrizes da linguagem e pensamento**: sonora, visual, verbal: aplicações na hipermídia. São Paulo: Iluminuras e FAPESP, 2005.
- SANTAELLA, L. **O que é Semiótica**. São Paulo: Brasiliense, 2012.

- SASSERON, L. H. Alfabetização científica como perspectiva formativa: resultados de pesquisa e possibilidades de novos estudos. *In*: Magalhães Júnior, C. A. O. (org.). **Análise de dados em Educação para a Ciência e a Matemática**. Ponta Grossa: Texto e Contexto, 2024. p. 103-112.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 16, p. 59-77, 2011.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Almejando a Alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. **Investigações em Ensino de Ciências**, [S. l.], v. 13, p. 333-352, 2008.
- SASSERON, L. H.; MACHADO, V. F. **Alfabetização científica na prática**: inovando a forma de ensinar física. São Paulo: Livraria de Física, 2017.
- SASSERON, L. H.; SILVA, M. B. Sobre Alfabetização Científica e práticas epistêmicas: encontros de ações para a pesquisa e o ensino de ciências. *In*: MILARÉ, T.; RICHETTI, G. P.; LORENZETTI, L.; ALVES FILHO, J. P. **Alfabetização científica e Tecnológica na Educação em Ciências**: fundamentos e práticas. 1. ed. São Paulo. Livraria da Física, 2021. p. 134-146.
- SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 32, p. 25-41, 2018.
- SCOTT, P. H.; MORTIMER, E. F.; AGUIAR JR, O. The tension between authoritative and dialogic discourse: A fundamental characteristic of meaning making interactions in high school science lessons. **Science Education**, [S. l.], v. 90, p. 605-63, 2006.
- SILVA, M. B.; SASSERON, L. H. Alfabetização científica e domínios do conhecimento científico: proposições para uma perspectiva formativa comprometida com a transformação social. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 23, p. 1-20, 2021.
- SILVA, M. F. **Tipologias discursivas a partir da produção escrita do estudante por troca de representação de um signo artístico como indicador da aprendizagem de sustentabilidade**. 2018. X f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2018.
- SILVA, V. R.; LORENZETTI, L. A alfabetização científica nos anos iniciais: os indicadores evidenciados por meio de uma sequência didática. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 46, p. 1-21, 2020.
- SOARES, N.; TRIVELATO, S. F. Ensino de Ciências por investigação: revisão e características de trabalhos publicados. **Atas de Ciências da Saúde**, São Paulo, v. 7, p. 45-65, jan./dez. 2019.
- STROUPE, D. Examining classroom science practice communities: how teachers and students negotiate epistemic agency and learn science-as-practice. **Science Education**, [S. l.], v. 98, n. 3, p. 487-516, 2014. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sce.21112> Acesso em: 6 jul. 2025.
- TEIXEIRA, O. P. B. A Ciência, a Natureza da Ciência e o Ensino de Ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 25, n. 4, p. 851-854, 2019.
- TYTLER, R.; OSBORNE, J. Student attitudes and aspirations towards science. *In*: FRASER, B. J.; TOBIN, K. G.; MCROBBIE, C. J. (ed.). **Second international handbook of science education**. Dordrecht, Netherlands: Springer, 2012. p. 597-625.
- TYTLER, R.; PRAIN, V.; PETERSON, S. Representational issues in students learning about evaporation. **Research in Science Education**, Dordrecht, v. 37, n. 3, p. 313-331, 2007.
- TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005.
- VERGENNES, D. S. **Diversidade representacional no ensino de Física**: um estudo fundamentado nos conceitos de affordance, multimodalidade e semiótica acerca da produção de equívocos. 2024. 147 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2024.

