

**A educação ambiental escolar frente à emergência climática: o Itinerário  
Formativo de Biotecnologia como espaço de práxis**

**Valéria Brumato Regina Fornazari**

Professora Doutora, UEM, Brasil  
vbrfornazari@uem.br  
<https://orcid.org/0000-0003-2438-091X>

**Daniele Araujo Canazart**

Professora Mestre, SEED, Brasil  
daniela.cazanart@seed.pr.gov.br  
<https://orcid.org/0000-0003-3981-3423>

## **A educação ambiental escolar frente a emergência climática: o Itinerário Formativo de Biotecnologia como espaço de práxis**

### **RESUMO**

**Objetivo** - O presente trabalho objetivou a produção e aplicação de uma sequência didática (SD) investigativa, abrangendo as proposições estaduais para o componente curricular de Biotecnologia, de forma a promover a educação ambiental crítica acerca da emergência climática.

**Metodologia** - Foi realizada uma pesquisa-ação colaborativa com 27 alunos do Ensino Médio de uma escola pública, no Itinerário Formativo de Biotecnologia. A coleta de dados ocorreu por meio de questionário estruturado, observação participante e registro em diário de campo. Já a análise de dados foi realizada com base na análise de Conteúdo de Bradin (1977).

**Originalidade** - Com a promulgação da BNCC e do Novo Ensino Médio a educação ambiental perdeu espaço, resumindo-se a termos como sustentável e sustentabilidade. Assim, faz-se necessário a busca por Lócus e práxis de reflexão para a formação de cidadãos ambientalmente responsáveis, principalmente diante da emergência ambiental instaurada.

**Resultado** - Nessa perspectiva a pesquisa evidenciou que inicialmente a visão dos alunos sobre a crise climática e a biotecnologia era reducionista e alienante, pouco relacionada com a ciência atual.

**Contribuições metodológicas** - No percurso da SD e na sua conclusão foi possível perceber que os alunos foram capazes de correlacionar o fator antrópico como gênese a com a adaptação e mitigação da crise climática.

**Contribuições sociais e ambientais** - Desta forma, esta pesquisa suscita a discussão acerca da pormenorização da educação ambiental no novo ensino médio bem como apresenta uma possibilidade de intervenção para a efetivação da educação ambiental crítica haja vistas a emergência climática, contribuindo para a formação cidadã crítica e a transformação social.

**PALAVRAS-CHAVE:** Novo Ensino Médio. Crise Ambiental. Estratégia de Ensino e Aprendizagem.

## **School environmental education in the face of the climate emergency: the Biotechnology plan itinerary as praxis space**

### **ABSTRACT**

**Objective** – The present work aimed to produce and apply an investigative didactic sequence (DS), addressing state propositions for the Biotechnology curricular component, with the aim of promoting critical environmental education on the climate emergency.

**Methodology** – Collaborative action research was carried out with 27 high school students from a public school, in the Biotechnology Training Itinerary. Data collection occurred through a structured questionnaire, participant observation and field diary recording. Data analysis was carried out based on Bradin's Content Analysis (1977).

**Originality/Relevance** – The proposition and analysis of an investigative didactic sequence, based on the Learning Path of the Biotechnology Formative Itinerary, which presents itself as a rigid proposal, with critical environmental education reflecting on environmental emergency.

**Results** – Initially, the students had a reductionist and alienating view on the climate crisis and biotechnology, with little connection to current science. Throughout the didactic sequence, students were able to correlate the anthropogenic factor as the origin of the climate crisis, in addition to understanding the possible adaptations and mitigation measures for the crisis.

**Theoretical/Methodological Contributions** – The methodological implications involve the use of an investigative didactic sequence applied in the Formative Itinerary based on Learning Paths, providing a pedagogical practice grounded in critical environmental education, despite the curricular limitations of the Formative Itineraries.

**Social and Environmental Contributions** - The research contributes to the formation of environmentally responsible and critical citizens, being a step toward social transformation in the face of the climate emergency. The social implications involve raising students' awareness about the climate crisis and biotechnology, and their potential solutions in the current context.

**KEYWORDS:** New High School. Environmental Crisis. Teaching and Learning Strategy.

## La educación ambiental escolar frente a la emergencia climática: el Itinerario Formativo de Biotecnología como espacio de praxi

### RESUMEN

**Objetivo** – El presente trabajo tuvo como objetivo la producción y aplicación de una secuencia didáctica (SD) investigativa, abordando las propuestas estatales para el componente curricular de Biotecnología, con el fin de promover una educación ambiental crítica sobre la emergencia climática.

**Metodología** – Se realizó una investigación-acción colaborativa con 27 estudiantes de Educación Secundaria de una escuela pública, en el Itinerario Formativo de Biotecnología. La recolección de datos se llevó a cabo a través de cuestionarios estructurados, observación participante y registro en diario de campo. El análisis de los datos se realizó con base en el Análisis de Contenido de Bradin (1977).

**Originalidad/Relevancia** – La propuesta y análisis de una secuencia didáctica investigativa, basando la Ruta de Aprendizaje del Itinerario Formativo de Biotecnología, que se presenta como una propuesta rígida, con educación ambiental crítica en la reflexión sobre la emergencia ambiental.

**Resultados** – Inicialmente, los estudiantes tenían una visión reduccionista y alienante sobre la crisis climática y la biotecnología, con poca relación con la ciencia actual. A lo largo de la secuencia didáctica, los estudiantes fueron capaces de correlacionar el factor antropogénico como origen de la crisis climática, además de comprender las posibles adaptaciones y medidas de mitigación de la crisis.

**Contribuciones Teóricas/Metodológicas** – Las implicaciones metodológicas involucran el uso de una secuencia didáctica investigativa aplicada en el Itinerario Formativo partiendo de las Rutas de Aprendizaje, proporcionando una práctica pedagógica basada en la educación ambiental crítica, a pesar de las limitaciones curriculares de los Itinerarios Formativos.

**Contribuciones Sociales y Ambientales** – La investigación contribuye a la formación de ciudadanos ambientalmente responsables y críticos, siendo un paso hacia la transformación social frente a la emergencia climática. Las implicaciones sociales involucran la concientización de los estudiantes sobre la crisis climática y la biotecnología, y sus posibles soluciones en el contexto actual.

**PALABRAS CLAVE:** Nueva Escuela Secundaria. Crisis Ambiental. Estrategia de Enseñanza y Aprendizaje.

### RESUMO GRÁFICO



## 1 INTRODUÇÃO

A educação básica brasileira tem sido alvo de intensas e significativas reformas ao longo da história sendo a mais atual a promulgação da Lei 13.415/2017 que implantou a Base Nacional Comum Curricular – BNCC cujo principal objetivo foi o estabelecimento de uma base para toda a educação do país, pautada em um conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais.

A partir dessa nova proposta, os estados e municípios precisaram reorganizar suas propostas curriculares. O estado do Paraná, em 2019, publicou o Referencial Curricular para o Ensino Fundamental, e em 2022 o Referencial Curricular para o Ensino Médio (EM), o que modificou, de forma significativa a organização do ensino de biologia no estado.

Parindo do arcabouço legal acima citado, o ensino de biologia passou a ser ofertado a partir de duas organizações distintas: a Formação Geral Básica (FGB) na qual todo o conteúdo básico de biologia está alocado, sendo ofertado nos 1º e 2º anos do EM de forma obrigatória a todos os alunos; Itinerários Formativos (IF) que integram a parte flexível do novo arranjo curricular, na qual o aluno opta, ao final do 1º ano do EM qual área do conhecimento deseja aprofundar sua formação, sendo a Ciências da Natureza e a Matemática e suas Tecnologias, o IF que contempla a biologia e as áreas correlatas (Paraná, 2022).

