

BIOÉTICA DE SITUAÇÕES EMERGENTES (BES) E LETRAMENTO CIENTÍFICO ÉTICO: RECONFIGURANDO O ENSINO DE BIOLOGIA NO NOVO ENSINO MÉDIO PELA LENTE DA RESPONSABILIDADE E DO DISCURSO

*BIOETHICS OF EMERGING SITUATIONS (BES) AND
ETHICAL SCIENTIFIC LITERACY: RECONFIGURING
BIOLOGY TEACHING IN THE NEW BRAZILIAN HIGH
SCHOOL THROUGH THE LENS OF RESPONSIBILITY AND
DISCOURS*

Marília dos Santos Pinheiro ¹⁷

RESUMO

As transformações científicas e tecnológicas do século XXI intensificam dilemas éticos que atravessam a vida cotidiana e o processo educativo. A emergência das biotecnologias, da inteligência artificial e da cultura digital exige do ensino de Biologia uma nova postura epistemológica, capaz de articular o conhecimento científico à reflexão moral e à responsabilidade social. Este artigo analisa a Bioética de Situações Emergentes (BES) como marco teórico-metodológico para o letramento científico ético, tomando como referência a análise discursiva e pedagógica de projetos de Iniciação Científica desenvolvidos no CEMI-Gama/SEEDF. A metodologia adota uma abordagem qualitativa e reflexiva, examinando como a linguagem científica, a tecnologia e a ética se entrelaçam nos projetos "Fluxo Consciente", "MoNiTeC" e "EcoCoins". Os resultados demonstram que a BES promove a integração entre ciência, ética e linguagem, transformando o ensino de Biologia em espaço de deliberação moral e produção social de conhecimento. As experiências revelam que a escola pública atua como laboratório vivo de responsabilidade científica e cidadania crítica, em consonância com os princípios da BNCC e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (Agenda 2030).

Palavras-Chave: 1. Bioética de Situações Emergentes 2. Letramento Científico 3. Ensino de Biologia.

¹⁷ Doutoranda pela Universidade de Brasília (UnB) – Programa de Pós-Graduação em Bioética (PPG Bioética). Mestre e especialista em Bioética, licenciada em Biologia. E-mail: marapinheiroster@gmail.com.

ABSTRACT

The scientific and technological transformations of the 21st century have intensified ethical dilemmas that permeate everyday life and the educational process. The emergence of biotechnology, artificial intelligence, and digital culture requires Biology teaching to adopt a new epistemological stance capable of linking scientific knowledge to moral reflection and social responsibility. This article analyzes Bioethics of Emerging Situations (BES) as a theoretical and methodological framework for ethical scientific literacy, based on the discursive and pedagogical analysis of research projects developed at CEMI-Gama/SEEDF. The methodology uses a qualitative and reflective approach to examine how scientific language, technology, and ethics intertwine in the "Fluxo Consciente", "MoNiTeC", and "EcoCoins" projects. The results demonstrate that BES integrates science, ethics, and language, turning Biology education into a space for moral deliberation and social knowledge production. The experiences reveal that public schools act as living laboratories of scientific responsibility and critical citizenship, in accordance with the principles of the BNCC and the Sustainable Development Goals (Agenda 2030).

Keywords: 1. Bioethics of Emerging Situations 2. Scientific Literacy 3. Biology Teaching.

INTRODUÇÃO

As transformações científicas e tecnológicas do século XXI intensificam dilemas éticos que atravessam a vida cotidiana e o processo educativo de forma sem precedentes. A emergência das biotecnologias, da inteligência artificial e da cultura digital não altera apenas os meios de produção, mas reconfigura as próprias relações humanas e a interação da sociedade com o meio ambiente. Diante desse cenário de complexidade e incerteza, exige-se do ensino de Biologia uma postura epistemológica renovada, capaz de articular o rigor do conhecimento científico à profundidade da reflexão moral e à urgência da responsabilidade social.

