

DA TEORIA À PRÁTICA: UMA ATIVIDADE EDUCATIVA SOBRE
DESCARBONIZAÇÃO E SUSTENTABILIDADE*From Theory to Practice: An Educational Activity on Decarbonization and Sustainability*João Pedro Mardegan Ribeiro¹**Resumo**

Os problemas ambientais, intensificados sobretudo pelas emissões de carbono decorrentes das atividades humanas, evidenciam a urgência de mudanças estruturais na sociedade. Neste contexto, a descarbonização, compreendida como a redução das emissões de gases de efeito estufa por meio de tecnologias limpas, transição energética e mudanças comportamentais, é uma estratégia essencial na busca pela construção de uma sociedade mais justa e equilibrada. Assim, este estudo analisou a compreensão de estudantes de uma escola pública sobre o tema a partir de uma intervenção pedagógica que culminou na produção de redações para a Olimpíada de Química de São Paulo, cujo eixo era a busca por soluções sustentáveis frente à crise climática. Os resultados apontaram que a inserção da temática no ambiente escolar, por meio da escrita argumentativa, favoreceu o aprofundamento nos conhecimentos científicos, bem como a reflexão crítica acerca da emergência climática. Assim, conclui-se que as práticas interdisciplinares e os espaços dialógicos na escola são fundamentais para o desenvolvimento de uma consciência ambiental cidadã e engajada.

Abstract

Environmental problems, exacerbated primarily by carbon emissions from human activities, highlight the urgency of structural changes in society. In this context, decarbonization, understood as the reduction of greenhouse gas emissions through clean technologies, energy transition, and behavioral changes, is an essential strategy in the quest to build a more just and balanced society. Thus, this study analyzed the understanding of public school students on the topic based on a pedagogical intervention that culminated in the production of essays for the São Paulo Chemistry Olympiad, whose focus was the search for sustainable solutions to the climate crisis. The results indicated that introducing the topic into the school environment, through argumentative writing, fostered the deepening of scientific knowledge, as well as critical reflection on the climate emergency. Thus, it is concluded that interdisciplinary practices and dialogic spaces in schools are fundamental to developing civic and engaged environmental awareness.

Palavras Chaves:

Descarbonização;
Redação científica;
Sustentabilidade.

Keywords:

Decarbonization; Scientific
writing; Sustainability.

¹Graduado em Licenciatura em Ciências Exatas, com habilitação em Física (2020), Química (2021) e Matemática (2022) pela Universidade de São Paulo (USP). Graduado em Pedagogia (2024) pelo Centro Universitário Cidade Verde. Mestre em Ensino de Ciências e Matemática (2024) pela Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Doutorando em Educação para a Ciência pela Universidade Estadual Paulista (UNESP). Especialista em Educação Ambiental, Educação Especial, Neuroaprendizagem e Gestão Educacional (Famart). Local de trabalho: Atualmente é Coordenador de Gestão Pedagógica Geral (CGPG) pela Secretaria da Educação do Estado de São Paulo (SEDUC/SP). Email: jpedromardegan@gmail.com

1.INTRODUÇÃO

As questões ambientais têm ocupado espaço crescente nas discussões públicas, reflexo do aumento e da recorrência dos problemas socioambientais que afetam diversas regiões do planeta. No entanto, apesar da ampliação do debate, uma parcela significativa da população ainda desconhece os impactos concretos dessas problemáticas em sua vida cotidiana. Observa-se que a percepção sobre a gravidade dos eventos ambientais muitas vezes ocorre apenas quando seus efeitos se manifestam de forma direta, seja por meio de eventos extremos vivenciados pessoalmente, seja quando atingem familiares ou comunidades próximas. Tal cenário evidencia a necessidade de ações educativas que promovam a conscientização crítica e ampliem o entendimento da população sobre a interdependência entre sociedade e meio ambiente.

Sobre isso, segundo evidenciam Rizzotto, Costa e Lobato (2024), ainda há, por parte da sociedade e agentes políticos, negacionismo climático, que desconsidera alertas, pesquisas e posicionamentos dos cientistas sobre a urgência das pautas ambientais, não admitindo que os eventos extremos têm acontecido com muita frequência e com altas intensidades, como consequência do aquecimento global, causado por ações antropogênicas. Ainda, os autores citam o caso do Rio Grande do Sul que, em 2023, sofreu com uma forte enchente; contudo, em 2024 ocorreu a maior enchente no estado, resultando em inúmeros impactos ao meio ambiente e a toda a sociedade civil.

Assim, há de ser necessário um enfrentamento às mudanças climáticas, por intermédio da mitigação do desmatamento e da redução das emissões de dióxido de carbono. Isso deve ser feito principalmente por meio da diminuição do uso de combustíveis fósseis. Além disso, é necessária uma reavaliação dos modelos de urbanização e estratégias de proteção às populações, sobretudo as mais vulneráveis, tanto as que vivem em contextos urbanos quanto rurais.

A importância da criação de estratégias em proteção às populações mais vulneráveis é discutida por Artaxo (2020), uma vez que, para o pesquisador, os efeitos resultantes das mudanças climáticas globais têm afetado a saúde da população, sobretudo as mais vulneráveis, já que possuem menores condições de cobertura à saúde universal, à qualidade da governança socioambiental, bem como à efetividade das políticas públicas e às orientações em relação ao modelo de desenvolvimento nacional. Além de que, conforme indica o pesquisador, no Brasil, devido ao clima tropical, quando associado às alterações ecossistêmicas, possibilita criar um ambiente mais propício à proliferação de doenças.

Artaxo (2020) também discute que uma das formas de enfrentamento a tais problemáticas é pela redução das emissões de gases de efeito estufa. Para ele, no cenário atual, no qual há uma dependência de combustíveis fósseis e ausência de estratégias efetivas de adaptação às mudanças climáticas, resulta em um colapso progressivo dos sistemas naturais de suporte à vida, resultando em impactos adversos para a sociedade.