Nesta lógica, o IF citado está organizado, quanto ao ensino de Biologia, em dois componentes curriculares: (a) Biotecnologia (Biologia 1) que é cursada do 2º ano do EM concomitantemente com a FGB de biologia, computando 2 aulas semanais de biologia e 2 aulas semanais de biologia 1 (IF); (b) Saúde e Bem Estar (Biologia 2) que é ofertado no 3º ano do EM, ano escolar no qual a FGB em biologia já foi finalizada, computando 3 aulas semanais de Biologia 2 (Paraná, 2022).

Partindo da proposta de ensino acima explicitada, fica evidente a compreensão da nova dinâmica de ensino básico, que propõe uma FGB mais elementar e acelerada, que deve ser somada a IF que objetivam o aprofundamento em áreas da ciência de maior interesse de acordo com a escolha de cada aluno. Essa realidade impõe a escola e seus personagens, principalmente professores e alunos, desafios e limitações, sobretudo com a relação ao pouco tempo delegado ao processo de ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes básicos para a compreensão das áreas do conhecimento (FGB) o que pode impactar na alfabetização científica promovida pela escola.

Somado ao repto acima apresentado, a Educação Ambiental passa a figurar de forma extremamente discreta, quase que inexistente, sendo expressa pelos termos *sustentável* e *sustentabilidade* o que vislumbra a perspectiva educacional partidária a estratégias nacionais de desenvolvimento neoliberal e de responsabilização individual pelos problemas ambientais (Silva e Loureiro, 2019).

Assim, é cogente a necessidade de encontrar possibilidades curriculares de reflexão acerca das questões ambientais, principalmente frente a emergência ambiental atual, diante da nova roupagem do ensino de Biologia imposto ao EM.

A força motriz para o desenvolvimento e a implementação do Novo Ensino (EM) Médio no país derivou da análise da razão quantidade/qualidade, na qual foi enfatizado que a ampliação da oferta do EM no Brasil não acompanhou a ampliação da qualidade do ensino ofertada, levando a índices alarmantes de evasão e abandono escolar nessa modalidade de ensino (Cássio e Goulart, 2022).

No ano de 2019, dez anos depois, portanto, da EC 59/2009, dos 9,5 milhões de jovens entre 15 e 17 anos, o país contava com 7.465.891 milhões de matrículas no EM (Taxa líquida de 71,1%). Isso significa que parcela considerável dessa população se mantinha ainda no ensino fundamental ou totalmente fora da escola. Os dados do Censo Escolar da Educação Básica desse ano mostram que 674.814 (7,6%) das pessoas dessa idade se encontravam totalmente excluídos do sistema escolar (Silva, Krawczyk e Calçada, 2023).

Historicamente o EM brasileiro tem sido palco de disputas, principalmente quanto a sua finalidade, construção curricular tempo e formação, pois se caracteriza como pouco inclusivo (Silva, Krawczyk e Calçada, 2023). De acordo com o INEP (2019) a taxa de conclusão do EM é de e 76,8% entre brancos e de 61,8% entre pretos e pardos, já o número médio de anos de escolaridade é maior entre os 25% com maior renda (13,4 anos) para 9,9 anos entre os com menor renda. Quanto à evasão escolar, em 2019, a taxa de distorção idade-série era de 26,2% sendo que no primeiro ano esse valor foi ainda mais expressivo atingindo o patamar de 32,9%, indicando sucessivos abandonos e/ou reprovação.

Ainda, uma grande parcela dos jovens egressos do EM não conseguiram se posicionar no mercado de trabalho e nem prosseguiram os estudos, ingressando em instituições de ensino superior. Apesar dessa problemática ser multifatorial, a causa foi reduzida a pouca atratividade da escola de nível médio, ou seja, o EM era chato pois tinha como características principais sua extensão, superficialidade e fragmentação, o que não dialogava com a necessidade dos alunos (Cássio e Goulart, 2022).

Para mitigar essa situação a solução foi a flexibilização do currículo do EM bem como a aproximação desse com as necessidades do mercado que emprega (Santos e Silva, 2022). Sendo assim, o EM passou, a partir da Lei nº 13.415/17 a ter a sua carga horária total de aulas (3000 horas) foi dividida entre a formação geral básica (FGB), 1800 horas e IF 1200 horas.

Os IF constituem a parte diversificada do currículo do novo EM e visa aprofundar conhecimentos e habilidades em uma área científica em franca expansão e de crucial importância. Conforme o Caderno de IF do Novo EM do Paraná de 2023, este IF busca integrar teoria e prática através de metodologias ativas e contextualizadas, proporcionando aos estudantes uma compreensão abrangente e aplicada da biotecnologia (Paraná, 2023).

Tendo em vista essa organização, os IF ofertados são Linguagens e suas tecnologias; matemática e suas tecnologias; Ciências da Natureza e suas tecnologias; Ciências Humanas e Sociais Aplicadas) e o IF da educação profissional (Brasil, 2017).

A Portaria nº 1.432/18 publicada pelo MEC estabeleceu os Referenciais para a Elaboração dos IF, partindo das Diretrizes Curriculares Nacionais para o EM reformuladas pelo CNE (Resolução CNE/CEB nº 03/2018) objetivando normatizar as alterações produzidas pela Lei nº 13.415/17. Na portaria é indicado que a oferta dos IF deve ocorrer partir de quatro eixos estruturantes: a investigação científica, os processos criativos, a mediação e as intervenção sociocultural e empreendedorismo e que estes IF devem ser tratados de forma complementar.

No Paraná a estruturação do IF de Ciências da Natureza e suas Tecnologias ocorre com a oferta do IF de Biotecnologia no 2º ano do EM e do IF de Saúde e Bem Estar no 3º ano do EM. Esses IF foram elaborados para englobar uma gama de conteúdos que são fundamentais para a formação integral do estudante. Conforme descrito por Da Silva e Silva (2023), o currículo inclui estudos sobre as bases da biotecnologia, abrangendo a genética, a biologia molecular e os bioprocessos, enfatizando a aplicação desses conhecimentos em problemas reais. Esta abordagem não só solidifica o aprendizado teórico como também estimula a aplicação prática do conhecimento científico.

A organização do IF de Biotecnologia foi proposta por meio da publicação da Trilha de Aprendizagem (Paraná, 2023) que estabelece o passo a passo para a realização desse componente curricular, imperando acerca dos percursos de ensino que deverão ser executados em cada trimestre escolar de forma a elencar as habilidades e a serem desenvolvidas, os objetivos de aprendizagem, os objetos do conhecimento, os conteúdos abordados e o encaminhamento metodológico e avaliativo, funcionando como um manual ou apostila para esse IF.

As atividades propostas no IF de biotecnologia de acordo com a Trilha de Aprendizagem (Paraná, 2023) são projetadas na tentativa de gerar interatividade e engajamento, incentivando a pesquisa e a experimentação prática. Pereira e Litoldo (2024) sugerem a implementação de projetos de pesquisa que permitam aos estudantes investigar aplicações biotecnológicas, desde a criação de novos medicamentos até soluções para a bioremediação.

Estas atividades são complementadas por visitas técnicas a laboratórios e indústrias biotecnológicas, workshops com profissionais da área e simulações de processos biotecnológicos em laboratório escolar. No que se refere às avaliações, elas são concebidas para medir não apenas o conhecimento teórico, mas também as habilidades práticas e analíticas dos estudantes (Paraná, 2023).