O desafio contemporâneo na Educação Básica, especificamente no contexto do Novo Ensino Médio, consiste em formar sujeitos que compreendam a ciência para além de sua dimensão instrumental. É imperativo superar a visão da ciência apenas como uma ferramenta técnica neutra, passando a compreendê-la como uma prática humana, histórica e social, intrinsecamente dotada de implicações éticas, políticas e ambientais.

Nesse contexto, a Bioética de Situações Emergentes (BES) constitui um marco teórico e metodológico robusto para enfrentar tais desafios. Ela integra a

Bioética Global de Van Rensselaer Potter (1971, 1988), que clamava por uma ponte entre as ciências biológicas e os valores humanos; o Princípio Responsabilidade de Hans Jonas (1984), que institui o dever de cuidado para com as gerações futuras diante do poder tecnológico; e a Bioética de Intervenção de Volnei Garrafa (2012), que foca nas vulnerabilidades e nas desigualdades do Sul Global. Ao articular ciência, ética e linguagem, a BES propõe que o ensino de Biologia incorpore a reflexão bioética não como um adendo, mas como um eixo transversal estruturante.

A dimensão da linguagem assume papel central e estratégico nesse processo. É por meio da linguagem que os conceitos científicos são traduzidos, os sentidos éticos são construídos e a deliberação moral é exercitada. O ensino de Biologia mediado pela BES não apenas transmite conteúdos factuais, mas promove um letramento científico sofisticado, que ensina o estudante a argumentar, a avaliar riscos, a ler criticamente a realidade e a tomar decisões fundamentadas em valores éticos sólidos. Como observa Archer (2015), o engajamento com a ciência depende profundamente do reconhecimento de identidades e de capitais científicos, o que implica compreender como a linguagem molda as relações assimétricas entre saber, poder e responsabilidade na sociedade contemporânea.

Assim, a BES torna-se instrumento epistemológico e pedagógico que conecta a ciência (o saber), a ética (o dever) e o discurso (o dizer), transformando o espaço escolar em um ambiente de deliberação democrática e responsabilidade compartilhada. Essa abordagem alinha-se diretamente à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e à Agenda 2030 da ONU, documentos que reconhecem a necessidade premente de formar cidadãos críticos, prudentes e comunicativamente éticos para lidar com as crises do nosso tempo.

O objetivo deste artigo é analisar como a Bioética de Situações Emergentes pode ser incorporada ao ensino de Biologia na Educação Básica, por meio de projetos

de Iniciação Científica e Tecnológica articulados à Unidade Curricular de Bioética no CEMI-Gama/SEEDF. Busca-se compreender como o letramento científico ético se manifesta nas práticas pedagógicas que transformam a sala de aula em um laboratório de pesquisa, unindo investigação biológica, prototipagem tecnológica e valores humanos.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A promulgação da Lei nº 13.415/2017 e a implementação da Base Nacional Comum Curricular (Brasil, 2018) marcaram um novo paradigma educacional no Brasil, centrado em eixos estruturantes como a investigação científica e a mediação sociocultural. O Distrito Federal (SEEDF, 2021) destacou-se nesse cenário ao incluir a Unidade Curricular de Bioética no itinerário formativo de Ciências da Natureza, reconhecendo institucionalmente que a formação científica contemporânea requer, além da dimensão técnica, uma profunda reflexão ética e social sobre a produção e o uso do conhecimento (Maluf; Garrafa, 2015).

Essa inclusão curricular recupera a noção potteriana original de bioética como uma “ponte para o futuro” (Potter, 1971). Para Potter, a sobrevivência da espécie humana e do ecossistema dependia da capacidade de unir o conhecimento biológico (*bios*) aos valores humanos (*ethos*). No ensino de Biologia, isso significa que não basta ensinar como manipular o DNA ou como funcionam os ecossistemas; é preciso ensinar a prudência e a sabedoria necessárias para gerir esse conhecimento sem destruir as bases da vida.

Age de tal modo que os efeitos da tua ação sejam compatíveis com a permanência de uma vida autenticamente humana na Terra; ou, expresso negativamente: age de tal modo que os efeitos da tua ação não sejam destrutivos para a possibilidade futura de tal vida; ou simplesmente: não ponhas em perigo as condições para a continuação indefinida da humanidade na Terra (Jonas, 1984, p. 47).