- VOLLI, U. **Manual de semiótica**. 3. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2015.
- VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. São Paulo: Martins Fontes, 1988.
- WALDRIP, B.; PRAIN, V.; CAROLAN, J. Learning junior secondary science through multi-modal representations. **The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education**, [S. l.], v. 11, n. 1, 2006.
- ZOLLER, U. Science education for global sustainability: what is necessary for teaching, learning, and assessment strategies? **Journal of Chemical Education**, [S. l.], v. 89, n. 3, p. 297-300, 2012.
- ZÔMPERO, A. F. **Significados de fotossíntese elaborados por alunos do ensino fundamental a partir de atividades investigativas mediadas por multimodos de representação**. 2012. 228 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Educação Matemática) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.
- ZÔMPERO, A. F.; ANDRADE, M. A. B. S.; MASTELARI, T. B.; VAGULA, E. Ensino por investigação e aproximações com aprendizagem baseada em problemas. **Debates em educação**, Maceió, v. 11, p. 223-239, 2019.
- ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no Ensino de Ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens dessa proposta de ensino. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 13, p. 67-80, 2011.
- ZÔMPERO, A. F.; SAMPAIO, H. R.; LABURÚ, C. E.; GONÇALVES, C. E. S. Atividade investigativa na perspectiva da aprendizagem significativa: uma aplicação no ensino fundamental com a utilização de tabelas nutricionais. **Gondola: enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, [S. l.], v. 9, p. 10-21, 2014.
- ZUHRI, R. S.; WILUJENG, I.; HARYANTO. Multiple Representation Approach in Elementary School Science Learning: A Systematic Literature Review. **International Journal of Evaluation and Research in Education**, [S. l.], v. 12, n. 1, p. 459-467, 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A**TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**

Por meio deste, vimos convidá-lo (a) a participar do trabalho de doutorado intitulado *“MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES: CONTRIBUIÇÕES PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO FUNDAMENTAL DURANTE O ESTUDO DA CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS”*, desenvolvido pela professora/pesquisadora Adrielly Pereira Ansanelo, sob a orientação do professor Doutor Carlos Eduardo Laburú. O objetivo da pesquisa é investigar a promoção da Alfabetização Científica dos estudantes a partir da produção de seus discursos orais e escritos produzidos durante as aulas de ciências mediadas por multimodos e múltiplas representações. Sua participação é voluntária e se dará por meio da sua participação nas aulas de Ciências durante o período da pesquisa. Você poderá ser solicitado a produzir materiais didáticos, participar oralmente das interações, realizar produção de textos, apresentação de trabalhos entre outras atividades na aula. Os resultados da produção poderão ser utilizados em divulgação científica como apresentação em eventos, publicações em revistas científicas e outros meios. Os conteúdos trabalhados durante a intervenção pertencem ao plano de trabalho docente referente à disciplina mencionada. Portanto, não haverá a necessidade de participações fora do período das aulas. Se você aceitar participar contribuirá para o avanço do conhecimento na área de Ensino de Ciências. Se depois de consentir, você desistir de continuar participando, tem o direito e liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo.

Eu, _____, fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e por que precisa da minha colaboração e entendi a explicação. Por isso, eu concordo de livre e espontânea vontade em participar da pesquisa, sabendo que posso sair quando eu quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim sem qualquer pressão pela pesquisadora responsável, ficando uma via com cada um de nós.

Ourinhos, ____ de _____ 2024.

Assinatura do responsável pelo participante

Assinatura da professora/pesquisadora responsável
Professora/pesquisadora responsável: Adrielly Pereira Ansanelo
E-mail: adrielly.ansanelo@uel.br

APÊNDICE B

TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa *“MÚLTIPLAS REPRESENTAÇÕES: CONTRIBUIÇÕES PARA A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA NO ENSINO FUNDAMENTAL DURANTE O ESTUDO DA CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS”*, a ser realizada em “EMEF”. O objetivo da pesquisa é “evidenciar indicadores de alfabetização científica ao utilizar o pluralismo metodológico e as múltiplas representações durante o desenvolvimento da unidade temática vida e evolução”. A pesquisa se justifica pela relevância de se aprender ciências a partir das múltiplas representações e multimodos, sendo esta uma oportunidade para construir conhecimentos com significado, ao passo que compreendem, interpretam e traduzem as representações, refinam os conceitos científicos e se apropriam do conhecimento de forma substantiva e não arbitrária. Assim, explorar o potencial das múltiplas representações e do pluralismo metodológico como um recurso para envolver os estudantes de forma mais ativa em seu processo de aprendizagem, pode tornar o ensino mais efetivo e relevante para o cotidiano dos alunos.

Sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: a coleta de dados para a pesquisa consistirá na realização de diferentes atividades individuais e em grupos. As atividades individuais serão questões relacionadas ao cotidiano com o intuito de estimular a discussão e a resolução de algumas questões sobre o conteúdo. As atividades em grupos referem-se a resolução de atividades investigativas sobre a diversidade dos ecossistemas e os problemas ambientais. O tempo médio que o participante deverá dispor para a realização da pesquisa será de aproximadamente dezoito horas.

Esclarecemos que a participação do estudante é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. O responsável por você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa (ou para esta e futuras pesquisas) e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. Caso decida não participar da pesquisa, você não será retirado da sala de aula, participará das aulas e atividades normalmente, mas os seus dados não serão recolhidos para os fins da pesquisa. Será feito a gravação de áudio e vídeo das ações dos estudantes durante atividades a serem realizadas na sala de aula.

Os registros de áudio e vídeo que serão coletados terão destino particular e exclusivo do pesquisador, para análise, de modo a manter o anonimato de cada estudante participante. Quanto ao uso de imagem (áudio e vídeo) em relação aos direitos dos participantes, dispostos na Resolução CSN de 2016 em seu artigo 9 “de terem sua privacidade respeitada; de terem garantida a confidencialidade das informações pessoais; e de decidirem, dentre as informações que fornecerem, quais

podem ser tratadas de forma pública, você pode autorizar a divulgação da sua imagem e/ou voz, caso decida autorizar marque sim, do contrário marque não: “sim” () e “não” (). Estes registros serão armazenados pelo pesquisador por um período de cinco anos, para eventuais necessidades de análises desses dados. Os resultados serão divulgados numa palestra a ser realizada 8 meses após o último contato com os participantes, referente a produção dos dados, e disponibilizada no canal. Ainda, os resumos dos dados serão disponibilizados no e-mail da turma. Esclarecemos ainda, que você não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração.

A pesquisa em questão atende e respeita os direitos previstos no Estatuto da Criança e do Adolescente - ECA, Lei Federal nº 8069 de 13 de julho de 1990. Esses direitos incluem garantias fundamentais para a vida, saúde, alimentação, educação, esporte, lazer, profissionalização, cultura, dignidade, respeito, liberdade e convivência familiar e comunitária. Ao participar desta pesquisa, você terá seus direitos protegidos e respeitados de acordo com as disposições do ECA. Isso significa que sua vida, saúde, alimentação, educação e outros aspectos importantes serão levados em consideração e priorizados durante todo o processo. Ao participar da pesquisa, ressalto que será atendido o Artigo 18 do ECA. Conforme esse artigo, é dever de todos zelar pela dignidade da criança e do adolescente, protegendo-os de qualquer tratamento que seja desumano, violento, aterrorizante, vexatório ou constrangedor. Isso significa que durante toda a pesquisa, serão adotadas medidas para garantir que você seja tratado com respeito, consideração e dignidade.

Os benefícios esperados são: tornar o momento instrucional significativo e diferenciado para o estudante. Quanto aos riscos, este estudo pode apresentar um certo desconforto pelo nervosismo no momento de responder os questionamentos do professor ou na realização das atividades em grupo. Para amenizar esses riscos existentes, as perguntas podem ser refeitas de modo a trazer mais segurança e clareza após as instruções. Para participar deste estudo, o responsável por você deverá autorizar e assinar este termo de assentimento. Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue a você.

Eu, _____ fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e o meu responsável poderá modificar a decisão de participar se assim o desejar. Tendo o consentimento do meu responsável assinado, declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma cópia deste termo assentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá nos contatar (Adrielly Pereira Ansanelo: e-mail adrielly.ansanelo@uel.br, ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa que é uma instância responsável por avaliar, analisar e acompanhar projetos de pesquisa que envolvam seres humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao LABESC – Laboratório Escola, no Campus

Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Ourinhos, ____ de _____ de 2024

Assinatura do responsável pelo(a) menor

Assinatura do(a) menor participante

Assinatura do pesquisador responsável

APÊNDICE C

ATIVIDADES DO MOMENTO 1 DE ENSINO

Tema: Classificação dos seres vivos

Tempo: 2 aulas de 55 minutos

Desenvolvimento da aula

1 – Fase de Orientação

Perguntar aos alunos: Como vocês acham que os seres vivos eram classificados antigamente? Quais critérios poderiam ser usados?