Ainda, é notório destacar que a emissão de carbono, principalmente na forma de dióxido de carbono (CO₂), tem sido responsável por uma série de problemas ambientais, muitos deles com efeitos globais e de longo prazo. Assim, é evidente que se faz necessário desenvolver ações que formem a sociedade para atuar no sentido de reverter tal cenário. Sobre isso, Almeida e Nogueira (2024) evidenciam que, por meio do diálogo sobre as questões socioambientais, é possível ampliar a compreensão da sociedade sobre a ciência do clima e suas implicações sociais e ambientais, bem como desenvolver capacidades individuais e coletivas com o objetivo de criar ações efetivas de enfrentamento às mudanças climáticas. Um dos espaços formativos mais ricos para que se ocorra um trabalho efetivo é na escola, instituição que tem espaços que potencializam o diálogo e a prática de ações em prol do meio ambiente e da qualidade de vida da população.

Deste modo, há de ser necessário, pelas escolas, que são instituições formativas, auxiliar os jovens, e a sociedade como um todo, na busca por reverter e transformar este cenário, já que os efeitos têm

cada vez mais se tornado catastróficos. A escola tem um papel estratégico e fundamental, pois ela atua como um espaço privilegiado de formação de consciência crítica, de construção de valores sustentáveis e de promoção de práticas transformadoras. Logo, é evidente que esta pode ser um dos pilares na formação de jovens que mudam e transformam o contexto ao qual o planeta vem passando. Ou seja, a descarbonização tem que ser pauta nos ambientais formativos e nos órgãos públicos, já que é um tema emergente que precisa de soluções.

Diante desse cenário, o objetivo deste artigo é relatar uma pesquisa realizada em um contexto real de ensino, desenvolvida em uma escola da rede básica, na qual foram promovidas discussões sobre o processo de descarbonização. A proposta buscou não apenas disseminar conhecimentos científicos, mas também estimular a reflexão crítica e conscientização ambiental entre os estudantes. A atividade culminou na produção de redações sobre a temática, com foco na participação na Olimpíada Regional de Química de São Paulo. Por meio dessa abordagem, procurou-se incentivar os jovens a compreenderem os impactos das ações humanas sobre o clima, reconhecendo a urgência de práticas sustentáveis e engajando-os como protagonistas na construção de uma sociedade mais responsável e ambientalmente consciente.

2. O PROCESSO DE DESCARBONIZAÇÃO

No contexto do aquecimento global e das mudanças climáticas, destaca-se o dióxido de carbono (CO_2) como um dos principais gases de efeito estufa. A emissão em larga escala desse gás, sobretudo por atividades humanas como a queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural) e o desmatamento, tem intensificado significativamente o efeito estufa. Essa intensificação provoca o aumento da temperatura média global, o derretimento de calotas polares e geleiras, a elevação do nível dos oceanos, além de alterações nos padrões de precipitação, como secas prolongadas e enchentes recorrentes. Também se observa uma maior frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como furacões, ondas de calor e tempestades severas.

Diante desse cenário, torna-se urgente a adoção de estratégias de descarbonização. A descarbonização refere-se ao processo de redução ou eliminação das emissões de CO_2 provenientes de atividades humanas, sendo um dos pilares no combate ao aquecimento global. Além disso, segundo Vaccani (2023), pesquisadores como Michael Mann, climatologista atuante na Universidade Estadual da Pensilvânia, destacam que o processo de descarbonização se configura como uma estratégia que visa mitigar as mudanças climáticas, por meio da diminuição das emissões de carbono, principalmente na forma de dióxido de carbono (CO_2), já que este é, de fato, um dos gases que mais afeta as alterações no clima e contribui para o aquecimento global.

Ainda, segundo o pesquisador, o processo de descarbonização é uma medida extremamente importante, isso porque, conforme indica a Organização das Nações Unidas (ONU), caso não se tenha uma redução drástica das emissões de CO_2 na atmosfera, no final deste século, haverá um aumento de 3°C na temperatura média do planeta, resultando em catástrofes ambientais e civilizatórias.

Sobre isso, Jha *et al.* (2024) afirmam que, na COP21, realizada em Paris, na França, houve a elaboração de uma meta ambiciosa pelos países, que é a de manter o aumento da temperatura média global abaixo dos 2°C em relação aos níveis pré-industriais, e promover a transição para uma economia de baixo carbono. Isso porque as emissões de dióxido de carbono têm resultado em drásticas alterações no clima, afetando a qualidade de vida da população, os fenômenos ambientais – chuvas intensas e enchentes, secas prolongadas e escassez hídrica, ciclones, furacões e tornados mais fortes e destrutivos, aumento dos incêndios florestais, dificuldade das plantas e animais em se adaptar, insegurança alimentar, aumento de doenças e até mesmo morte, por dificuldade em enfrentar o calor excessivo ou o frio.

Ainda, de acordo com Levin e Lebling (2019), observa-se que, mesmo diante do intenso debate inter-

nacional acerca da necessidade da redução das emissões de gases de efeito estufa, os índices globais anuais apresentaram um aumento expressivo de aproximadamente 41% desde 1990, mantendo, inclusive, uma tendência contínua de crescimento. Diante disso, tal cenário revela não apenas a insuficiência das medidas de mitigação adotadas até o presente momento, mas também a complexidade inerente à governança climática global. Ressalta-se, ainda, que as emissões de dióxido de carbono (CO₂), principal gás associado ao aquecimento global, têm alcançado sucessivos recordes históricos, o que reforça a urgência da implementação de políticas mais eficientes, bem como transformações estruturais nos modelos de desenvolvimento econômico vigentes.

Ge, Friedrich e Vigna (2020) destacam que, no cenário internacional, 10 países juntos, até 2016, eram responsáveis por 68% de todas as emissões de gases de efeito estufa, sendo estes: China, Estados Unidos, União Europeia, Índia, Rússia, Japão, Brasil, Indonésia, Irã e Coreia do Sul. O Brasil, neste ranking, é o sétimo país que mais emite gases de efeito estufa, e, conforme indicam os dados apresentados, a maior das emissões é proveniente da agricultura. Ainda, os dados evidenciam que os seis países que mais emitem gases poluentes têm isso decorrente do setor energético.