As avaliações são variadas e incluem provas escritas, apresentações de projetos, relatórios de laboratório e portfólios de aprendizagem. Esses métodos de avaliação visam não apenas quantificar o aprendizado, mas também desenvolver e refinar as competências dos estudantes como pensadores críticos e solucionadores de problemas, conforme destacado por Da Silva e Silva (2023).

Assim, partindo de uma perspectiva do documento norteador do IF de Biotecnologia, este almeja representar uma abordagem educacional dinâmica e integrada, que objetiva preparar os estudantes para as demandas do futuro no campo da ciência e tecnologia. Por meio de uma combinação de conhecimento teórico e experiência prática, os estudantes são instrumentalizados de forma a serem capazes de vislumbrar como ocorrem as pesquisas científicas empíricas, o que pode promover a capacidade de inovação e impactando positivamente o mundo, alinhando-se com as exigências contemporâneas futuras do mercado de trabalho e da sociedade (Paraná, 2023).

Todavia, Fernandes (2024) propõe que o currículo dos IF aborde também temas contemporâneos como o uso de agrotóxicos e seu impacto ambiental, integrando conceitos partindo de uma perspectiva reflexiva como a CTSA - Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente CTSA. Este tipo de abordagem destaca a relevância da biotecnologia no enfrentamento e na solução de desafios globais, como os modos de produção agrícola, a segurança alimentar e a crise climática.

Para Tozoni-Reis (2007) a formação de sujeitos ambientalmente responsáveis, afetos com a transformação social, filosófico-político e teórico-metodológico pautados na educação ambiental crítica, é uma ação política intencional e que necessita de sistematização pedagógica e metodológica.

A educação ambiental crítica tem refletido a urgência de abordar questões ambientais em um contexto global marcado por crises ecológicas e climáticas. Este campo de estudo visa não apenas conscientizar os estudantes sobre problemas ambientais, mas também capacitá-los a participar ativamente na busca por soluções sustentáveis. Beyer e Uhmman (2023) destacam

a integração da educação ambiental com outras disciplinas científicas, argumentando que essa abordagem interdisciplinar é essencial para entender as complexas relações entre a sociedade e o ambiente natural.

Este enfoque pode promover a compreensão das implicações éticas e práticas das ações individuais e coletivas bem e das ações das políticas públicas no ambiente. Dessa forma, os professores podem introduzir conceitos que desafiem os alunos a pensar criticamente sobre a sustentabilidade e a ética ambiental. Fagundes (2022) exemplifica ao afirmar que por meio da utilização de temas geradores como a quitosana, um biopolímero derivado de fontes marinhas, para explorar as aplicações biotecnológicas e suas implicações ambientais. Essa abordagem não só desperta o interesse dos estudantes pela química, mas também pelos impactos ambientais de novas tecnologias e pela necessidade de práticas sustentáveis.

Dos Santos et al. (2022a) analisam a incorporação da educação ambiental crítica nos currículos como parte dos IF de Ciências da Natureza, demonstrando que essa inserção curricular é essencial para aprovisionar os alunos com uma visão integrada, holística e complexa que conecta o conhecimento científico com a responsabilidade social e ambiental. O currículo, portanto, deve incluir uma análise crítica das práticas atuais e seu impacto no meio ambiente e na sociedade, incentivando uma postura ativa e crítica por parte dos estudantes frente aos desafios ecológicos.

Nesse contexto, a inserção da educação ambiental crítica no EM é uma estratégia fundamental para formar cidadãos conscientes e responsáveis. O envolvimento ativo dos professores é essencial para garantir que o ensino de questões ambientais seja relevante, crítico e integrado a outras áreas de conhecimento. Por meio desta abordagem, os estudantes são não apenas informados, mas também motivados a agir de maneira ética e sustentável, tornando-se agentes de mudança em suas comunidades e no mundo.

Partindo da compreensão acima exposta, a emergência climática representa um dos desafios ambientais mais urgentes da contemporaneidade, exigindo uma abordagem integrada e multidisciplinar dentro do sistema educacional. Conforme indicado por Beyer e Uhmman (2023), a inserção de conteúdos relacionados à emergência climática nos currículos escolares é crucial para formar cidadãos conscientes e preparados para enfrentar e mitigar os impactos das mudanças climáticas. A educação, nesse sentido, serve como uma estratégia fundamental para munir os alunos com o conhecimento necessário para entender a complexidade dos fenômenos climáticos e suas repercussões sociais, econômicas e ambientais.

O papel do professor em educar acerca da emergência climática é essencial para garantir que os jovens não apenas compreendam a ciência por trás da crise climática, mas também se envolvam ativamente na sua mitigação, uma vez que essa perpassa, de forma decisiva, na mudança dos modelos de produção e consumo. Segundo Fernandes (2024), o envolvimento de estudantes em projetos que abordam temas como o uso e impacto dos herbicidas evidencia a necessidade de práticas agrícolas mais sustentáveis, conectando o conhecimento científico à ética ambiental. Essas atividades educativas incentivam os alunos a pensarem criticamente e a desenvolver soluções inovadoras que possam aliviar os impactos adversos no meio ambiente.

Fagundes (2022) demonstra como a educação ambiental crítica, por meio de temas como a quitosana, pode ser usada para explorar soluções biotecnológicas para problemas de sustentabilidade. Esta abordagem pedagógica não apenas aumenta a conscientização sobre os

problemas ambientais, mas também fomenta um senso de responsabilidade e capacidade de ação entre os estudantes para buscar soluções práticas e sustentáveis.

A integração do IF de Biotecnologia com a educação ambiental crítica constitui uma abordagem educativa inovadora que combina conhecimentos técnicos avançados com uma consciência ambiental profunda. Esta fusão, não apenas enriquece o currículo, mas também educa os estudantes quanto a aplicação de soluções biotecnológicas para enfrentar desafios ambientais urgentes, como a emergência climática.

Os avanços em Biotecnologia oferecem várias possibilidades para mitigar os efeitos adversos das mudanças climáticas. Segundo Da Silva e Silva (2023), o ensino de Biotecnologia nos livros didáticos de Ciências da Natureza aborda a engenharia genética e a bioprocessamento, que podem ser diretamente aplicados em estratégias de conservação ambiental e sustentabilidade. Uma aplicação prática eficaz é o desenvolvimento de experiências de biorremediação em sala de aula, no qual os alunos utilizam microrganismos para limpar poluentes. Fagundes (2022) descreve como a utilização de quitosana, derivada de fontes biológicas, demonstra a aplicação de biopolímeros na remoção de contaminantes, proporcionando uma experiência prática importante para os estudantes. Além disso, os biofiltros vivos servem como demonstrações práticas para purificar água e ar, enquanto os experimentos com bioplásticos biodegradáveis destacam alternativas sustentáveis ao uso de plásticos convencionais.

Assim, compreendo a importância do desenvolvimento da educação ambiental crítica na educação básica como elemento essencial e indispensável do processo de mitigação da emergência ambiental e ciente da organização da educação básica proposta no estado do Paraná a partir das atualizações da BNCC (2018) e do Referencial Curricular do EM (2022) o problema de pesquisa elaborado foi “como podemos, partindo do IF de Biotecnologia proposto para o Estado do Paraná, criar espaços de reflexão e atuação para a Educação Ambiental Crítica quanto a emergência climática?”.

Desta forma esta pesquisa objetivou a produção e aplicação de uma sequência didática (SD) investigativa, abarcando as proposições estaduais para o componente curricular de Biotecnologia (Biologia 1), de forma a promover a educação ambiental reflexiva acerca da emergência climática.