Nesse cenário, o conceito de letramento científico precisa ser revisitado. Na perspectiva de Santos e Mortimer (2001) e Bybee (1995), ser cientificamente letrado ultrapassa o domínio cognitivo de termos e conceitos e alcança o plano da ação social e política: não basta compreender a ciência, é preciso ser capaz de

agir, argumentar e decidir de forma crítica e responsável diante de questões sociocientíficas. Essa visão alinha-se ao enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), defendido por Chassot (2003) e Maciel Cavalcante (2023), segundo o qual a ciência é uma construção humana, histórica e impregnada de valores e interesses. Quando combinada à Bioética Global (Potter, 1988) e ao Princípio Responsabilidade de Hans Jonas (1984), essa abordagem amplia a dimensão ecológica e solidária do conhecimento, mostrando que o poder da tecnociência moderna exige responsabilidade ampliada diante das gerações futuras.

No contexto latino-americano, a Bioética de Situações Emergentes (BES) (Garrafa, 2012; Cunha; Lorenzo, 2014) "aterrissa" essa discussão global na realidade local. Diferente de abordagens principalistas abstratas, a BES foca na intervenção, na vulnerabilidade e nos dilemas concretos que emergem das desigualdades sociais e do avanço desregulado de novas tecnologias. Ela oferece ferramentas para analisar problemas "persistentes" (como a pobreza e a falta de acesso à saúde) que se agravam ou se transformam com o surgimento de problemas "emergentes" (como a crise climática, a edição genética e a vigilância digital).

Um ponto crucial dessa abordagem, e que justifica a relevância deste estudo para o campo da linguagem, é o reconhecimento da não neutralidade do discurso científico. A ciência não é neutra (Sousa; Almeida, s.d.); ela é um discurso e, portanto, um ato político e moral. A própria retórica científica tradicional, ao buscar a impessoalização e a objetividade excessiva, muitas vezes dilui a responsabilidade do sujeito pesquisador (Auch, 1997; Salager-Meyer, 1999).

Como aponta Guimarães (2001), a modalização discursiva — a forma como afirmamos, negamos ou sugerimos algo — é, em si, um ato ético. A escolha das palavras, a construção dos argumentos e a forma de comunicar resultados revelam o grau de compromisso do pesquisador com a verdade e com as consequências sociais de sua fala. A Declaração de Budapeste sobre a Ciência e o

Uso do Conhecimento Científico (Unesco, 1999) é inequívoca ao afirmar que "a liberdade científica implica responsabilidades correlatas".

Portanto, adotar a BES no ensino de Biologia é reconhecer essa dimensão discursiva e não neutra. É transformar a sala de aula em um espaço onde o estudante aprende a situar-se eticamente, unindo a racionalidade técnica à prudência moral. É o alicerce para um letramento científico ético que articula poder, linguagem e responsabilidade, em plena consonância com as metas da Agenda 2030 (ONU, 2015), formando sujeitos capazes de ler o mundo e intervir nele com responsabilidade.

Nesse horizonte, a Iniciação Científica e Tecnológica (ICT) na Educação Básica deixa de ser uma mera simulação para tornar-se uma prática social de produção de sentidos. Ao engajar os estudantes na "cultura maker" e na resolução de problemas reais, a escola promove o encontro entre a linguagem da ciência (hipóteses, dados, evidências) e a linguagem da tecnologia (códigos, algoritmos, design). A BES atua como a bússola moral desse processo: ela garante que a inovação tecnológica — seja um sensor ou um aplicativo — não seja um fim em si mesma, mas uma resposta ética a uma vulnerabilidade humana ou ambiental.