Em relação à emissão de gases de efeito estufa no setor energético, os pesquisadores supracitados ainda destacam que a utilização dos transportes rodoviários e o uso de energia nos edifícios residenciais e comerciais, mesmo que não de forma aparente, também têm contribuído para a emissão dos gases, já que resultam no uso energético gerado via poluentes. Em complemento, os autores ainda destacam que, no setor energético, desde 1990, houve um crescimento substancial na emissão de gases poluentes, em destaque para um crescimento de 174% das emissões provenientes dos processos industriais, 71% nos transportes e 55% na fabricação e construção.

Mas, segundo Kabyanga *et al.* (2018), mesmo com políticas de descarbonização, ainda há países com dificuldades, em relação ao setor energético, em realizar tal dinâmica; nações desenvolvidas têm alcançado avanços notáveis na descarbonização de seus sistemas energéticos, impulsionados, principalmente, pela ampliação no uso de fontes renováveis e também pela implementação de políticas mais eficazes de eficiência energética; nações em desenvolvimento ainda dependem fortemente dos combustíveis fósseis, bem como fontes tradicionais e altamente poluentes, limitando o ritmo de transição para matrizes energéticas mais limpas.

Além disso, dados da Agência Internacional de Energia (2023) evidenciam que o setor energético apresenta três quartos do total das emissões mundiais de gases de efeito estufa, portanto, as metas globais de descarbonização para o setor energético são as mais desafiadoras. E é evidente que o setor energético é um dos mais utilizados pela população e um dos que mais resultam impactos ao meio ambiente, já que fornece a base para o funcionamento de praticamente todas as atividades humanas, desde as ligadas à indústria e agricultura, como nos transportes, serviços e na vida cotidiana.

3.PERCURSO METODOLÓGICO

A presente pesquisa caracteriza-se como descritiva, adotando uma abordagem metodológica mista, com coleta e análise de dados de natureza qualitativa e quantitativa. Fundamenta-se na técnica de análise de conteúdo, conforme delineada por Bardin (2016), a qual compreende a organização dos textos produzidos pelos estudantes e subsequente categorização dos dados, com a identificação de unidades de análise relevantes. As categorias emergentes são apresentadas nos resultados, organizadas segundo as respostas fornecidas pelos estudantes em cada predomínio dos itens de análise.

O estudo foi desenvolvido com estudantes de primeiras, segundas e terceiras séries do Ensino Médio e também nono ano do Ensino Fundamental, com um espaço amostral de trinta estudantes, que redigiram as redações para a Olimpíada de Química, pertencentes a uma instituição da rede estadual de ensino de São Paulo, localizada no município de São Carlos, São Paulo. A faixa etária dos estudantes

variava entre 15 e 18 anos. Além disso, a atividade desenvolvida foi realizada durante 8 horas durante todo um dia letivo escolar e foi desenvolvida em três etapas.

Na primeira, os estudantes responderam a um questionário a fim de evidenciar suas primeiras considerações acerca da temática debatida; na segunda, houve uma intervenção pedagógica, em que os estudantes participaram de um workshop em que houve uma apresentação da temática e escrita de uma redação científica; na terceira, responderam a uma questão sobre o assunto trabalhado para compreender a apropriação, pelos alunos, do que fora discutido ao longo das atividades.

3.1 Primeira etapa: Questionário preliminar

Nesta etapa da pesquisa, a coleta de dados foi conduzida por meio de dois instrumentos complementares: (i) um questionário preliminar (QP), composto por quatro questões (conforme apresentado no Quadro 1); e (ii) a ferramenta interativa Mentimeter, utilizada para a criação de nuvens de palavras. Ambos os recursos contribuíram para identificar os conhecimentos prévios dos estudantes em relação à temática abordada, permitindo direcionar as discussões pedagógicas de forma mais significativa e contextualizada.

Quadro 1. Questionário inicial para averiguação dos conhecimentos prévios dos estudantes

| PERGUNTAS |
|---|
| 1. Você já ouviu falar sobre problemas ambientais? |
| 2. Em caso afirmativo, você saberia dizer quais são as consequências de tais problemas? |
| 3. E quais formas você conhece de reduzi-los? |
| 4. Você já ouviu falar de descarbonização? |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Depois, utilizando a ferramenta Mentimeter visando construir uma nuvem de palavras, foi feita a seguinte pergunta aos estudantes: Quando falamos em descarbonização, qual a primeira coisa que vem à cabeça? Cada estudante poderia escrever apenas um termo. Foi utilizada tal ferramenta com o intuito de verificar quais os termos que apareciam, bem como a frequência de aparição. Tal etapa levou aproximadamente trinta minutos.

3.2 Segunda etapa: Intervenção pedagógica

A segunda etapa consistiu em uma intervenção pedagógica realizada por um pesquisador da Universidade de São Paulo (USP), que foi responsável por ministrar um workshop acerca da Descarbonização. Este workshop consistiu em inicialmente ministrar uma palestra sobre as problemáticas ambientais decorrentes da carbonização, e a importância da descarbonização. Posteriormente, os estudantes foram desafiados a escrever as redações, e tanto o pesquisador da Universidade, quanto os professores que estavam acompanhando os estudantes, orientaram na escrita dos textos. Esta etapa, considerando a palestra, bem como o tempo para produção da redação, durou 7 horas.

Bem como, a fim de não identificar os estudantes participantes, foi atribuído a estes nomes dos seres mitológicos da mitologia grega. A tabela 1 ilustra o nome representativo do estudante, a idade, e a turma envolvida, apenas dos estudantes cujas redações foram destacadas neste trabalho.