## **2 METODOLOGIA**

Esse trabalho é caracterizado como uma pesquisa qualitativa do tipo pesquisa-ação uma vez que é “realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo” (Thiollent 1985, p.14).

Assim, por meio do trabalho colaborativo entre 27 alunos do 2º ano do EM de um colégio estadual do estado do Paraná e a docente da disciplina de Biotecnologia (Biologia 1) foi organizado uma sequência didática que objetivou problematizar e explicitar a crise climática e suas implicações no cotidiano dos alunos.

A SD foi elaborada de acordo com os princípios norteadores de Zabala (1998, p.18) sendo esta estratégia de ensino e aprendizagem definida como “um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos”. Ainda, de



acordo com o mesmo autor, uma SD precisa contemplar conteúdos conceituais e factuais, procedimentais atitudinais, dessa forma a SD foi proposta permitindo a articulação da referida tipologia de conteúdo.

Para a coleta e análise de dados, foi utilizada a observação participante que resultou no diário de campo e aplicação de um questionário estruturado, bem como a análise de conteúdo (Bardin, 1977) a partir das produções realizadas pelos alunos no decorrer da SD.

### 3. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Para responder ao problema de pesquisa atingindo ao objetivo proposto foi necessária a organização da pesquisa em duas etapas: (1) construção da SD investigativa e (2) análise das produções dos alunos para a avaliação da SD.

#### 3.1 A organização da sequência didática investigativa

A SD proposta ocorreu ao longo do segundo e terceiro trimestre letivo, perfazendo uma intervenção que ocorreu ao longo de 3 meses (outubro, novembro e dezembro) no ano de 2023 sendo organizada em 3 fases de acordo com a organização de tipologia de conteúdos proposta por Zabala (1998).

A primeira fase foi dedicada a elucidação e problematização da crise climática e suas relações com a biotecnologia prevalecendo o trabalho investigativo com os conteúdos conceituais e factuais. A segunda fase propôs a construção e realização de uma pesquisa empírica aplicada a biotecnologia, na qual os alunos mobilizaram saberes procedimentais e a terceira etapa que objetivou a divulgação científica acerca das produções realizadas pelos alunos em prol da promoção da sensibilização social e mudanças de atitudes.

Na primeira etapa a docente realizou o levantamento dos conceitos prévios dos alunos bem como a problematização do conteúdo de forma a explicitar a problemática ambiental e suas relações com o componente curricular de Biotecnologia. Para tanto, foi realizada a aplicação de um questionário inicial sobre emergência climática e biotecnologia contendo as questões apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Questões aplicadas no questionário inicial

Questões
1. O que é Biotecnologia?
2. Como a biotecnologia influencia na vida das pessoas?
3. De acordo com seus conhecimentos, como você define mudanças climáticas?
4. O clima impacta na qualidade de vida das pessoas?
5. Quais evidências você consegue identificar para averiguar as mudanças climáticas?
6. A biotecnologia pode influenciar nesse cenário de mudanças climáticas?

Fonte: As autoras (2025).

Após a aplicação do questionário, foi realizada uma sequência de 8 aulas na qual foram analisadas e discutidas evidências científicas sobre o cenário de emergência climática atual tendo como base os índices apresentados no relatório de 2023 do Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC quanto a emissão de Gases do Efeito Estufa – GEE, no Relatório sobre o Estado Global do Clima, elaborado pela Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2024) e o Relatório No More Hot Air...Please publicado pela United Nations Environment Programme

(UNEP, 2024) que evidenciaram a intrínseca relação entre as mudanças climáticas e a emissão de GEE e suas relações com o modo de vida humano, tanto de produção quanto de consumo.

A partir dessa compreensão, a docente propôs a reflexão de como a biotecnologia pode contribuir para a mitigação da crise climática, uma vez que ficou evidente que a crise se deve principalmente pelo aumento da emissão de GEE. Dessa forma os alunos elencaram, a partir da biotecnologia das cores (Malosso e Barbosa, 2023), quais áreas dessa ciência são mais relevantes nessa discussão, identificando a biotecnologia verde (que trata dos sistemas agrícolas), amarela (destinada a produção alimentícia e ao controle nutricional) e azul (voltada aos ambientes marinhos), roxa (que abarca os processos éticos e legais da biotecnologia) e a biotecnologia laranja que trata dos aspectos educacionais e de divulgação científica quanto a essa área do conhecimento. Os conteúdos acerca das definições de biotecnologia e a biotecnologia das cores já havia sido trabalhado no 1º trimestre, dessa forma os alunos já era capazes de identificar as diferentes áreas da biotecnologia que poderiam auxiliar na compreensão e mitigação da crise climática.

Na primeira etapa foi possível promover, partindo dos conteúdos propostos para estudo da Trilha de Aprendizagem de Biotecnologia (biotecnologia das cores e Propagação vegetativa) e das discussões elencadas pela SD quanto a crise climática, a relação CTSA, articulando os conteúdos escolares do IF com a reflexão de como esses impactam na tecnologia, na sociedade e no ambiente sendo essa uma integração necessária para que a educação ambiental crítica possa ser integrada aos IF (Fernandes, 2024).

Na segunda etapa da pesquisa, partindo das construções e compreensões da primeira etapa e da necessidade, de acordo com as indicações da Trilha de Aprendizagem do IF de biotecnologia (Paraná, 2023) foi organizada e realizada uma pesquisa experimental acerca da propagação vegetativa de plantas de uso alimentar e medicinal em ambientes residenciais, como forma de incentivar a repensar nossa forma de produção e consumo frente a emergência ambiental atual.

Assim, os alunos realizaram a propagação vegetativa tanto na escola quanto em suas residências e de familiares, acompanhando o desenvolvimento das plantas escolhidas, sendo essas, o manjeriço, o alecrim, a salsinha, a cebolinha e a melissa. As variáveis analisadas pelos alunos foram o tempo de brotamento e o crescimento da planta (medição do tempo em dias e o crescimento em centímetros) e a variação de temperatura ao longo do dia (medição da temperatura em graus Celsius aferidos de manhã, a tarde e à noite). Além disso os alunos fotografaram as plantas ao longo dos meses de outubro, novembro e dezembro, como forma de registrar seu desenvolvimento frente as variáveis analisadas.

A proposta da segunda etapa atende a Trilha de aprendizagem de Biotecnologia, que está organizada de forma a promover o desenvolvimento de uma pesquisa experimental aplicada na qual os dados analisados sejam quantitativos e matemáticos, passíveis de serem analisados a partir da estatística simples, “[...] espera-se que os estudantes façam o experimento da técnica de Micropropagação in vitro de plantas analisando fatores físico-químicos, tendo como base o estudo da Botânica, descrevendo a metodologia do projeto” (Paraná, 2023).

É importante destacar que no primeiro trimestre do componente curricular de biotecnologia os conteúdos discutidos já trataram de escrita e estruturação de projeto de pesquisa tendo como base a propagação vegetativa, além do estudo da botânica envolvida na reprodução assexuada de plantas, o que promoveu a possibilidade de desenvolvimento do experimento na segunda etapa da SD.

Já na terceira etapa os alunos realizaram a escrita do relatório de pesquisa e produziram Banners de divulgação científica, utilizando o aplicativo Canva, para a veiculação nas redes sociais da escola, como forma de sensibilização da comunidade escolar quanto a emergência climática e como nosso modo de consumo e produção pode influenciar nessa realidade, relacionando com a possibilidade de cultivo residencial de alimentos e plantas medicinais, de forma orgânica e barata.