BIOÉTICA E LETRAMENTO CIENTÍFICO

O conceito de letramento científico, na perspectiva de Santos e Mortimer (2001) e Bybee (1995), ultrapassa a simples aquisição de termos técnicos, configurando-se como uma competência social que prepara o estudante para interpretar e intervir na realidade. No Ensino Médio, especialmente entre adolescentes de 15 a 17 anos, essa alfabetização é atravessada por desafios cognitivos e morais próprios da idade, uma vez que, conforme Kohlberg (1981), esse período marca a transição entre o nível convencional da moralidade e a emergência das primeiras formas de julgamento pós-convencional. Nesse movimento, a ciência deixa de ser percebida apenas como conteúdo escolar e passa a ser compreendida como linguagem, prática discursiva e instrumento de

leitura crítica do mundo. Oliveira e Freire (2006) reforçam que aprender ciência implica apropriar-se de seus modos específicos de significar a realidade, rompendo com a visão simplificada da memorização. No entanto, essa autonomia discursiva carece de um eixo normativo que oriente o uso ético do conhecimento, o que conecta diretamente o letramento à Bioética. Sob a perspectiva de Potter (1971), a Bioética opera como o fundamento valorativo capaz de situar o discurso científico dentro da responsabilidade humana e socioambiental.

A leitura do mundo precede a leitura da palavra, daí que a posterior leitura desta não possa prescindir da continuidade da leitura daquele. Linguagem e realidade se prendem dinamicamente. A compreensão do texto a ser alcançada por sua leitura crítica implica a percepção das relações entre o texto e o contexto (Freire, 1996, p. 11).

Essa articulação entre linguagem, ciência e responsabilidade exige uma ação pedagógica planejada, sobretudo quando se trata de estudantes em desenvolvimento moral acelerado. A teoria de Kohlberg (1981) demonstra que conflitos cognitivos bem estruturados ampliam a capacidade de raciocínio ético, deslocando o aluno da obediência normativa para a reflexão baseada em princípios. A Bioética de Situações Emergentes (BES), ao integrar dilemas reais sobre vulnerabilidade, risco, justiça e dignidade humana ao ensino de Biologia, cria o ambiente necessário para essa evolução. Situações envolvendo uso de tecnologias, decisões biomédicas, impactos ambientais e tensões sociocientíficas funcionam como catalisadores de amadurecimento moral. Como assinala Chassot (2003), o estudante passa a “ler o mundo” a partir de uma lente ética, compreendendo que a ciência não é neutra, mas uma prática humana carregada de valores, escolhas e consequências. Assim, o letramento científico articulado à Bioética fortalece a formação do sujeito crítico, responsável e sensível às demandas emergentes do nosso tempo.

Linguagem Científica, Moralidade Juvenil e Bioética de Situações Emergentes (BES)

A Bioética de Situações Emergentes (BES) acrescenta uma camada essencial ao ensino de Biologia ao evidenciar que a linguagem científica é, simultaneamente, meio de descrição e instrumento de deliberação moral. Se o letramento científico capacita o estudante para compreender e comunicar saberes, a BES o conduz a analisar criticamente as implicações éticas desses discursos, sobretudo em contextos marcados por incertezas e dilemas complexos. Para adolescentes entre 15 e 17 anos — grupo que, segundo Kohlberg (1981), vivencia a expansão do pensamento formal e a abertura para princípios universais — o domínio da linguagem científica permite a construção de julgamentos mais sofisticados sobre temas como biotecnologia, experimentação, impactos ambientais e desigualdades sociocientíficas. Nessa fase, o estudante começa a articular relações entre fatos, valores e consequências, percebendo que toda produção de conhecimento envolve escolhas discursivas carregadas de significados morais.

A BES opera justamente nesse ponto: ela desloca a linguagem científica de um campo meramente explicativo para um campo deliberativo, no qual conceitos biológicos dialogam com problemas reais de justiça social, integridade humana, limites tecnológicos e vulnerabilidade. Oliveira e Freire (2006) reforçam que a compreensão de fenômenos científicos é sempre mediada por contextos históricos e sociais, o que amplia o papel da linguagem como prática de interpretação do mundo. Ao propor dilemas que envolvem decisões biomédicas, avaliação de riscos, conflitos ambientais e controvérsias sociocientíficas, a BES estimula o estudante a refletir sobre como os usos da ciência afetam vidas concretas.