Tabela 1. Estudantes com redações destacadas no artigo

| Aluno | Idade | Série |
|----------|-------|----------|
| Atena | 17 | 3ª série |
| Poseidon | 16 | 2ª série |
| Hera | 17 | 3ª série |
| Hades | 16 | 2ª série |
| Zeus | 15 | 1ª série |
| Hércules | 15 | 1ª série |
| Afrodite | 15 | 1ª série |
| Perceu | 16 | 2ª série |

Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Foram produzidas trinta redações, ou seja, todos os estudantes que participaram da intervenção pedagógica fizeram a redação, e as redações apresentadas neste trabalho foram escolhidas devido ao nível de complexidade das respostas dadas.

3.3 Terceira etapa: Reflexão final

Ao final das atividades, nas últimas meia hora, os estudantes responderam a uma última pergunta: Quais os impactos decorrentes do processo de descarbonização? Assim, com base nas ideias apropriadas pelos estudantes, eles deveriam responder à questão a fim de averiguar o que eles haviam compreendido de toda a dinâmica realizada neste dia.

Em relação às redações, mais da metade dos estudantes pediu para entregá-las em outro momento para os professores. Assim, como a atividade foi realizada em uma quarta-feira, os professores deixaram que os estudantes que não entregaram no dia entregassem na segunda-feira.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os trinta estudantes que participaram da dinâmica foram previamente selecionados e convidados pela equipe gestora da escola, sendo informados, com antecedência, sobre as atividades que seriam desenvolvidas. Assim, todos os participantes demonstraram interesse prévio em aprofundar seus conhecimentos sobre o tema proposto, além de se engajarem na produção de textos com foco na Olimpíada de Química.

4.1.Etapas 1

Nesta etapa, os estudantes responderam a um questionário composto por quatro questões, cujo objetivo principal foi identificar suas concepções iniciais acerca da temática abordada.

Em relação à pergunta sobre os problemas ambientais (primeira pergunta), todos os participantes afirmaram já ter ouvido falar sobre o tema, demonstrando familiaridade prévia. A maioria dos respondentes ainda complementou suas respostas mencionando que os problemas ambientais têm ganhado destaque nas mídias e constituem temas recorrentes em diferentes componentes curriculares. Essa constatação reflete a relevância e a urgência atribuídas às questões ambientais, considerando o atual estado crítico do planeta.

A afirmação dos estudantes é coerente com o que indicam Júnior *et al.* (2024), uma vez que, segundo os pesquisadores, essas questões têm ganhado destaque na Base Nacional Comum Curricular, integrando discussões das questões socioambientais em diferentes componentes curriculares, princi-

palmente com um olhar interdisciplinar.

Como todos os estudantes responderam afirmativamente à primeira questão, também avançaram para as perguntas subsequentes, número dois e três. No que se refere à segunda pergunta, observou-se uma diversidade significativa nas respostas, refletindo diferentes percepções sobre as principais consequências dos problemas ambientais.

Dos 30 estudantes participantes, 15 deles (50%) indicaram que a maior consequência está relacionada às mudanças climáticas, evidenciando uma consciência generalizada sobre os efeitos globais da emissão excessiva de gases do efeito estufa. Sete estudantes (23,3%) mencionaram o aquecimento global como o impacto mais preocupante, o que demonstra um reconhecimento direto do aumento das temperaturas médias como fator agravante. Cinco alunos (16,7%) destacaram a escassez de recursos naturais, como a água, apontando para a preocupação com a sustentabilidade e o uso racional dos recursos. Dois estudantes (6,7%) citaram o derretimento das geleiras, associando-o à elevação do nível do mar e às transformações nos polos. Por fim, um estudante (3,3%) apontou as enchentes como a principal consequência, enfatizando que esse problema ambiental é recorrente no município onde reside, o que revela uma percepção local e experiencial do impacto ambiental.

É evidente, conforme indicam as respostas dadas pelos estudantes, que há baixa aproximação entre a compreensão sobre as consequências dos problemas ambientais e a saúde e qualidade de vida da população. Os estudantes associam a problemas ambientais algo dissociado da vida cotidiana, como algo distante da realidade deles. Tal resultado vem ao encontro do que é afirmado por Castoldi, Bernardi e Polinarski (2009), uma vez que, em pesquisa realizada, os autores afirmaram que alunos têm dificuldade em inserir o ser humano nas questões ambientais, associando mais as problemáticas ambientais a florestas, bichos e plantas.

Em relação à terceira questão, que abordava possíveis formas de reduzir os problemas ambientais, os estudantes apontaram principalmente a redução do consumo, o controle da poluição e o combate ao desmatamento como medidas essenciais. Essas respostas demonstram uma preocupação geral com práticas sustentáveis, ainda que de maneira mais ampla e cotidiana.

Essas percepções se conectam diretamente com a quarta questão, que investigava o conhecimento prévio sobre o conceito de descarbonização. Nenhum dos estudantes mencionou esse termo na resposta anterior, o que foi confirmado na própria quarta pergunta: nenhum aluno afirmou ter ouvido falar sobre descarbonização. Isso revela uma lacuna no conhecimento específico sobre estratégias mais técnicas e atuais de mitigação das mudanças climáticas, apesar da consciência ambiental já existente entre os participantes. Mas também, é evidente que há baixa presença de pesquisas que evidenciam o trabalho com a temática descarbonização no contexto escolar.

Em relação ao Mentimeter, a figura 1 ilustra as respostas dadas pelos estudantes.

Figura 1. Respostas dadas a questão proposta.

Quando falamos em descarbonização, qual a primeira coisa que vem à cabeça?



Fonte: Elaborado pelo autor, 2025.

Conforme apresentado na Figura 1, os estudantes mencionaram sete palavras distintas ao serem convidados a expressar livremente o que lhes vinha à mente ao ouvir o termo *descarbonização*. A palavra mais recorrente foi “carbono”, possivelmente devido à semelhança fonética e morfológica entre os termos *carbono* e *descarbonização*, o que pode ter influenciado a associação imediata.