Apresentar aos estudantes trechos narrativos e imagens sobre a classificação dos seres vivos da Antiguidade à Idade Média.

Material utilizados durante a aula: <https://encurtador.com.br/gkXS> fundamentado em NICOLAU, P. B. História da Classificação Biológica. Universidade Aberta, 2017. Material pedagógico no âmbito de cursos da área da biologia. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10400.2/6133>

2 – Fase de Conceituação

Propor aos alunos, em grupos, a atividade investigativa de classificar os seres vivos presentes nas imagens (APÊNDICE D), à medida que o professor as entrega e os situa ao longo do tempo por meio da contação de história.

Observação: contar a história de forma envolvente, estimulando a curiosidade.

Contextualizar: “Vocês estão no ano de 1730. O que havia de tecnologias nessa época? Quais seres vivos eram conhecidos? Como classificariam os seres vivos das imagens com o conhecimento disponível na época?”

Entregar aos estudantes as imagens de plantas e animais.

Observação: recortar e separar as imagens previamente para que sejam entregues gradativamente aos estudantes.

Solicitar aos grupos que classifiquem os seres vivos, definam critérios e registrem justificativas.

Acompanhar e orientar o trabalho dos grupos.

Apresentar aos estudantes a primeira coluna da Tabela 1, com a classificação de Linnaeus (Tabela 1 – Relações entre os principais sistemas de classificação biológica propostos, p. 91).

Após a classificação inicial, entregar aos alunos as imagens dos cogumelos e

outros fungos e questionar: “Em qual grupo eles se encaixam? Por quê?” O objetivo dessa ação é provocar um conflito cognitivo.

Registrar na lousa as hipóteses, dúvidas e critérios utilizados para fundamentar a discussão.

Retomar a história abordando a invenção do microscópio e questionar como isso mudou a ciência.

Entregar aos estudantes imagens de protozoários e solicitar a classificação e a menção aos critérios.

Caso necessário, sugerir a criação de outro grupo.

Apresentar a segunda coluna da Tabela 1, com a classificação de Ernst Haeckel, para que os estudantes compreendam que a ciência é feita por pessoas e que os conhecimentos podem mudar ao longo do tempo, à medida que a sociedade e as tecnologias avançam.

Entregar aos estudantes as imagens de bactérias e solicitar a classificação. Nesse momento, explorar a diferença entre células procarióticas e eucarióticas.

Apresentar a classificação de Herbert Copeland e salientar a importância da tecnologia.

Por fim, apresentar a classificação de Robert Whittaker em cinco reinos e destacar a separação dos fungos.

Discutir as modificações nos sistemas de classificação ao longo do tempo por meio da Tabela 1.

Observação: adota-se a classificação em cinco reinos, em consonância com a orientação do material didático; no entanto, apresenta-se aos estudantes a classificação em três domínios e seis reinos.

Orientar os estudantes a sistematizar os reinos e os respectivos representantes no caderno.

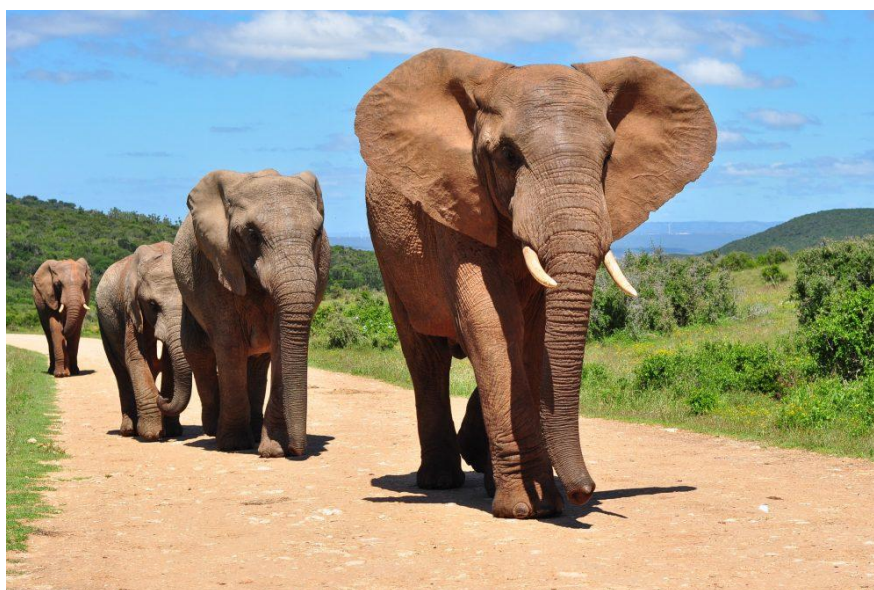
No próximo momento de ensino, Seminário Formativo, os estudantes realizarão a **Fase de Investigação**, aprofundando o conhecimento acerca de cada reino.