Esse processo, fundamentado no conflito cognitivo descrito por Kohlberg (1981), impulsiona o avanço do pensamento moral, permitindo que o jovem internalize princípios éticos que ultrapassam normas externas. Assim, a linguagem científica transforma-se em ferramenta para leitura crítica e ação responsável. Conforme Chassot (2003), não basta compreender os mecanismos que explicam o mundo: é necessário posicionar-se diante dele. Ao integrar linguagem,

cognição moral e responsabilidade, a BES potencializa a formação de um estudante capaz de analisar, decidir e intervir eticamente nas situações emergentes do século XXI.

APRENDIZAGEM DA LINGUAGEM CIENTÍFICA NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIAS

A compreensão da linguagem científica como eixo estruturante da formação docente tem avançado significativamente na pesquisa em Didática das Ciências. Estudos de Oliveira, Freire, Carvalho, Azevedo, Sofia Freire e Baptista (2020) demonstram que a linguagem científica não deve ser tratada apenas como meio de transmissão de conteúdos, mas como prática discursiva que estrutura o modo como professores e estudantes constroem significados sobre o mundo natural. A perspectiva defendida pelas autoras, apoiada em abordagens como o design-based research, evidencia que a formação docente precisa articular investigação, reflexão e experimentação pedagógica para superar o distanciamento entre pesquisa acadêmica e práticas reais de sala de aula. Essa visão dialoga com os achados de Lemke (1990), para quem aprender ciências significa aprender a “falar ciência”, internalizando gêneros discursivos, modos de argumentação e padrões de explicação próprios da área.

Autores como Mortimer e Scott (2002) reforçam que o domínio da linguagem científica na formação de professores é condição para a mediação dialógica em sala de aula, permitindo que o docente transite entre diferentes vozes — cotidiana, escolar e científica — favorecendo processos de significação. Jiménez-Aleixandre e Erduran (2008) ampliam essa discussão ao defender que a argumentação científica, como prática linguística, deve ser central na formação do professor, pois estrutura formas de pensar, justificar e validar conhecimentos. No contexto brasileiro, Sasseron e Carvalho (2011) associam a linguagem científica à construção de indicadores de alfabetização científica,

ressaltando que professores precisam compreender como os estudantes produzem explicações, argumentos e modelos para desenvolver intervenções pedagógicas efetivas. A integração dessas perspectivas mostra que formar professores de Ciências implica formar sujeitos capazes de compreender a ciência como prática discursiva, social e ética, condição indispensável para promover letramento científico e reflexões críticas sobre o papel da ciência na sociedade contemporânea.

METODOLOGIA

Este trabalho configura-se como um estudo de natureza qualitativa e de Pesquisa Aplicada. Conforme Gil (2008), a pesquisa aplicada objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos. Neste caso, o estudo não se limitou à reflexão teórica, mas avançou para o desenvolvimento de protótipos funcionais (soluções tecnológicas) para dilemas reais da comunidade escolar. O campo de estudo foram os projetos de Iniciação Científica e Tecnológica desenvolvidos no âmbito da Unidade Curricular de Bioética, parte do itinerário formativo de Ciências da Natureza da Secretaria de Educação do Distrito Federal (SEEDF) no CEMI-Gama. A metodologia de análise focou no "Itinerário Investigativo" percorrido pelos estudantes, estruturado em três momentos pedagógicos de integração entre ciência e tecnologia:

1. Imersão Científica e Análise de Dados (Letramento Informacional): Nesta etapa, os estudantes foram orientados a buscar embasamento teórico em fontes científicas confiáveis, simulando a revisão de literatura de uma pesquisa acadêmica. Um ponto crucial foi o acesso direto a bases de dados oficiais. No projeto MoNiTeC, os alunos acessaram boletins epidemiológicos do Ministério da Saúde e diretrizes da Organização Mundial da Saúde (OMS). Eles enfrentaram o desafio de pesquisar variáveis de temperatura corporal, confrontando a complexidade de definir "padrões normais" em uma população heterogênea, o que exigiu letramento informacional avançado para sair do senso comum.