Outro termo com destaque foi “poluição”, sugerindo que muitos estudantes relacionam a descarbonização, ainda que de forma indireta, à ideia de controle ou redução de poluentes. Essa associação revela uma compreensão inicial limitada, mas alinhada com a temática ambiental mais ampla.

As demais palavras — “meio ambiente”, “ar”, “desmatamento”, “impactos ambientais” e “aquecimento global” — apareceram com a mesma frequência, indicando que, embora o termo *descarbonização* ainda não seja familiar, os estudantes o vinculam intuitivamente a questões ambientais relevantes. Esse padrão de respostas aponta para um campo fértil de trabalho educativo, no qual é possível aprofundar conceitos técnicos a partir de conhecimentos prévios já estabelecidos.

4.2 Etapa 2

Para facilitar a compreensão dos estudantes sobre a temática, a coordenação da escola convidou um pesquisador, aluno de pós-graduação na área de química da Universidade de São Paulo, para falar com os estudantes sobre a descarbonização. Esta atividade consistiu inicialmente em o pesquisador apresentar informações sobre a descarbonização, e posteriormente foi realizado um workshop, em que professores e alunos formaram grupos visando construir seus textos.

Foram produzidas trinta redações na escola, de alunos de todas as séries do ensino médio, sendo dois de estudantes da 3ª série, seis textos de estudantes da 2ª série, sete de estudantes da 1ª série e quinze de estudantes do 9º ano do Ensino Fundamental. Deste conjunto, cinco delas foram escolhidas para representar a escola na Olimpíada de Química. É notório destacar também que os conteúdos associados à descarbonização não estão em evidência no material digital proposto pela Secretaria da Educação, o que torna a discussão de tais assuntos mais complexa e difícil.

Todos os estudantes, ao discutir sobre descarbonização, seguiram o modelo proposto pela Olimpíada de Química, que era primeiro fazer uma contextualização e também apresentar aspectos da descarbonização, dizendo o que é, e seus impactos e sua importância. Depois, discussões acerca das problemáticas ambientais e como a descarbonização auxilia nesta questão, em sequência apresentação da associação da química na descarbonização, e a discussão de um vídeo que mostra um aparato experimental que versa sobre a descarbonização, ou também um experimento científico feito na própria escola que discute sobre a descarbonização. Todos os textos também passaram por correções gramaticais por professores da área de Língua Portuguesa, em que os professores indicaram aos estudantes pontos que poderiam melhorar em termos de escrita. Também, foram orientados por professores das áreas de Ciências da Natureza quanto as questões científicas. Mas, também, houve um trabalho cuja orientação foi feita por uma professora de Educação Física e outro por um professor de Geografia.

No trabalho do estudante Zeus, segundo ele, a descarbonização não deve ser pauta somente das grandes empresas ou, também, dos agentes políticos, mas sim, de toda a população, o que inclui a sociedade civil, uma vez que descarbonizar é essencial na sociedade em que vivemos, dada a urgência de buscar mudanças no cenário ambiental ao qual o planeta se encontra. Neste contexto, o estudante trouxe como consideração:

Debater sobre a descarbonização faz-se necessário tem todas as instâncias da sociedade. A descarbonização resulta em inúmeros benefícios ambientais, mas também a toda a população, isso porque ao realizar transição energética, gera empregos, impulsiona a inovação tecnológica e também reduz a dependencia de combustíveis fósseis, além de melhorar a qualidade do ar, diminuindo problemas respi-

ratórios e doenças relacionadas. Assim, é evidente que a descarbonização é extremamente importante.

Tal concepção é coerente com o que é discutido por Godinho (2023), uma vez que, para o pesquisador, a transição energética, em que há substituição dos combustíveis fósseis por matrizes energéticas renováveis e de baixo impacto ambiental, é uma estratégia fundamental para a redução das emissões de carbono em escala global.

No texto produzido pelo estudante Hades, ele destacou que muitos países do mundo, mesmo aqueles que demandam alto consumo de energia, têm ultimamente buscado a descarbonização do setor energético, visto que, conforme indica a Ministra do Meio Ambiente e Mudança do Clima, Marina Silva, em suas falas, é mais fácil e barato primeiro pensar nas consequências socioambientais dos empreendimentos do que arcar com prejuízos em caso de desastres e negativas. O estudante trouxe como exemplo a China, que, de fato, dado o alto poder industrial e também a grande população, é um país que demanda muita energia e ainda tem uma matriz predominante que faz uso de matrizes não renováveis que emitem muito CO₂. Para embasar sua ideia, ele apoiou-se em um artigo publicado por Garcia e Borghi (2024). Sendo assim, segundo ele:

A China é um dos países que mais emitem gases de efeito estufa, resultante, principalmente, do setor energético, e da dependência do país de combustíveis fósseis. Atualmente, devido à demanda pela construção de comunidades mais sustentáveis e à mitigação de problemáticas ambientais, a China está em busca de realizar a descarbonização de sua matriz energética, levantando esforços para a modernização da economia no setor energético, atrelado à sustentabilidade.

Já no trabalho da aluna Hera, ela levanta uma consideração importante, afirmando que as problemáticas ambientais, para além das questões ambientais associadas, prejudicam a vida das populações, principalmente as mais pobres, que, de fato, são as que menos possuem recursos de adaptação às variações climáticas, e que, como a vida na Terra é dada por ações comunitárias, há de ser necessário atuar de forma conjunta na mudança de cenário. Segundo ela:

Ainda, é notório que se faz necessário uma busca pela luta pela justiça socioambiental, tendo em vista que são os mais pobres os mais afetados pelas alterações no clima. Vivenciamos um contexto de crise civilizatória e ambiental. Neste cenário, adentra a descarbonização, que é uma vertente da química que cada vez mais tem ganhado evidência no cenário internacional, via debates tanto em eventos políticos por entidades governamentais, como também em centros de pesquisa.

A ideia defendida pela estudante vem ao encontro do que defende Salmi (2023), já que, segundo o pesquisador, os mais pobres realmente são os mais afetados pelas alterações climáticas, configurando, então, um desafio em torno das mudanças climáticas, norteadas, principalmente, por questões de natureza ética, marcada pela dimensão da equidade e pela necessidade de assegurar justiça distributiva entre as diferentes gerações.

A estudante também destacou a questão da descarbonização associada ao setor energético brasileiro, principalmente em relação a controvérsias resultantes de certas construções. Quando a aluna cita, em seu texto, a construção de usinas em detrimento de pensar nas comunidades locais e no meio ambiente, ela está se referindo à construção da Usina de Belo Monte, que, de fato, trouxe inúmeros prejuízos à saúde do meio ambiente e das populações que ali residiam. Contudo, as usinas hidrelétricas geram energia renovável, que é uma alternativa à emissão de dióxido de carbono. Para ela:

Em relação à questão energética, que é um assunto largamente debatido no Brasil e tem gerado muitas controvérsias, principalmente pela forma como tem dado prioridade à construção de usinas em detrimento de questões socioambientais, na descarbonização busca-se otimizar o consumo de energia, melhorando os processos industriais, edifícios e transportes visando reduzir a demanda por

energia. Além disso, há uma busca por transições para fontes de energia mais renováveis, como a solar, a eólica, a hidrelétrica e a biomassa, em substituição ao uso de combustíveis fósseis resultantes do petróleo, carvão e gás natural.

No trabalho desenvolvido pelo estudante Hércules, as discussões iniciais acerca do processo de descarbonização demonstraram um olhar crítico e abrangente sobre a temática. Logo nos primeiros parágrafos, o estudante abordou a importância da descarbonização no setor energético, não apenas no contexto brasileiro, mas também em escala global. Ele ressaltou que a transição energética é fundamental para mitigar os efeitos das mudanças climáticas e alcançar metas de sustentabilidade.

Além disso, Hércules destacou a necessidade de se construírem comunidades sustentáveis, enfatizando que a responsabilidade socioambiental não deve ser individualizada. Segundo o autor, ações pontuais de determinados indivíduos não são suficientes para transformar o cenário atual; é preciso um esforço coletivo e articulado de toda a sociedade. Essa reflexão amplia o entendimento de que os desafios ambientais exigem mudanças estruturais e culturais profundas.

Nos primeiros parágrafos, portanto, o estudante apresentou elementos essenciais para o debate ambiental contemporâneo, tais como a urgência da descarbonização no setor energético; a relevância da cooperação social para promover mudanças sustentáveis; a integração entre as questões ambientais, sociais e econômicas; a necessidade de conscientização coletiva para enfrentar os impactos das mudanças climáticas.

Um dos parágrafos de destaque foi:

A descarbonização é, sem dúvidas, um dos maiores desafios da nossa geração, especialmente diante das mudanças climáticas que já impactam o planeta. Reduzir as emissões de carbono se tornou uma urgência, pois a forma como giramos e consumimos energia está diretamente ligada ao aquecimento global e ao efeito estufa. Por isso, é fundamental adotarmos novas formas de produção de energia, como as renováveis, e repensar nosso estilo de vida e consumo: uma mudança para um modelo mais sustentável envolvendo tanto a inovação tecnológica, quanto uma mudança de mentalidade.

Desse modo, para o estudante, conforme evidenciado no trecho anterior e em seu texto como um todo, o atual cenário das mudanças climáticas, responsável por desencadear uma série de impactos sociais, econômicos e ambientais, exige ações urgentes e articuladas. Nesse contexto, a redução das emissões de carbono é apresentada como uma das principais prioridades das esferas públicas, tendo em vista sua estreita relação com o aquecimento global e o agravamento do efeito estufa.

O estudante também reforça que, embora o setor energético seja central nesse processo, a transformação necessária ultrapassa o campo técnico, demandando uma mudança de mentalidade coletiva. Ou seja, para que se alcancem avanços significativos na luta contra os problemas socioambientais, é imprescindível o engajamento de toda a sociedade, adotando posturas mais conscientes e sustentáveis em diferentes níveis da vida cotidiana.

A aluna Afrodite, em sua produção textual, abordou a temática da geração de combustíveis a partir da luz solar por meio do processo de fotossíntese artificial, destacando-a como uma alternativa promissora à tradicional queima de combustíveis fósseis. Segundo sua argumentação, essa tecnologia representa uma via limpa e sustentável para a produção de energia, pois utiliza fontes renováveis e imita mecanismos naturais, como a fotossíntese das plantas, para converter energia solar em combustíveis químicos. Para fundamentar sua análise, a estudante explorou as reações químicas envolvidas no processo, como a dissociação da molécula de água e a posterior formação de hidrogênio e outros hidrocarbonetos, além de discutir os princípios da química que sustentam a viabilidade dessa abordagem, como a conservação de energia, catálise e balanço energético.

Como aprofundamento, a estudante apresentou uma discussão feita por Papadis e Tsatsaronis (2020), em um artigo publicado na *Nature Energy*, que descreve o desenvolvimento de uma “folha arti-

cial”, inspirada na forma como as plantas utilizam a energia solar para converter dióxido de carbono em matéria orgânica. Esse dispositivo tecnológico é capaz de imitar a fotossíntese natural ao transformar CO_2 e água, sob incidência de luz solar, em metanol e oxigênio. A produção de metanol a partir do dióxido de carbono — reconhecido como um dos principais gases de efeito estufa — não apenas contribui para a mitigação das mudanças climáticas, como também fornece uma alternativa viável e sustentável à dependência de combustíveis fósseis.