APÊNDICE D
REPRESENTAÇÕES IMAGÉTICAS UTILIZADAS NO MOMENTO 1

Animais



Onça pintada (*Panthera onca*). Foto: Leonardo Mercon / Shutterstock.com
Disponível em: <https://www.infoescola.com/mamiferos/onca-pintada/>



Elefante africano. Foto: Michael Potter11 / Shutterstock.com
Disponível em: <https://www.infoescola.com/mamiferos/elefante/>



Arara azul. Crédito da Imagem: shutterstock
Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/animais/arara-azul.htm>



Borboleta.
Disponível em: <https://museuflorestal.ambiente.sp.gov.br/acervo/nome-do-objeto-2/borboleta/>

Fungos



Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/biologia/classificacao-dos-fungos.htm>



Crédito da Imagem: Flickr/Reprodução.

Disponível em: <https://globorural.globo.com/vida-na-fazenda/gr-responde/noticia/2020/02/conheca-o-cogumelo-veu-de-noiva.html>



Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Bolor>



Crédito da Imagem: iStock

Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2021/05/04/afinal-tem-problema-comer-pao-mofado.htm>

Plantas



Disponível em: <https://www.rebrotarplantas.com.br/hortencia-hydrangea-macrophylla?srsitid=AfmBOoqwXEVBIBS8BNBdO0selkAszf843TAIR60nqnepWz8S7n-kL5gF>



Disponível em: <https://sites.usp.br/jardimdabotanicausprp/costela-de-adao-philodendron-bipinnatifidum/>

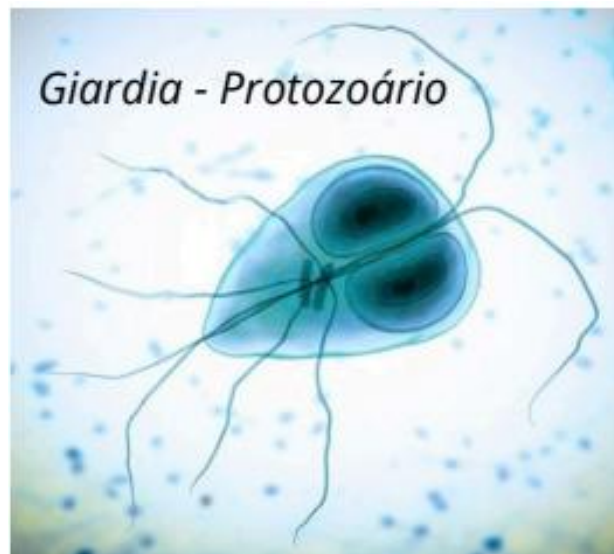


Disponível em: <https://www.sitiodamata.com.br/importacao/laranja-seleta-citrus-sinensis.html>



Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/frutas/>

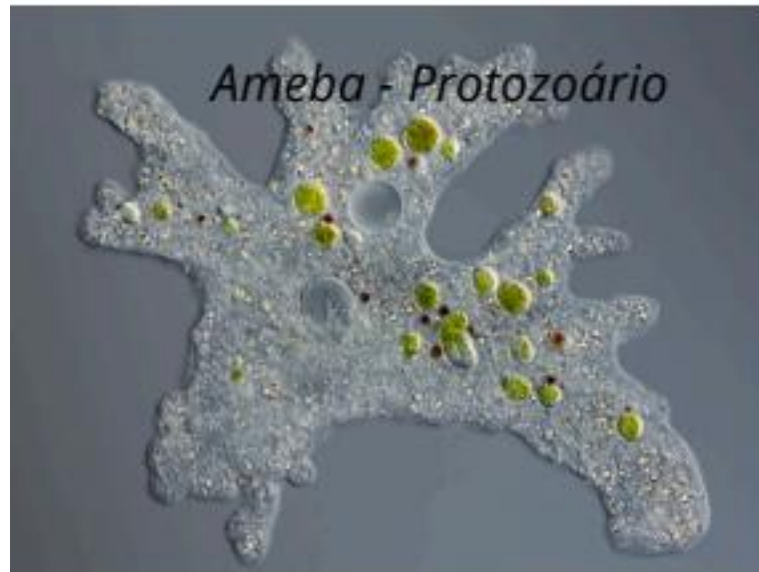
Protozoários



Disponível em: <https://www.uol.com.br/vivabem/faq/giardiose-causa-diarreia-veja-sintomas-transmissao-e-prevencao-da-doenca.htm>

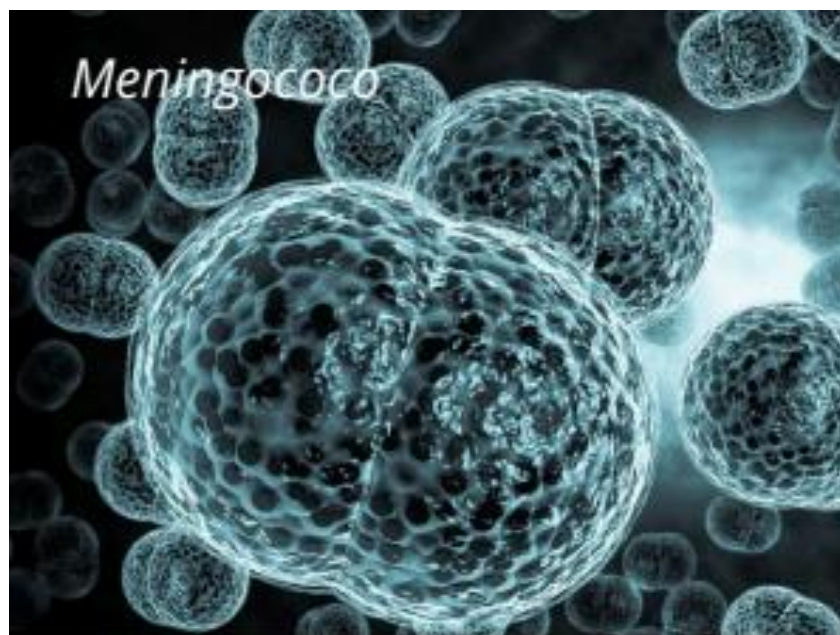


Disponível em: <https://mundoeducacao.uol.com.br/doencas/leishmaniose-visceral.htm>



Disponível em: <https://www.istockphoto.com/br/fotos/ameba>

Bactérias



Disponível em: <https://www.istockphoto.com/br/search/2/image-film?phrase=bact%C3%A9rias>



Disponível em:

<https://www.istockphoto.com/br/search/2/image-film?phrase=bact%C3%A9rias>



Disponível em:

<https://www.istockphoto.com/br/search/2/image-film?phrase=bact%C3%A9rias>



Disponível em:

<https://www.istockphoto.com/br/search/2/image-film?phrase=microsc%C3%B3pio>

APÊNDICE E

ETAPAS E ATIVIDADES DO MOMENTO 2 – SEMINÁRIO FORMATIVO

O seminário formativo estrutura-se em cinco etapas e contempla as fases de investigação e conclusão.

- **Etapa I - Estruturação da investigação**

- *Tempo*: aproximadamente 30 minutos

Organizar os alunos em duplas. Sortear para cada dupla um dos reinos de classificação dos seres e orientá-las a elaborar perguntas a serem pesquisadas, de modo que permitam caracterizar o respectivo reino.

- **Etapa II - Investigação no laboratório de informática**

- *Tempo*: 2 aulas de 55 minutos

Orientar a pesquisa das questões elaboradas no laboratório de informática. Incentivar a atenção às fontes das informações e ao uso de representações imagéticas.