2. Prototipagem e Cultura Maker (Letramento Tecnológico): A segunda etapa envolveu a aplicação da cultura maker ("mão na massa") para materializar as soluções. A montagem exigiu a apropriação de novas linguagens: a lógica de programação e o design de produto. Os estudantes utilizaram microcontroladores (sensores de temperatura e umidade), noções de eletrônica básica e materiais de baixo custo (papelão, polímeros reutilizados) para a construção física dos artefatos. Esta fase transformou conceitos abstratos de Biologia em tecnologia tangível.

3. Validação Ética e Protocolos de Segurança (Letramento Ético): A etapa final consistiu na validação sob a lente da Bioética. Um aspecto fundamental, especialmente no projeto de monitoramento, foi a discussão sobre a Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde (CNS). Embora o projeto escolar não configurasse pesquisa clínica formal, os estudantes adotaram os princípios da resolução para garantir que a medição de temperatura não fosse invasiva. O uso de sensores infravermelhos (sem contato físico) foi a solução tecnológica encontrada para respeitar a integridade física e o conforto dos participantes, demonstrando na prática o cuidado ético na coleta de dados.

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

A análise das experiências desenvolvidas no CEMI-Gama evidencia a BES como uma matriz formativa potente, capaz de articular a Biologia, a ética e a cidadania em uma práxis educativa transformadora. As práticas de Iniciação Científica revelam que as dimensões epistemológica, tecnológica e ético-ambiental se concretizam na tríade proposta por este artigo: conteúdo, valor e discurso. Abaixo, destacam-se três projetos que exemplificam essa integração.

PROJETO FLUXO CONSCIENTE: O ENFRENTAMENTO DO TABU

Este projeto articula a Biologia Ambiental e a Saúde Pública ao investigar o impacto dos absorventes descartáveis. Contudo, seu maior mérito reside na dimensão sociocultural: o enfrentamento do tabu histórico que envolve a menstruação. A discussão central gira em torno da pobreza menstrual e da dignidade humana. Sob a ótica da BES, os estudantes identificaram que o silêncio sobre o tema perpetua a vulnerabilidade social. No campo da linguagem, o projeto operou uma ruptura discursiva. O sangue menstrual, frequentemente associado à "sujeira" ou vergonha no ambiente escolar, foi ressignificado através do discurso científico-sanitário. O silêncio não é a ausência de sentido, mas uma forma de significar. Ele funciona como política, regula o que pode ou não pode ser dito e determina quem tem o direito de falar." (Orlandi, 1997, p. 30). Ao projetar uma lixeira educativa específica, os alunos materializaram um discurso de acolhimento, transformando o banheiro da escola — antes um local de constrangimento — em um espaço de cuidado e dignidade.

PROJETO MoNiTeC: DESAFIOS DE PADRONIZAÇÃO E ÉTICA

O projeto funde Fisiologia e Epidemiologia com tecnologia de sensores. O grande desafio pedagógico superado pelos estudantes foi a pesquisa de variáveis de temperatura corporal nos dados da Organização Mundial da Saúde (OMS). Eles constataram a dificuldade de estabelecer um parâmetro único de "febre" ou "normalidade" diante das variações climáticas locais, exercitando o pensamento crítico sobre a complexidade dos dados biológicos. O viés ético ancorou-se na garantia da não-invasividade. Inspirados pela Resolução 466/12, os alunos programaram sensores que realizam a leitura à distância, assegurando que a tecnologia servisse à proteção coletiva (monitoramento de surtos virais e correlação com o aquecimento global) sem violar a privacidade ou o corpo do indivíduo. A linguagem dos dados gerados traduziu "números frios" em um alerta ético sobre a saúde ambiental da escola. A experiência do MoNiTeC revelou que a cultura maker exige um tipo específico de letramento: o tecnológico-discursivo.

A necessidade de justificar cada escolha de programação, cada ajuste nos sensores e cada tomada de decisão sobre segurança aproximou os estudantes de práticas científicas reais. Esse processo reforça a concepção de que a tecnologia é também uma linguagem — uma forma de enunciar hipóteses, validar ideias e construir sentidos coletivos sobre os problemas investigados.