No texto redigido pelo estudante Perceu, o autor trabalhou com a questão das microalgas no combate à carbonização, evidenciando o papel destas na busca por reverter o atual cenário ambiental ao qual o planeta se encontra. Para ele, conforme indicado no texto, as microalgas representam uma alternativa biotecnológica altamente eficiente no processo de descarbonização, principalmente devido à capacidade de fixar grandes quantidades de dióxido de carbono durante a fotossíntese. Esses organismos unicelulares utilizam luz solar como fonte de energia para converter CO_2 em biomassa rica em compostos orgânicos — como lipídios, carboidratos e proteínas — que podem ser aproveitados na produção de biocombustíveis, rações, fertilizantes e outros bioprodutos. Em comparação às plantas superiores, as microalgas apresentam taxas de crescimento muito superiores, maior eficiência fotossintética e não competem com cultivos alimentares por terras aráveis. Além disso, podem ser cultivadas em efluentes industriais ou águas residuais, contribuindo simultaneamente para a captura de carbono e para o tratamento de resíduos. Nesse contexto, sistemas de cultivo de microalgas têm sido integrados a processos industriais como uma estratégia de biofixação de CO_2 , especialmente em setores de alta emissão, como termelétricas e indústrias de cimento, promovendo a transição para uma economia de baixo carbono.

O texto produzido pela estudante Atena teve como foco principal uma breve retomada das problemáticas ambientais atuais, destacando os impactos negativos causados pelas ações humanas no meio ambiente. Como alternativa a essas problemáticas, a aluna apresentou a produção de hidrogênio verde como uma possível solução sustentável, demonstrando conhecimento sobre fontes energéticas limpas e inovadoras. Para ilustrar essa proposta, Atena descreveu uma prática científica divulgada em um canal de ciências no YouTube, estabelecendo uma ponte entre o conhecimento acadêmico e a divulgação científica em mídias digitais.

Além disso, a estudante incorporou ao seu texto uma reflexão baseada em sua própria realidade, ampliando a discussão para além do conteúdo teórico. Em suas considerações, destacou:

Implicações do aquecimento global estão cada vez mais aparentes. O calor que estamos passando está fazendo pessoas passarem mal todos os dias. Em nossa escola, por exemplo, temos ventiladores nas salas, mas muitas vezes, eles sozinhos não são capazes de auxiliar no combate ao calor extremo que vivenciamos.

Ou seja, para a autora, dados os níveis de calor, mesmo com uso de ventiladores, não é possível controlar o calor extremo vivenciado. Outro estudante que discutiu acerca do hidrogênio verde foi o estudante Poseidon, mas, ao contrário de seus colegas, além de discutir sobre a descarbonização e também a produção de hidrogênio verde, o estudante abordou em seu texto equações e fórmulas químicas para dar subsídio a seus pensamentos.

Na discussão, o estudante articulou conceitos da Química para explicar o processo de produção do hidrogênio verde, relacionando-o diretamente à eletrólise da água — um processo em que a molécula de água (H_2O) é dissociada em hidrogênio (H_2) e oxigênio (O_2) por meio de corrente elétrica, preferencialmente oriunda de fontes renováveis. O estudante apresentou a reação química envolvida e destacou a relevância dessa tecnologia para a mitigação dos impactos ambientais.

Em seguida, abordou as principais formas de transporte e armazenamento do hidrogênio, citando:

gás comprimido, sob altas pressões (até 700 bar); hidrogênio liquefeito, obtido por meio do resfriamento a $-253\text{ }^{\circ}\text{C}$; transformação em amônia (NH_3), facilitando o transporte em grandes distâncias com menor risco e custo.

Por fim, evidenciou que o hidrogênio verde pode ser utilizado como alternativa aos combustíveis fósseis, contribuindo diretamente para o processo de descarbonização em diferentes setores da economia, especialmente no setor energético e de transportes. A questão do hidrogênio verde, segundo Gomes (2023), já vem sendo discutida, debatida e articulada em diversos países que, de fato, estão desenvolvendo projetos neste contexto visando buscar a descarbonização. Os países são Chile, França, Estados Unidos, Alemanha, Colômbia, China, Comissão Europeia e Brasil.

A Figura 2 ilustra um recorte do trabalho do estudante, no qual é destacada a aplicação do hidrogênio verde como estratégia de descarbonização, reforçando sua importância na transição para uma matriz energética mais limpa e sustentável.

Figura 2. Recorte do texto produzido pelo estudante Poseidon

Procedimento 3: Aplicação no processo de descarbonização. Assim, este hidrogênio verde pode ser um substituto aos combustíveis de origem fóssil e empregados em vários setores, como:

1. Energia e Eletricidade: Fazendo uso de células a combustível para gerar eletricidade com emissão zero.
2. Indústria Siderúrgica: É feita a substituição do carvão na redução do minério de ferro, sendo a equação dada por:



3. Combustíveis Sintéticos: É feita a utilização visando a produção do metanol, por meio da reação:



Fonte: Obtido pelo autor, 2025.

Os textos produzidos pelos estudantes matriculados no nono ano, bem como os demais textos produzidos pelos estudantes de primeira série cujos recortes não foram evidenciados neste trabalho, mesmo com as correções gramaticais de professores da área de Linguagens e também auxílio dos professores orientadores, não trouxeram elementos científicos substanciais, mas isso é devido ao nível de escolarização dos estudantes, uma vez que eles acabaram de ingressar no 9º ano do Ensino Fundamental e ainda estão em processo de apropriação dos conhecimentos científicos e também da linguagem científica.

Ainda, a maioria dos textos que foram escritos por estudantes do ensino fundamental trouxe como fontes e referências sites da internet que não tinham um rigor científico ou, também, mesmo que continham informações coerentes, não eram adequados para serem fontes de referência para um texto científico com rigor acadêmico, como exigido pela Olimpíada de Química. Para suprir essa necessidade, os professores orientadores auxiliaram os estudantes, discutindo e ensinando essas questões, mas, ainda, alguns deles acabaram citando essas fontes, e, como a escola é um espaço democrático e de aprendizado, as redações foram deixadas da forma em que os estudantes estruturaram e trouxeram como relevantes.