- **Etapa III - Socialização dos resultados e elaboração dos cartazes**

- *Tempo*: 3 aulas de 55 minutos

Solicitar a reunião, em grupos maiores, das duplas que pesquisaram o mesmo reino, para que discutam os resultados encontrados e selecionem as informações pertinentes para a elaboração dos cartazes e para a apresentação oral.

Apresentar os pontos importantes para que os estudantes se preparem para a apresentação oral.

- **Etapa IV - Apresentação oral**

- *Tempo*: 2 aulas de 55 minutos

Disponibilizar 20 minutos para que cada grupo realize sua apresentação.

Realizar o fechamento das apresentações, destacando os pontos fortes e os aspectos a melhorar.

- **Etapa V - Sistematização dos conhecimentos**

- *Tempo*: 2 aulas de 55 minutos

Realizar uma roda de conversa e retomar os principais conceitos aprendidos pelos estudantes durante as etapas anteriores e anotá-los na lousa.

Solicitar que os estudantes, a partir do quadro de palavras disposto na lousa, sistematizem sua compreensão e as relações entre os conceitos referentes à classificação dos seres vivos por meio de uma representação de sua escolha (como

esquema, mapa conceitual, tabela, desenho ou texto), desde que contemple: características do reino, exemplos de organismos e critérios de classificação utilizados.

Após a entrega da sistematização pelos estudantes, elaborar, de forma colaborativa, um quadro comparativo dos reinos dos seres vivos, como o da Figura 19, para que os estudantes possam consultá-lo ao longo das próximas atividades.

APÊNDICE F
ATIVIDADE DO MOMENTO 3
MICROSCOPIA INVESTIGATIVA: "DE QUEM É ESSA CÉLULA?"

Observar as lâminas ao microscópio e desenhá-las.

Responder as seguintes questões:

1. As células observadas são de um ser vivo unicelular ou pluricelular? Por quê?
2. Você considera essas células procarióticas ou eucarióticas? Por quê?
3. Você classificaria esse ser vivo em qual reino? Por quê?

Nome: _____ Sala: _____ Data: _____

Represente por meio de desenho o que você observa em cada microscópio.

O que está sendo visualizado por você nos microscópios? _____



Microscópio 1

Microscópio 2

	<p>As células observadas são de um ser vivo unicelular ou pluricelular? Por quê?</p> <p>Você considera essas células procarióticas ou eucarióticas? Por quê?</p> <p>Você classificaria esse ser vivo em qual reino? Por quê?</p>
--	--

	<p>As células observadas são de um ser vivo unicelular ou pluricelular? Por quê?</p> <p>Você considera essas células procarióticas ou eucarióticas? Por quê?</p> <p>Você classificaria esse ser vivo em qual reino? Por que?</p>
--	--

Microscópio 3

Microscópio 4

	<p>As células observadas são de um ser vivo unicelular ou pluricelular? Por quê?</p> <p>Você considera essas células procarióticas ou eucarióticas? Por quê?</p> <p>Você classificaria esse ser vivo em qual reino? Por quê?</p>
--	--

	<p>As células observadas são de um ser vivo unicelular ou pluricelular? Por quê?</p> <p>Você considera essas células procarióticas ou eucarióticas? Por quê?</p> <p>Você classificaria esse ser vivo em qual reino? Por quê?</p>
--	--

APÊNDICE G
ATIVIDADE DO MOMENTO 3
EXPERIMENTAÇÃO: "FUNGO FAZ FOTOSÍNTESE?"

Nome: _____ nº: ____ Sala: _____ Data: _____

Atividade de ciências

Durante as aulas de ciências sobre a diversidade de vida na Terra surgiram as seguintes questões: Como os fungos se alimentam? Será que eles realizam fotossíntese? E aí? Você já havia pensado sobre isso?

Anote nas questões a seguir suas ideias sobre esse assunto.

1. Como os fungos se alimentam?

2. Será que eles realizam fotossíntese?

3. Como poderíamos montar um experimento para investigar se eles realizam fotossíntese?

Resultados esperados:

Resultados observados:

Represente os resultados observados por meio de desenhos:

Conclusão:
