

## EDUCAÇÃO AMBIENTAL E BIOECONOMIA: POTENCIALIDADES PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

A bioeconomia emerge como um paradigma econômico estratégico para o século XXI, representando uma transição dos modelos industriais baseados em recursos fósseis para um sistema econômico sustentável fundamentado no uso inteligente de recursos biológicos renováveis. Este modelo integra a produção de bens e serviços mediante a utilização de biomassas de origem vegetal, animal e microbiana, aliando desenvolvimento econômico à preservação ambiental. Seu escopo abrange desde a produção de biocombustíveis, bioplásticos e bioquímicos até a valorização de produtos da biodiversidade, sempre pautada pelos princípios da inovação tecnológica e da sustentabilidade (Sobrinho *et.al*, 2024). O conceito opera em três dimensões interligadas: a substituição de insumos fósseis por alternativas biológicas renováveis; o desenvolvimento de processos produtivos de base biotecnológica; e a implementação de modelos circulares que maximizem o aproveitamento integral da biomassa. Essa abordagem possibilita não apenas a redução das emissões de carbono e a diminuição da pegada ecológica, mas também a geração de novos mercados baseados em vantagens comparativas naturais, particularmente em países megadiversos como o Brasil (Sobrinho *et.al*, 2024). A consolidação desse novo paradigma, contudo, é intrinsecamente dependente de uma sólida base educacional. A educação ambiental, em todos os níveis, constitui o pilar fundamental para capacitar profissionais, fomentar a pesquisa aplicada e engajar a sociedade nessa transição. É por meio da integração curricular de temas como biotecnologia, química verde, economia circular e princípios de sustentabilidade que se forma a força de trabalho especializada necessária para impulsionar a inovação no setor. Da educação básica, que pode inculcar uma cultura de valorização dos recursos biológicos, até a pós-graduação, responsável pela geração de conhecimento de ponta, o sistema educacional é o catalisador que viabilizará a plena realização da bioeconomia, transformando potencial natural em prosperidade sustentável e inclusiva. Desta forma, o presente artigo tem como problema de pesquisa: como a educação ambiental pode contribuir para a difusão e implementação da bioeconomia, preparando sociedades mais sustentáveis? O objetivo deste estudo é realizar uma análise crítica de iniciativas de educação ambiental e na relação entre os conteúdos curriculares e os conceitos fundamentais da bioeconomia. O estudo foi realizado a partir de uma abordagem qualitativa e bibliográfica, envolvendo como coleta de dados o mapeamento de experiências registradas em projetos educacionais realizados em diferentes regiões brasileiras, especialmente aqueles que conectam práticas pedagógicas à produção sustentável e à valorização dos recursos naturais. A seleção das fontes considerou documentos acadêmicos, relatórios institucionais e publicações que abordam a educação ambiental, bioeconomia e desenvolvimento sustentável. A análise foi conduzida com base na triangulação de informações e na articulação entre os conceitos teóricos da bioeconomia (como biotecnologia, economia circular e uso da biomassa) e práticas educativas observadas, buscando destacar os desafios e as possibilidades da inserção da bioeconomia nos currículos escolares. Esta abordagem permitiu compreender o potencial transformador da educação na consolidação de uma cultura socioambiental sustentável. Bioeconomia é definida como a “produção, utilização e conservação de recursos biológicos, incluindo conhecimentos relacionados, ciência, tecnologia e inovação, para fornecer informações, produtos, processos e serviços em todos os setores econômicos visando a uma economia sustentável” (*Global Bioeconomy Summit*, 2015). Ela envolve o uso de organismos vivos (plantas, animais, insetos, vírus, fungos e bactérias) para a

criação de novos produtos ou substituição de insumos não renováveis, destacando a biotecnologia como uma das bases da bioeconomia. A bioeconomia também está associada ao setor florestal e aos recursos naturais, buscando alternativas sustentáveis para o desenvolvimento econômico. O termo Bioeconomia surge no século XX, a partir do trabalho *Evolution by cooperation – A study in bio-economics*, do biólogo britânico Hermann Reinheimert. A partir de Reinheimert outros pesquisadores foram ampliando os conceitos e delineando a trajetória significativa da Bioeconomia no mundo (Barañano *et.al*, 2021). A evolução da bioeconomia, a partir de Sobrinho (*et.al*, 2024), pode ser entendida a partir de três vertentes principais: bioeconomia bioecológica que foca no modelo circular da economia, otimizando o uso de nutrientes e energia para minimizar insumos externos, preservando a integridade do ecossistema, combatendo a degradação do solo e desincentivando a monocultura; bioeconomia biotecnológica que enfatiza a ciência, tecnologia e inovação para substituir insumos e criar novos processos e produtos, destacando a "revolução industrial biológica" que propõe a substituição de processos produtivos tradicionais por biotecnológicos e a bioeconomia baseada em biorrecursos – que centra-se no uso, aproveitamento e gestão de recursos naturais e bioativos da natureza, incluindo conhecimentos tradicionais, para criar cadeias de valor sustentáveis. A bioeconomia tem raízes na economia ecológica, com autores como Georgescu-Roegen (1971), que defendem um modelo econômico mais centrado na natureza e numa visão holística da relação sociedade-meio ambiente, desta forma, pode-se destacar que a bioeconomia evoluiu de uma visão sociocrítica e ecológica para incorporar avanços tecnológicos e biotecnológicos, buscando um desenvolvimento sustentável que integra economia, sociedade e meio ambiente (Sobrinho *et. al*, 2024). No cerne da bioeconomia está o aproveitamento inteligente da biomassa - toda matéria orgânica de origem vegetal, animal ou microbiana. Isso inclui desde cultivos agrícolas e florestais até resíduos orgânicos que seriam descartados. A grande inovação está em transformar esses recursos biológicos em produtos de valor agregado, como biocombustíveis, bioplásticos, fármacos, fibras têxteis e uma infinidade de outros materiais que tradicionalmente dependem do petróleo. Essa transição não apenas reduz a pegada ecológica dos processos industriais, mas também abre novas fronteiras para a ciência e a tecnologia. Um dos exemplos mais conhecidos é a produção de biocombustíveis, como o etanol derivado da cana-de-açúcar ou o biodiesel produzido a partir de óleos vegetais. Essas alternativas energéticas representam um passo importante na descarbonização do setor de transportes. Na área de materiais, os bioplásticos feitos de milho, cana ou mandioca começam a competir com os plásticos convencionais, oferecendo a vantagem de serem biodegradáveis. A agricultura também se beneficia desse modelo, com técnicas como o uso de biofertilizantes e o controle biológico de pragas, que reduzem a dependência de insumos químicos. Além dos aspectos tecnológicos, a bioeconomia introduz uma nova lógica nos processos produtivos: a economia circular. Nesse sistema, os resíduos de uma atividade tornam-se matéria-prima para outra, criando ciclos virtuosos de aproveitamento. Um exemplo é o uso de palha de cana para gerar energia ou transformar restos de madeira em produtos de alto valor. Essa abordagem não só minimiza o desperdício como também gera novas cadeias de negócios e oportunidades econômicas. Diante de todos esses feitos, que perpassam a bioeconomia, é necessário reforçar que ela precisa ser pensada e desenvolvida para os princípios do desenvolvimento sustentável e ambiental (Mejias, 2019). O Brasil possui características únicas para se tornar uma potência em bioeconomia. Com sua vasta biodiversidade, especialmente na Amazônia, e um setor agroindustrial desenvolvido, o país pode liderar a produção sustentável de bioprodutos em escala global. Programas como o RenovaBio, que é a Política Nacional de Biocombustíveis do Brasil, estabelecida pela Lei nº 13.576/2017, com o objetivo de

expandir a produção e o uso de biocombustíveis, contribuindo para a redução de emissões de gases de efeito estufa e a segurança energética. No entanto, é crucial equilibrar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental, evitando que a expansão de cultivos para fins industriais avance sobre biomas sensíveis ou comprometa a segurança alimentar (Mejias, 2019). Apesar de seu potencial, a bioeconomia enfrenta desafios significativos. Um deles é a necessidade de investimentos em pesquisa e infraestrutura para viabilizar tecnologias emergentes em larga escala. Outro ponto crítico é garantir que os benefícios desse novo modelo sejam distribuídos de forma justa, incluindo pequenos agricultores e comunidades tradicionais. Além disso, de acordo com Mejias (2019) é essencial estabelecer políticas públicas e marcos regulatórios que incentivem práticas sustentáveis sem criar distorções de mercado. A bioeconomia representa muito mais que um conjunto de tecnologias verdes: é uma visão de futuro que reconcilia progresso econômico com os limites ecológicos do planeta. Este estudo foi construído a partir de uma abordagem qualitativa e bibliográfica, com foco na análise crítica de iniciativas educacionais voltadas para a sustentabilidade e para a integração dos princípios da bioeconomia ao ambiente escolar. A pesquisa concentrou-se em identificar estratégias pedagógicas que promovem não apenas a conscientização ambiental, mas também a aplicação prática da bioeconomia no contexto educacional. A coleta de dados envolveu o mapeamento de experiências registradas em projetos educacionais realizados em diferentes regiões brasileiras, especialmente aqueles que conectam práticas pedagógicas à produção sustentável e à valorização dos recursos naturais. A seleção das fontes considerou documentos acadêmicos, relatórios institucionais e publicações que abordam a educação ambiental, bioeconomia e desenvolvimento sustentável. A análise foi conduzida com base na triangulação de informações e na articulação entre os conceitos teóricos da bioeconomia (como biotecnologia, economia circular e uso da biomassa) e práticas educativas observadas, buscando destacar os desafios e as possibilidades da inserção da bioeconomia nos currículos escolares. Esta abordagem permitiu compreender o potencial transformador da educação na consolidação de uma cultura socioambiental sustentável. Em um mundo que enfrenta crises ambientais sem precedentes, a transição para a bioeconomia surge não apenas como uma alternativa econômica, mas como uma necessidade urgente. E nessa transformação, a educação ambiental se revela a força motriz capaz de converter princípios teóricos em realidade prática. A Educação Ambiental é um processo contínuo que busca construir valores, conhecimentos, habilidades e atitudes para a conservação do meio ambiente, visando a qualidade de vida e a sustentabilidade. Ela promove a compreensão das interconexões entre seres humanos, suas culturas e o ambiente biofísico, incentivando uma visão holística e participativa na busca por soluções para os problemas ambientais. Marcatto (2002) caracteriza a Educação Ambiental como um processo de formação dinâmico, permanente e participativo, no qual as pessoas envolvidas passem a ser agentes transformadores, participando ativamente da busca de alternativas para a redução de impactos ambientais e para o controle social do uso dos recursos naturais. Mais do que transmitir informações, o processo educacional precisa ser mediado para que desta forma possa cultivar novas mentalidades, formar profissionais qualificados e, acima de tudo, construir pontes entre o conhecimento científico e as necessidades concretas da sociedade (Gadotti, 2000). A integração entre educação escolar e bioeconomia representa uma poderosa estratégia para preparar as novas gerações frente aos desafios socioambientais do século XXI. Desde os primeiros anos escolares, é possível semear os conceitos da bioeconomia de forma criativa e contextualizada. É possível que crianças aprendam sobre ciclos naturais não apenas através de livros, mas manipulando composteiras na escola, observando como restos de merenda se transformam em adubo para a horta comunitária, adolescentes podem debater

em aulas de geografia como sua região pode aproveitar resíduos agrícolas para gerar energia limpa, enquanto nas aulas de matemática calculam a redução da pegada de carbono quando substituímos plásticos convencionais por bioplásticos. Essa abordagem interdisciplinar faz com que a bioeconomia deixe de ser um tema abstrato para se tornar uma lente através da qual os alunos enxergam e interpretam o mundo ao seu redor (Fernandes; Miranda, 2021). A bioeconomia não é apenas uma mudança tecnológica, mas cultural. E essa transformação começa com uma educação que seja ao mesmo tempo crítica e prática, local e global, tradicional e inovadora. Uma educação que não apenas prepara para o futuro, mas ajuda a construí-lo - um futuro onde economia e ecologia não são rivais, mas parceiras na criação de sociedades verdadeiramente sustentáveis. Porém, as relações entre educação ambiental e bioeconomia ainda passam por processos de desafios, a própria pesquisa realizada reforça a falta de produções científicas sobre essas relações. Dentre os desafios principais e as possibilidades de superação desses desafios, pode-se destacar, a partir do que foi observado no mapeamento de estratégias pedagógicas, os seguintes elementos:

**Tabela 1:** desafios e possibilidades

Currículo fragmentado	Integrar a bioeconomia em projetos interdisciplinares
Falta de formação docente sobre o tema	Parcerias com universidades
Infraestrutura limitada	Buscar financiamento via editais públicos ou parcerias com ONGs e empresas verdes
Baixo engajamento	Criar projetos práticos (hortas escolares, reciclagem) que envolvam alunos e comunidade

**Fonte:** Organizado pelos autores.

Durante a pesquisa bibliográfica para identificar estratégias pedagógicas significativas que apresentassem a relação da educação ambiental com a bioeconomia, foi possível elencar as seguintes:

**Tabela 2:** Estratégias pedagógicas desenvolvidas registradas

Sustentabilidade e bioeconomia com os estudantes do projeto Avanço do Jovem da Aprendizagem em MS - Escola Estadual Santos Dumont (Costa Rica), E.E Professora Cleuza Teodoro (Pedro Gomes) e estudantes do 3º ano do Ensino Médio da Escola Estadual Comandante Maurício Coutinho Dutra (Sonora).	Produção de Sabão  Objetivou soluções sustentáveis para resolver problemas ambientais e ainda praticar a bioeconomia, gerando um produto capaz de auxiliar no orçamento doméstico ou mesmo gerar renda para a comunidade.	2019
--	---	------

Formação em sustentabilidade para professores de escolas públicas do Amazonas.	Em iniciativa da Fundação Amazônia Sustentável, com apoio do BNDES, 1588 profissionais da educação básica do Amazonas receberam treinamentos em sustentabilidade e bioeconomia ajustados ao contexto da região.	<b>022</b>
Projetos de bioeconomia e sustentabilidade do Centro Educacional Agrourbano Ipê do Riacho fundo II, no Distrito Federal.	Exposição permanente de tecnologias sustentáveis.	<b>022</b>
Oficinas de Bioeconomia ofertada pelo Projeto Semeando Água, para estudantes da educação básica de Nazaré Paulista (SP).	Oficina de “Meliponicultura: criação de abelhas nativas” Oficina de “Xilogravura”.	<b>023</b>
Formação pedagógica com professores da Escola Municipal Infantil Sonho Feliz.	Palestra intitulada “Ciência e Tecnologia no Campo da Bioeconomia: Produção de Alimentos, Educação Ambiental e Desenvolvimento sustentável” ministrada por um professor da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.	<b>023</b>
Projeto "Compreendendo a Bioeconomia - Uma Nova Abordagem Metodológica para Escolas de Ensino Fundamental I e II", realizado em escolas da rede pública de ensino em Manaus e no município de Rio Preto da Eva, no Amazonas.	Foram realizadas palestras interativas sobre bioeconomia e uso sustentável dos recursos naturais, proporcionando aos alunos uma oportunidade de aprendizado prático e lúdico. As atividades incluíram dinâmicas de grupo, metodologias de gamificação, sala de aula invertida, visitas técnicas e a elaboração de produtos educativos.  O projeto objetivou otimizar o aprendizado de crianças e adolescentes do ensino fundamental, integrando conceitos de bioeconomia às disciplinas de Matemática, Geografia e Ciências, por meio de uma abordagem interdisciplinar.	<b>024</b>