### 3.2 Aplicação e análise da sequência didática investigativa: limites e possibilidades

Inicialmente, apesar as discussões da disciplina ocorridas no primeiro trimestre os resultados do questionário mostraram que os alunos não tinham clareza da emergência ambiental atual com relação a crise climática e que não eram capazes de relacionar essa realidade com a biotecnologia, conforme os resultados apresentados no quadro 2.

Quadro 2 - Categorização das respostas dos questionários de análise de concepções prévias

Perguntas	Categorias	Nº	Exemplo
1	1.1 Tecnologia biológica	15	<i>"são tecnologias criadas dos conhecimentos da biologia, tipo os alimentos geneticamente modificados, buscando melhorar a vida das pessoas."</i>
	1.2 Aplicações da Biologia	6	<i>"é a biologia sendo utilizada na prática, em pesquisas que mudam a vida das pessoas."</i>
	1.3 Biologia da atualidade	6	<i>"é a ciência da biologia moderna, da atualidade e não as coisas da biologia do passado."</i>
2	2.1 Produção de Tecnologias	12	<i>"A biotecnologia produz tecnologias limpas, sustentáveis, que tenham a ver com o que é ambientalmente certo e correto para a humanidade".</i>
	2.2 Redução de custos	7	<i>"A biotecnologia buscar tornar as coisas da ciência biológicas acessíveis as pessoas de forma geral, como por exemplo os alimentos modificados que aumentam a produção e reduz os custos fazendo mais pessoas ter mais alimentos".</i>
	2.3 Por meio de produtos	8	<i>"Com as coisas que são produzidas através da ciência que ela tem, como as vacinas contra as doenças, como o caso da COVID e da Dengue, medicamentos super tecnológicos que evitam cirurgias e tratamentos longos, exames genéticos, terapia gênica, tudo que a sociedade pode utilizar."</i>
3	3.1 O clima mudar	9	<i>"Como o próprio nome diz é o clima mudar."</i>
	3.2 o aumento da temperatura	18	<i>"O aumento da temperatura do planeta"</i>
	3.3 Evento natural	1	<i>"Uma parte da geografia do planeta, igual as eras do gelo."</i>
4	4.1 Sim	27	<i>"O aumento da temperatura desproporcional ao que ocorre naquela época do ano ou local atrapalha a agricultura, gera as queimadas, ataca doenças respiratórias, torna o convívio desagradável e desconfortável e adoce as pessoas."</i>
5	5.1 O aumento da temperatura e sensação térmica	24	<i>"É perceptível o aumento a temperatura porque está mais quente, estamos em plena primavera e parece verão de tão quente, o ar está pesado."</i>
	5.2 Eventos climáticos	3	<i>"A ocorrência e eventos naturais extremos tem aumentado, como as queimadas, os furacões e tornados, porque a temperatura mundial média aumento esses eventos."</i>
6	6.1 Busca por soluções	21	<i>"A biotecnologia pode desenvolver tecnologias que venham da biologia para melhorar as que já existem e são malélicas criando sustentabilidade."</i>
	6.2 Energia Limpa	6	<i>"A biotecnologia pode buscar soluções para o porquê o clima está mais quente, porque a temperatura tem subido, o que precisa mudar e como mudar, como por exemplo a produção de energia limpa."</i>

Fonte: As autoras (2025).

Ao analisarmos as questões 1 e 2 é possível evidenciar que a compreensão dos alunos acerca da Biotecnologia e como essa impacta na vida das pessoas está correlacionada com os produtos diretos dessa ciência, como os organismos Geneticamente Modificados – OGM e tecnologias gerais tidas como ciência moderna. De acordo com Faleiro et al., (2011) a biotecnologia “é uma ciência que utiliza seres vivos ou parte deles para gerar produtos ou processos.” Apesar dessa ciência parecer atual, como compreendida por 6 alunos, segundo Schürle (2020) ela existe desde as civilizações antigas, podendo ser observada principalmente nas técnicas de produção de alimentos, como as bebidas fermentadas, pães, iogurtes e queijos. Com o advento da genética, da microbiologia e da biologia molecular a biotecnologia tem uma história recente extremamente relevante para a humanidade, configurando-se como um campo emergente da ciência (Arbrix, 2007).

No que tange as mudanças climáticas, a compreensão inicial dos alunos remonta de percepção de aumento da temperatura no seu dia a dia, principalmente quando a sensação térmica e os possíveis efeitos do aumento da temperatura média mundial, porém essa ideia se coloca como um aspecto perceptível do dia e não como um conjunto de alterações que integram um sistema em crise. Para além do aumento da temperatura, a crise climática impacta na perda da biodiversidade e extinção de espécies tanto em ambientes terrestres quanto oceânicos (IPBES, 2023); da perda de saúde aumentando a incidência de doenças, uma vez que a saúde humana está intrinsecamente relacionada com a saúde dos animais silvestres, o ciclo de vida de artrópodes e de vírus, como os Arbovírus (Heyd et al., 2020); no aumento do nível do mar e de ocorrência e erosões costeiras ocasionando a devastação das zonas costeiras e litorâneas (Cunha, 2023); alteração do bioma amazônico na desertificação de zonas florestais (Artaxo, 2019).

Para Artaxo (2020),

Nossa sociedade está simultaneamente convivendo com três emergências importantes: 1) a crise na saúde; 2) a crise de perda de biodiversidade; e 3) a crise climática [...] Entre os pontos comuns mais relevantes cita-se um modelo de desenvolvimento econômico que é orientado pelo maior lucro no menor espaço de tempo, não importando as consequências futuras. Outro ponto comum importante é que, nas três crises, em geral, governos vão contra as recomendações da ciência. A ciência coloca há mais de duas décadas que uma pandemia como a da Covid-19 poderia chegar e atingir nossa sociedade com pesados prejuízos socioeconômicos. A ciência também vem alertando para o risco das mudanças climáticas, desde muito antes da Conferência Rio-92, principalmente sobre os riscos que a perda da biodiversidade provoca em muitas áreas da vida no planeta. Existem milhares de vírus desconhecidos da ciência que ainda estão em equilíbrio na flora e fauna. Todavia, com a continuidade da perda das florestas tropicais por meio do desmatamento, é só questão de tempo para que um novo vírus migre da Amazônia para outras regiões, com prejuízos enormes, como os causados pelo Sars-CoV-2.

Nos últimos 250 anos, um novo elemento passou a compor uma importante variante quando clima: a ação antrópica. Com a utilização da queima de combustíveis fósseis, principalmente para a geração de energia e transporte, os GEE passaram a modificar a composição da atmosfera o que tem impactado de forma decisiva no clima. Portanto, é indispensável a compreensão das ações humanas na configuração da crise climática atual, suas consequências globais em todas as esferas e dimensões e principalmente quanto ao impacto dos modelos de consumo e produção e sua retroalimentação no agravamento ou mitigação da emergência climática.

Apesar de todos os alunos afirmarem que o clima impacta na vida das pessoas (questão 4), a compreensão inicial os coloca alheios as causas da crise climática, o que também pode os excluir dos processos de intervenção para a mitigação da crise, evidenciado na questão 6, na qual os alunos referem que cabe a tecnologia e a biotecnologia a busca por soluções para a crise climática, como a mudança nos processos de geração de energia (Dickstein e Barbardo, 2023).