PROJETO EcoCoins: GAMIFICAÇÃO E RESPONSABILIDADE PLANETÁRIA

O EcoCoins parte do conteúdo biológico da Ecologia (ciclos biogeoquímicos, poluição) para analisar o impacto do consumo. O viés ético alinha-se diretamente à Agenda 2030 da ONU. A metodologia de desenvolvimento envolveu a lógica de programação e sistemas de recompensa para criar uma moeda digital ecológica. Essa moeda funciona como uma ferramenta pedagógica que educa para o senso de responsabilidade a ser aprendido sobre o cuidado que cada um deve ter com o próprio lixo produzido. A linguagem do projeto é a gamificação: a moeda digital é um símbolo, um discurso de intervenção que atribui valor moral a ações virtuosas, como a reciclagem. O EcoCoins faz com que todos os atores escolares possam contribuirativamente e reduzir o impacto ambiental, transformando a responsabilidade ética em uma ação concreta.

DISCUSSÃO: Por fim, é imperativo destacar o papel da mediação docente como elemento catalisador dessa Iniciação Científica e Tecnológica.

Na perspectiva vigotskiana (Vygotsky, 1998), o professor atuou incisivamente na Zona de Desenvolvimento Proximal, fornecendo os "andaimes" necessários para que os estudantes transitassem do senso comum para o rigor científico. A intervenção docente não se limitou à instrução técnica, mas focou na orientação curatorial sobre onde buscar dados confiáveis (OMS) e como conduzir o debate ético (Resolução 466). Foi essa mediação qualificada que permitiu aos alunos superar a visão ingênuas da tecnologia e apropriar-se do discurso científico com autonomia. Ao organizar os turnos de fala e validar as descobertas dos

estudantes, a docência transformou a sala de aula em uma comunidade investigativa, onde a linguagem da ciência foi, finalmente, colocada a serviço da cidadania.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A incorporação da Bioética de Situações Emergentes (BES) no currículo do Novo Ensino Médio consolida-se, à luz das experiências analisadas, como um fundamento indispensável para o letramento científico ético. A BES mostrou-se capaz de integrar, de forma orgânica, o rigor do conhecimento biológico, a profundidade da reflexão moral e a urgência do compromisso social. Os projetos analisados — Fluxo Consciente, MoNiTeC e EcoCoins — demonstram que a escola pública pode ser um espaço privilegiado de formação ética, crítica e solidária. O Fluxo Consciente ilumina o vínculo indissociável entre saúde, dignidade e meio ambiente; o MoNiTeC, fundamentado em dados oficiais e sensoriamento, evidencia a vulnerabilidade humana diante das mudanças climáticas; o EcoCoins reforça a responsabilidade ecológica por meio de novas linguagens sociais. Recomenda-se, para pesquisas futuras, o desenvolvimento de indicadores quantitativos e qualitativos de responsabilidade científica e ambiental no ambiente escolar, bem como a ampliação de estudos empíricos sobre os efeitos da BES na formação ética e discursiva dos estudantes da Educação Básica a longo prazo. A reconfiguração do ensino de Biologia pela lente da responsabilidade e do discurso não é apenas uma inovação pedagógica; é uma necessidade ética para a sobrevivência em um mundo em rápida transformação.

REFERÊNCIAS

ARCHER, L. **Science capital:** A conceptual, methodological, and empirical argument for extending Bourdieusian notions of capital into the field of science education. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 52, n. 7, p. 922-948, 2015.

AUCH, Y. M. **The rhetoric of the probable in scientific commentaries.** 1997.

BEAUCHAMP, T. L.; CHILDRESS, J. F. **Principles of Biomedical Ethics.** 5. ed. New York: Oxford University Press, 2002.

BERGEL, S. D. **Bioética:** novos desafios. São Paulo: Loyola, 2010.

BOURDIEU, P. **O campo científico.** In: ORTIZ, R. (org.). Pierre Bourdieu: Sociologia. São Paulo: Ática, 1984.

BRASIL. Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017. **Diário Oficial da União,** Brasília, DF, 17 fev. 2017.

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

BYBEE, R. **Achieving Scientific Literacy.** Portsmouth: Heinemann, 1995.

CARVALHO, L. H.; PESSINI, L.; SÉCO, M. **Bioética e Educação:** perspectivas para o ensino de Biologia. São Paulo: Cortez, 2006.

CHASSOT, A. **A ciência através dos tempos.** São Paulo: Moderna, 2003.

CLOTET, J. **Bioética:** uma introdução. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2003.

CUNHA, T.; LORENZO, C. **Bioética de Situações Emergentes.** Brasília: Cátedra UNESCO, 2014.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia.** São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREIRE, P. **A importância do ato de ler.** São Paulo: Cortez, 2006.

GARRAFA, V. **Bioética de Intervenção.** Revista Bioética, Brasília, v. 20, n. 1, p. 9-19, 2012.

GUIMARÃES, M. P. **Contribuições da Bioética às práticas docentes de Biologia.** 2017. Dissertação (Mestrado) — UnB.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. **Argumentation in science education.** Dordrecht: Springer, 2008.

JONAS, H. **O princípio responsabilidade.** Rio de Janeiro: PUC-Rio; Contraponto, 1984.

JUNGES, J. R. **Bioética e Ecologia.** Petrópolis: Vozes, 2006.

KOHLBERG, L. **The Philosophy of Moral Development.** San Francisco: Harper & Row, 1981.

LEMKE, J. L. **Talking Science.** Westport: Ablex Publishing, 1990.

LIBÂNEO, J. C. **As teorias pedagógicas modernas revisitadas.** São Paulo: Cortez, 2005.

MACIEL CAVALCANTE, A. L. **Ciência, Tecnologia e Sociedade no Ensino de Ciências.** Brasília: UnB, 2023.

MALUF, F.; GARRAFA, V. **Vulnerabilidade tecnológica.** Revista Bioética, v. 23, n. 2, 2015.

MARCUSE, H. **A ideologia da sociedade industrial.** Rio de Janeiro: Zahar, 2009.

MINAYO, M. C. S. **Pesquisa social.** Petrópolis: Vozes, 2001.

MORTIMER, E. F.; SCOTT, P. **Meaning Making in Secondary Science Classrooms.** Maidenhead: Open University Press, 2002.

OLIVEIRA, T. et al. **Compreendendo a aprendizagem da linguagem científica.** Investigações em Ensino de Ciências, 2020.

ONU. **Transformando Nossa Mundo:** a Agenda 2030. Nova York: ONU, 2015.

ORLANDI GUIMARÃES, E. P. **Análise de Discurso**. Campinas: Pontes, 2001.

PESSINI, L. **Bioética e humanização da ciência**. São Paulo: Loyola, 2014.

POTTER, V. R. **Bioethics: bridge to the future**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1971.

POTTER, V. R. **Global Bioethics**. East Lansing: MSU Press, 1988.

PYRRHO, M.; SCHRAMM, F. R. **Nanotecnologia e bioética**. Revista Bioética, v. 20, n. 2, 2012.

SALAGER-MEYER, F. **Discourse analysis of medical English papers**. English for Specific Purposes, v. 18, n. 2, 1999.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. **Abordagem CTS. Ensaio**: Pesquisa em Educação em Ciências, v. 2, n. 2, 2001.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. **Alfabetização científica**. Investigações em Ensino de Ciências, 2011.

SEEDF. **Itinerário Formativo de Ciências da Natureza**. Brasília: SEEDF, 2021.

SOUSA, J. M.; ALMEIDA, M. C. X. **A ciência não é totalmente científica**. (s.d.).

UNESCO. **Declaração sobre a Ciência**. Paris: UNESCO, 1999.

UNESCO. **Declaração Universal sobre Bioética**. Paris: UNESCO, 2005.

UNESCO. **Recomendações sobre a Ética da IA**. Paris: UNESCO, 2023.

ZANCANARO, L. **Ensino de Biologia e formação ética**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2000.