**Fonte:** Organizado pelos autores.

Ao investir nessa educação transformadora, estamos plantando as sementes de um novo paradigma civilizatório. Sementes que, se bem cultivadas, podem florescer em uma economia que não extrai valor da natureza, mas coevolui com ela - gerando prosperidade

sem esgotar os recursos das próximas gerações. A análise dos dados e da literatura evidencia que a integração entre educação ambiental e bioeconomia é uma estratégia viável e necessária para a promoção do desenvolvimento sustentável. Os benefícios identificados incluem o fortalecimento do pensamento crítico, a redução do impacto ambiental e a inovação nos processos produtivos. No entanto, a implementação efetiva dessas estratégias enfrenta desafios significativos. Entre os principais entraves, pode-se citar: a falta de recursos para a formação dos professores na área, a necessidade de atualização constante dos currículos, as divergências políticas que dificultam a implementação de políticas públicas efetivas, a falta de incentivo para realizar a divulgação científica dos trabalhos que as escolas realizam e falta de infraestrutura adequada. É relevante enfatizar que a superação desses desafios depende não apenas do comprometimento do setor educacional, mas também da articulação entre diferentes segmentos da sociedade, incluindo governo, iniciativa privada e organizações não-governamentais. Assim, a proposta de integrar a bioeconomia no ambiente escolar deve ser acompanhada de políticas de suporte que contemplem a formação continuada de educadores e a revisão periódica dos conteúdos curriculares. Outra questão de destaque diz respeito à necessidade de adaptações regionais. Estudos realizados na Amazônia, por exemplo, sugerem que a aplicação de estratégias bioeconômicas deve considerar as especificidades culturais e ambientais de cada localidade, o que reforça a importância de uma abordagem descentralizada e adaptativa.

## Referências

- BARAÑANO, Leire; GARBISU, Naroa; ALKORTA, Itziar; ARAUJO, Andrés; GARBISU, Carlos. **Contextualização do Conceito de Bioeconomia através de suas Ligações com Conceitos Relacionados e os Desafios que a Humanidade Enfrenta.** Sustainability 2021, 13, 7746. <https://doi.org/10.3390/su13147746>.
- FERNANDES, Karine de Oliveira Bloomfield; MIRANDA, Gisele dos Santos. **A ‘Bioeconomia’ em jogo: desenvolvendo estratégias didáticas para o debate de temas do presente no Ensino de Ciências.** Área Temática 02 Formação de Professores de Ciências e Biologia 10.46943/VIII.ENEBIO.2021.01.060.
- GADOTTI, Moacir. **Perspectivas atuais da educação.** Porto Alegre, Ed. Artes Médicas, 2000.
- GLOBAL BIOECONOMY SUMMIT. **Communiqué Global Bioeconomy Summit 2015: Making bioeconomy work for sustainable development,** Berlin Birch, 2015. [https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2021/10/Communique\\_final\\_neu.pdf](https://gbs2020.net/wp-content/uploads/2021/10/Communique_final_neu.pdf).
- MARCATTO, Celso. **Educação ambiental: conceitos e princípios.** Belo Horizonte: FEAM, 2002.
- MEJIAS, Rafael Gouveia. **Bioeconomia e suas aplicações.** R. ÎANDÉ Ciências e Humanidades. São Bernardo do Campo, v. 2, n. 3, p. 105-121, jul/2019.
- SOBRINHO, Mário Vasconcellos; PAES-DE-SOUZA, Mariluce; VASCONCELLOS, Ana Maria de Albuquerque; SERRANO, Irma García; MORAN, Emilio F. **Bioeconomia e Negócios Inovadores e Sustentáveis no Contexto da Gestão de Recursos Naturais e Enfrentamento às Mudanças Climáticas na Amazônia.** Revista de Administração Contemporânea, 28(6), e240378. <https://doi.org/10.1590/1982-7849rac2024240378>.