O fato dos alunos associarem a necessidade de modificação das tecnologias na geração de energia – energia limpa – demonstra convergência com parte das discussões e acordos que estão sendo realizados na mitigação da crise climática, pois os desafios para reduzir a emissões de CO<sub>2</sub> (Monóxido de Carbono) e manter o aquecimento global máximo em 1,5 °C, estabelecido no Acordo de Paris (ONU, 2015), urge por amplas transformações sociais, das questões territoriais e de uso do solo, da produção de energia, de infraestrutura e de política industrial, porém não basta mudar a forma de gerar energia, é necessário gerenciar o uso dos recursos naturais, ou seja, é preciso diminuir a demanda por recursos (IPCC, 2014).

Partindo da compreensão acima apresentada, forem realizadas discussões e reflexões, a partir de documentos e relatórios atuais e de impacto mundial acerca da emergência climática, para que os alunos pudessem compreender a gênese da crise, os processos envolvidos nessa e os pontos de intervenção propostos, objetivando refletir como os conhecimentos construídos na área da biotecnologia podem se relacionar com essa realidade.

Assim, foram organizados 5 grupos de trabalho que tiveram como objetivo a condução de um experimento sobre propagação vegetativa de alimentos e plantas medicinais de forma a ampliar a discussão sobre nosso modo de produção e consumo.

Um dos primeiros resultados alcançados na segunda fase da SD foi exatamente a compreensão, por parte dos estudantes, do cenário ambiental atual e qual é o papel da espécie humana nele.

Reduzir as emissões rapidamente é absolutamente necessário, mas não suficiente, pois os gases do efeito estufa, ainda que em menor quantidade, continuarão se acumulando na atmosfera por longos períodos. Para frear de vez o aquecimento do planeta, segundo o IPCC, o mundo precisa se tornar “carbono neutro” por volta de 2050 (para estabilizar o aquecimento em 1,5°C) ou 2070 (para o limite de 2°C). Isso significa que todo o carbono lançado por atividades humanas na atmosfera precisa ser reabsorvido de alguma forma, seja por vias naturais ou tecnológicas. Para cada molécula de carbono que sobe, uma precisa descer. [...] Para isso vamos ter que construir uma nova sociedade, muito diferente da que temos hoje; muito mais sustentável e com muito mais igualdade econômica e social”, disse Artaxo — um dos 21 cientistas brasileiros que participaram diretamente da confecção do relatório (Escobar, 2022).

Os grupos de trabalho desenvolveram pesquisas empíricas com o processo de propagação vegetativa de 5 plantas diferentes, o alecrim, o manjericão, a salsinha, a hortelã e a melissa. Em cada trabalho os alunos pesquisaram acerca da reprodução assexuada de cada espécie e como iria ocorrer esse processo (quais etapas e em quanto tempo) e estabeleceram uma metodologia.

As estratégias utilizadas para a propagação vegetativa foram e estaquia a partir de plantas adultas e o brotamento de mudas na água para a posterior transferência em vaso. Partindo dessa organização, no mês de outubro as práticas foram realizadas na escola e cada grupo acompanhou o desenvolvimento de 4 amostras de plantas quanto ao tempo para o enraizamento, crescimento e temperatura do dia. As análises foram feitas durante todo o mês de outubro, novembro e primeira quinzena de dezembro.

Os dados foram organizados em quadros e discutidos nos relatórios de pesquisa, na qual os alunos relacionaram o processo de propagação vegetativa de alimentos e plantas medicinais de forma residencial e orgânica como uma possibilidade de sensibilização para a necessidade de mudanças nos padrões de consumo e produção diante da emergência climática.

No quadro 3 são apresentados alguns trechos dos relatórios de pesquisa oriundos da fase 1 e 2 da SD.

Quadro 3 - Excertos dos relatórios de pesquisa produzidos pelos alunos.

Relatórios	Excertos dos Relatórios
1. Alecrim	“Para muitas pessoas, a possibilidade de plantar e colher é irreal e até mesmo impossível. Em nossa equipe de trabalho nunca havíamos plantado nada, alguns nem tem acesso a terra e jardim em casa, pois residem em apartamentos. Partindo dessa realidade, buscamos organizar uma proposta metodológica que possa ser conduzida por qualquer pessoa disposta a mudar a sua forma de consumir, nem que sejam os temperos e chás, e repensar os processos que os produtos que compramos sofrem até chegar as nossas mãos.”
2. Manjeriçao	“em nossa conclusão destacamos que o manjeriçao sofreu inúmeras avarias ao longo do projeto de enraizamento e crescimento, pois vivenciamos dias muito quentes, com temperaturas de 38 graus Celsius, o que fez com que a planta “queimasse”. Se esta realidade ocorreu em pequenas mudas, podemos extrapolar para grandes produções agrícolas e perceber facilmente que nosso modo de vida está ameaçado pelas alterações climáticas atuais.”
3. Salsinha	“Não é possível deixar de perceber que o clima está mudando e se tornando mais quente e seco, entretanto quando observamos essas variáveis agindo sobre um ser em desenvolvimento, como as mudas de salsinha, fica evidente o quanto a crise climática e seu agravamento é perigoso.
4. Hortelã pimenta	“Existem várias formas de realizar a propagação vegetativa da hortelã, porém tínhamos como meta realizar da forma mais econômica e com máxima redução de custos possível, utilizando materiais domésticos e cotidianos, assim qualquer pessoa poderia reproduzir. Temos que repensar nossa forma de conceber o que comemos e como nossos alimentos e medicamentos são produzidos para que possamos ser capazes de reverter as condições climáticas atuais e futuras.”
5. Melissa	“Não podemos fechar os olhos diante de uma possibilidade real de extinções em massa, perda de biodiversidade e biomas, precisamos nos movimentar na busca por soluções. Pequenas ações podem não ser o suficiente, mas não fazer nada é inaceitável. Precisamos refletir que, pequenas ações são capazes de mudar a demanda de mercado, o que pode obrigar grandes corporações a também mudarem.”

Fonte: As autoras (2025).

Os segmentos dos textos acima apresentados demonstram que a compreensão dos alunos quanto a crise climática passou a considerar a ação antrópica, uma vez que a figura humana se tornou parte das possíveis soluções da crise, uma vez que o homem faz parte da gênese. Essa inclusão demonstra que as fases 1 e 2 da SD promoveram a construção de ideias e conceitos promotores da educação ambiental crítica.

[...] EA Crítica remete à compreensão do próprio homo sapiens, como ser sócio-histórico, capaz de agir na transformação da sociedade de consumo, através da criação de uma consciência crítica capaz de gerar novos conceitos e percepções acerca de atitudes sobre meio natural, social e político. É preciso identificar as causas da crise socioambiental e não apenas constatar os seus efeitos perceptíveis, as suas externalidades (Gomes, 2014, p.432).

Na terceira etapa da SD, que ocorreu no mês de dezembro – em concomitância o experimento – as equipes de trabalho elaboraram Banners de divulgação científica (figura 1) para serem veiculados nas redessociais da escola, com o objetivo de promover a reflexão acerca das ações humanas na crise climática e nas possibilidades que o cultivo de plantas em casa pode ter na sensibilização para as questões ambientais.

Por meio a análise dos banners é possível evidenciar a incorporação da ação antrópica na construção das ideias acerca da crise climática. Apesar da atividade experimental, em um primeiro momento, não estar diretamente relacionada com a emergência climática, pois se tratava de uma proposta obrigatória da Trilha de Aprendizagem do IF de Biotecnologia, foi possível desenvolver uma pesquisa que discutisse a propagação vegetativa a partir do viés da educação ambiental crítica, conduzindo a reflexões socioambientais para além dos conteúdos conceituais, factuais e procedimentais propostos.

Os alunos puderam perceber que a mudança de atitude frente a crise climática é uma necessidade e que cabe a cada cidadão, de forma coletiva e individual, repensar e manejar as decisões que nos conduziram ao estado de emergência ambiental atual.

O grande desafio socioambiental hoje é, portanto, romper com a ideia de um pensamento único e unidimensional, orientado rumo a um “progresso sem limites”, que vem reduzindo, sufocando e superexplorando a natureza. E para isso não basta se firmarem acordos e convenções, que depois de colocados em prática vão ser regidos por essa mesma racionalidade instrumental e econômica que hoje questionamos, mas sim ir legitimando outras formas de compreensão da vida e da complexidade do mundo e uma nova ética da práxis no mundo. (Leff, 2007, p. 9)

Figura 1 - Exemplos de banners criados pelos alunos para a sensibilização da comunidade escolar.



Fonte: As autoras (2025).

Apesar dos resultados positivos da SD proposta nesse projeto, muitas são as limitações da proposta pedagógica dos IF, travestidos de protagonismo juvenil, sendo imperativo a redução da carga horária dedicada a aprendizagem de conteúdos básicos do componente curricular de biologia, o que implica na dificuldade em compreender conteúdos procedimentais e mais complexos atrelados aos conhecimentos biotecnológicos, da pouca estrutura das escolas quanto a laboratórios e profissionais para a realização de pesquisas experimentais e do pouco tempo de hora atividade dos professores para orientar e acompanhar os alunos no desenvolvimento de pesquisas científicas, além da propostas engessada da Trilha de Aprendizagem de Biotecnologia (Paraná, 2023) que, de acordo com Macedo (2012), ao centra-se em conteúdos previamente fixados, como vindo sendo feito nas políticas curriculares,

concebe o processo de ensino e aprendizagem como algo externo ao aluno, gerando uma identidade, também pré-estabelecida, construída por meio de um projeto de ensino pré-fixado, ou seja alheio a realidade de cada escola e comunidade escolar.

Essa perspectiva torna ainda mais urgente a criação de oportunidades para que a educação ambiental se efetive nas escolas, principalmente frente a emergência climática. De acordo com Gomes (2014) a Educação Ambiental ainda luta por um lócus de práxis nos sistemas de ensino, emergindo como uma possibilidade legítima de mudanças nos processos de produção e consumo insustentáveis, posicionando-se como uma estratégia imprescindível e essencial para a adaptação e mitigação da crise climática e da emergência ambiental.

### **3 CONCLUSÃO**

O Novo EM e a organização curricular proposta no estado do Paraná para o ensino de Biologia, com ênfase nos IF de Biotecnologia, oferece inúmeros desafios e limitações, ainda assim, configura-se como uma oportunidade para a formação de cidadãos mais críticos e engajados com as questões ambientais contemporâneas, especialmente no contexto da emergência climática. No entanto, o que se observa é que a educação ambiental crítica, muitas vezes, aparece de forma secundária nos currículos, quando deveria ser um eixo central para a formação de um indivíduo capaz de lidar com os desafios ecológicos urgentes que enfrentamos.

Assim, a integração da educação ambiental crítica com os conteúdos de Biotecnologia nos IF do EM é uma estratégia importante para promover a reflexão e a ação frente aos problemas ambientais. A aplicação de estratégias pedagógicas que articulem o conhecimento científico com a responsabilização social e ambiental é fundamental para preparar os jovens para serem agentes de transformação em suas comunidades e no mundo.

Desta forma, a SD proposta nesta pesquisa, ao promover uma abordagem investigativa e reflexiva sobre a emergência climática, contribuiu para que os estudantes refletissem sobre a necessidade de repensar os modelos atuais de consumo e de produção e a importância da biotecnologia como ferramenta de mitigação de impactos ambientais e transformações sociais.

Inicialmente a análise da percepção dos alunos sobre a crise climática e sua relação com a biotecnologia evidenciava que os alunos não compreendiam a gravidade da emergência ambiental e não conseguiam correlacionar a crise climática com a biotecnologia. A compreensão sobre essa ciência estava restrita seu significado conceitual e suas dimensões (biotecnologia das cores), poucos sabiam sobre seu histórico e na humanidade. Quanto às mudanças climáticas, os alunos percebiam o aumento da temperatura, mas não entendiam a crise como um fenômeno mais amplo, que inclui a perda de biodiversidade, problemas de saúde, e o impacto nos ecossistemas.

Ademais foi abordada a ação humana no agravamento da crise climática, especialmente o uso de combustíveis fósseis. Embora os alunos reconhecessem a relação entre clima e saúde, viam a tecnologia e a biotecnologia como as principais responsáveis por soluções, como no desenvolvimento de energia limpa. Foi discutido que, para mitigar a crise climática, é necessário reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> e atingir a neutralidade de carbono.

O desenvolvimento da pesquisa experimental sobre a propagação vegetativa de plantas medicinais e alimentos, apesar de ser uma prática obrigatória, presente na Trilha de Aprendizagem (Paraná, 2023), como foi abordada a partir da SD investigativa performou como uma estratégia de ensino a aprendizagem para a discussão dos modelos de consumo e produção. As 5 pesquisas empíricas realizadas pelos alunos bem como os Banners produzidos



mostraram como a reprodução assexuada de plantas pode ser uma alternativa orgânica e local para sensibilizar a comunidade acerca da crise climática e os impactos de nossos padrões de consumo.

Logo, é imprescindível que o currículo escolar, principalmente no novo EM, incorpore a educação ambiental crítica de maneira mais efetiva, proporcionando aos alunos não apenas o conhecimento técnico, mas também a capacidade de questionar, refletir e atuar diante dos desafios que o mundo enfrenta.

### 3 Referências

ARBRIX, G. **Biotecnologia sem fronteiras**. *CEBRAP: Novos Estudos*, n. 78, 2007.

ARTAXO, P. **As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas**. *Estudos Avançados*, v. 34, n. 100, 2020.

ARTAXO, P. **Working together for Amazonia**. *Science*, v. 363, n. 6425, 2019.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70, 1977.

BEYER, E. C.; UHMANN, R. I. M. **Estudo da relação nas pesquisas do Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia – IBICT, livro didático de projetos integradores de ciências e documentos curriculares com foco na educação ambiental**. *Ensino & Pesquisa*, v. 21, n. 3, p. 159-174, 2023.

BRASIL. **Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017**. Altera as Leis nºs 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, e 11.494, de 20 de junho de 2007, que regulamenta o Fundo de Manutenção e Desenvolvimento da Educação Básica e de Valorização dos Profissionais da Educação, a Consolidação das Leis do Trabalho - CLT, aprovada pelo Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943, e o Decreto-Lei nº 236, de 28 de fevereiro de 1967; revoga a Lei nº 11.161, de 5 de agosto de 2005; e institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 17 fev. 2017.

BRASIL. **Ministério da Educação. Base nacional comum curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018a.

CASSIO, F.; GOULART, D. **A implementação do Novo Ensino Médio nos estados: das promessas da reforma ao ensino médio nem-nem**. *Revista Retratos da Escola*, Brasília, v. 16, n. 35, p. 285-293, mai./ago. 2022. Disponível em: <http://retratosdaescola.emnuvens.com.br/rde>. Acesso em: 31 jan. 2025

CUNHA, G. P. M. **Crise climática, mecanismos de reação, direito do mar e fronteira marítima no Brasil**. *Revista (RE)DEFINIÇÕES DAS FRONTEIRAS*, Foz do Iguaçu, v. 1, n. 3, p. 127-143, jun. 2023.

DA SILVA, C. E. A.; SILVA, M. de F. C. **Análise do conteúdo de biotecnologia em livros didáticos de Ciências da Natureza do novo Ensino Médio**. *Revista Multidisciplinar de Educação e Meio Ambiente*, p. 1-13, 2023.

DICKSTEIN, André Constant; BERNARDO, Vinícius Lameira (Org.). **Caderno de mudanças climáticas: fundamentos e estratégias para a adaptação**. Rio de Janeiro, RJ: MPRJ, IERBB, ABRAMPA, 2023. 73 f. ISBN 978-65-00-77689-8.

DOS SANTOS, D. S., et al. **O documento curricular referencial da Bahia: análise do Itinerário Formativo Ciências da Natureza para o Ensino Médio Integral**. *Communitas*, v. 6, n. 13, p. 80-95, 2022a.

ESCOBAR, H. **Emergência climática: soluções existem, mas é preciso agir agora. Emissões globais precisam cair 43% até 2030 para evitar aumento acima de 1,5 °C, segundo o IPCC**. Governo brasileiro divulgou meta menos ambiciosa do que a anterior. *Jornal da USP*, São Paulo, 2022. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/emergencia-climatica-solucoes-existem-mas-e-preciso-agir-agora/>. Acesso em: 31 jan. 2025

FAGUNDES, R. da C. **Do lixo à sustentabilidade: uma sequência didática para aprendizagem de química no ensino médio em diálogo com a educação ambiental crítica a partir do tema gerador quitosana**. Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2022.

FALEIRO, F. G.; ANDRADE, S. R. M. **Biotecnologia: estado da arte e aplicações na agropecuária**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2011.

FERNANDES, W. E. **Herbicidas no contexto CTSA para o novo ensino médio: uma proposta para itinerário formativo**. 2024.

GOMES, R. W. **Por uma educação ambiental crítica/emancipatória: dialogando com alunos de uma escola privada no Município de Rio Grande/RS**. *Ciência e Natura*, Santa Maria, v. 36, n. 3, 2014.

HEYD, T. **Covid-19 and climate change in the times of the Anthropocene**. *The Anthropocene Review*, p. 1-16, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1177/2053019620961799>. Acesso em: 31 jan. 2025.

INEP. **Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Censo escolar da educação básica de 2019 (Microdados)**. Brasília, DF: Inep, 2019. Disponível em: <www.inep.gov.br>. Acesso em: 31 jan. 2025.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. *Climate Change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-FrontMatterA\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-FrontMatterA_FINAL.pdf). Acesso em: 31 jan. 2025.

IPBES. **Global assessment report of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services**. Geneva, Switzerland, p. 35-115, 2023. doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647. Disponível em: <https://ipbes.net/>. Acesso em: 31 jan. 2025.

LEFF, E. *Discursos sustentáveis*. São Paulo: Cortez Editora, 2007.

MACEDO, E. **Currículo e conhecimento: aproximações entre educação e ensino**. *Cadernos de Pesquisa*, São Paulo, Fundação Carlos Chagas, v. 42, n. 147, p. 716-737, 2012. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cp/v42n147/04.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2025

MALOSSO, M. G; BARBOSA, E. P. **O estado da arte da cultura de tecidos vegetais e a importância econômica desta área da biotecnologia para o Brasil**. In: SOUZA, Antônio Francisco; DENDASCK, Carla Viana; DIAS, Cláudio Alberto Gellis de Mattos; VANZELER, Maria Luzineide Alves; NUNES, José Ribeiro da Silva; ABREU, Maico Danúbio Duarte; MALOSSO, Milena Gaion (Org.). *Ciências Biológicas, Exatas e da Terra: Atualização de área - 1º Semestre de 2023b*. 1. ed. São Paulo: Núcleo do Conhecimento, 2023.

ONU – ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Quadro sobre o clima**. Conferência das Partes Vigésima primeira sessão, Paris, 30 de novembro a 11 de dezembro de 2015. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-08/Acordo-de-Paris.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2025

PARANÁ. **Caderno de Itinerários Formativos do Novo Ensino Médio**. Trilha de Aprendizagem. Secretaria de Estado da Educação, p. 807-866, 2023. Disponível em: <https://acervodigital.educacao.pr.gov.br/pages/download.php?direct=1&noattach=true&ref=49298&ext=pdf&k=0bfe3ac84c>. Acesso em: 31 jan. 2025

PARANÁ. **Secretaria de Estado de Educação. Referencial curricular para o Ensino Médio (EM)**. Curitiba: SEED, 2022.

PARANÁ. **Secretaria do Estado de Educação. Referencial Curricular do Paraná: princípios, direitos e orientações**. Curitiba: SEED, 2018.

PEREIRA, L. B. C.; LITOLDO, B. F. **Caderno de Itinerários Formativos em Educação do Campo: diálogos com a Educação Matemática**. *Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática*, p. 1-15, 2024.

SCHÜRRLE, K. History, current state, and emerging applications of industrial biotechnology. *Advances in Biochemical Engineering/Biotechnology*, v. 173, p. 13-51, 2020.

SILVA, M. R. da; KRAWCZYK, N. R.; CALÇADA, G. E. C. **Juventudes, novo ensino médio e itinerários formativos: o que propõem os currículos das redes estaduais**. *Educação e Pesquisa*, v. 49, e271803, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202349271803por>. Acesso em: 31 jan. 2025

SILVA, S. do N. S.; LOUREIRO, C. F. B. **O sequestro da Educação Ambiental na BNCC (Educação Infantil - Ensino Fundamental): os temas Sustentabilidade/Sustentável a partir da Agenda 2030**. 2019, Disponível em: <http://abrapecnet.org.br/enpec/xii-enpec/anais/resumos/1/R0724-1.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2025

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. São Paulo: Cortez/Autores Associados, 1985.

TOZONI-REIS, M. F. C. **Contribuições para uma pedagogia crítica em educação ambiental: reflexões teóricas**. In: LOUREIRO, C. B. F. *A questão ambiental no pensamento crítico: natureza, trabalho e educação*. Rio de Janeiro: Quartet, 2007.

**UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP)**. Emissions gap report 2024: No more hot air ... please! With a massive gap between rhetoric and reality, countries draft new climate commitments. Nairobi, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/46404>. Acesso em: 31 jan. 2025.

**WMO – WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION**. Provisional state of the global climate 2023. 2023. Disponível em: <https://wmo.int/sites/default/files/2023-11/WMO%20Provisional%20State%20of%20the%20Global%20Climate%202023.pdf>. Acesso em: 31 jan. 2025.

ZABALA, A. **A prática educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

---

## DECLARAÇÕES

---

### CONTRIBUIÇÃO DE CADA AUTORA

Declaramos para os devidos fins que ambas as autoras do trabalho participaram da concepção e design do estudo, curadora de dados, análise formal, investigação e metodologia. A Redação, tanto inicial, crítica e final foi realizada pelas duas autoras, de forma colaborativa. O trabalho foi coordenado e supervisionado pela professora, Dra. Valéria Brumato Regina Fornazari.

---

### DECLARAÇÕES DE CONFLITO DE INTERESSE

---

Nós, Prof<sup>ª</sup>. Dra. Valéria Brumato Regina Fornazari e Prof<sup>ª</sup>. Ma. Daniele Araujo Canazart declaro(amos) que o manuscrito intitulado “**A educação ambiental escolar frente a emergência climática: o Itinerário Formativo de Biotecnologia como espaço de práxis**” Não possuímos vínculos financeiros que possam influenciar os resultados ou interpretação do trabalho, não possuímos relações profissionais que possam impactar na análise, interpretação ou apresentação dos resultados, bem como não identificamos nenhum conflitos de interesse pessoais relacionados ao conteúdo do manuscrito.