Para representar a escola na Olimpíada, que, segundo regulamento, tinha que ser 2 de terceira série e três de segunda série ou menos, os textos passaram por uma comissão envolvendo professores da escola, mas também alguns estagiários da Universidade de São Paulo (USP) que auxiliaram nas decisões mediante a interpretação e coerência dos textos e os critérios de avaliação.

Ao realizar a avaliação, os textos também passaram por testes de plágio e detecção de uso das Inteligências Artificiais (IA), e foi detectado que, embora nenhum dos textos tivesse indicadores de plágio,

porque, no momento da elaboração, os orientadores pediram para os alunos reescreverem trechos e citarem suas fontes, em quatro textos havia partes que indicavam indícios de uso da inteligência artificial, o que, na análise e avaliação na escola, desclassificou os trabalhos. Estava evidente também o uso de IA nos quatro textos, isso porque as palavras apresentadas e o rigor científico apresentado não estavam coerentes com o linguajar dos estudantes que escreveram esses textos, e também que os estudantes colocaram termos que eles próprios não sabiam o que era.

Sobre essa questão, é evidente que o uso da Inteligência Artificial nas atividades escolares levanta discussões quanto aos limites éticos e pedagógicos. Em relação aos limites éticos, destaca-se que o uso da IA compromete a autoria do estudante, uma vez que o texto deixa de refletir seu esforço intelectual e sua produção genuína. Além de que, quando associado a concursos e olimpíadas, caso não seja detectado uso de IA, os estudantes podem ter vantagens desleais sobre aqueles que produzem seus textos de maneira mais autônoma. O uso da IA também fere princípios de honestidade intelectual e a confiança estabelecida entre o professor e seus estudantes. Por fim, outro fator associado à ética, destaca-se e resulta na impressão de que o estudante domina conceitos que, evidentemente, na prática, não compreende, o que prejudica sua formação.

Já em relação aos limites pedagógicos do uso da IA, destaca-se que, quando o estudante recorre a esta para produzir suas respostas, ele deixa de exercitar competências fundamentais, como a interpretação, escrita e análise crítica. Há também a incoerência com o nível de escolaridade do estudante, como observado neste artigo, uma vez que textos apresentam vocabulário ou rigor científico muito acima da realidade dos estudantes. Os estudantes, também, ao utilizar IA e usá-la de forma indiscriminada, podem levá-lo a se tornar dependente da ferramenta, reduzindo sua autonomia intelectual.

Para Peixoto e Paiva (2024), a IA traz inúmeros benefícios quando empregada de forma positiva no contexto do ensino e aprendizado, mas também levanta desafios e limites éticos. Para os pesquisadores, o uso da IA de forma inadequada pode diminuir a autonomia dos estudantes na reflexão de suas próprias ideias, bem como a transparência em relação às produções, e, também, dificuldade na questão da equidade, uma vez que muitos podem não ter acesso a ferramentas.

Na cerimônia de escolha de reconhecimento dos representantes da escola, foi conversado inicialmente sobre a possibilidade de uso de IA, e todos negaram. Assim, é evidente que, dado o cenário ao qual nos deparamos da facilidade do uso dessas inteligências artificiais no dia a dia, é um desafio nas escolas contornar esse contexto.

4.3 Etapa 3

Nesta etapa, inicialmente os estudantes responderam ao questionamento proposto acerca dos impactos decorrentes do processo de descarbonização. A maioria das respostas obtidas esteve associada à mitigação das mudanças climáticas, à proteção da biodiversidade, a melhoras na qualidade de vida e saúde da população, às transições energéticas, principalmente na produção de energia limpa, e às relações internacionais em prol da política ambiental. Ou seja, as respostas foram coerentes com o que se esperava e, de forma resumida, parecidas com o que já havia sido destacado anteriormente, mas com nível de profundidade maior, isso porque os estudantes não apenas, como anteriormente feito, trouxeram respostas curtas, mas sim, escreveram justificativas para as ponderações colocadas, isso porque o workshop possibilitou um aprofundamento, mas também a escrita das redações favoreceu a busca por informações, o diálogo com os professores que estavam de apoio, e também a síntese e reflexão de ideias.

Além disso, é evidente que, após a produção das redações, foi possível observar que os estudantes ampliaram significativamente sua compreensão acerca dos impactos da descarbonização. Embora o termo fosse inicialmente desconhecido pela maioria, conforme evidenciado nas respostas preliminares,

o processo de escrita possibilitou o acesso a novos conhecimentos e à articulação de conceitos científicos relacionados à temática.

Inicialmente, é evidente que, ao responderem as primeiras perguntas, os alunos apresentaram ideias mais generalizadas acerca das problemáticas ambientais, principalmente associadas àquelas mais conhecidas por eles, como mudanças climáticas, aquecimento global, escassez de recursos naturais e derretimento de geleiras. As soluções que foram apontadas pelos estudantes também se mantiveram em um nível superficial, uma vez que estavam associadas a ações como a redução do consumo, o combate à poluição e à preservação das florestas por meio da redução do desmatamento. É importante destacar que, embora relevantes, tais respostas se caracterizaram pela ausência de aprofundamentos conceituais, bem como pela reprodução de discursos amplamente difundidos, revelando que, no momento inicial pré-workshop, o conhecimento dos estudantes ainda estava restrito a noções mais gerais.

Deste modo, após a realização de todas as dinâmicas propostas, nota-se que houve uma evolução significativa no modo como os estudantes passaram a compreender e articular suas ideias. Nas respostas finais dadas, além de demonstrarem maior domínio conceitual, houve uma incorporação de elementos antes desconhecidos, diretamente relacionados ao tema descarbonização. Tal avanço não apenas indica uma apropriação conceitual mais sólida, mas também revela que trouxe uma compreensão mais crítica e aprofundada acerca das questões ambientais, especialmente quando os estudantes passaram a relacioná-las com dimensões sociais, reconhecendo que os impactos ambientais e as possíveis soluções envolvem transformações coletivas e estruturais.

Tais dados vêm ao encontro do que é defendido por Fontanella e Meghioratti (2013), uma vez que, conforme indicam as autoras, ao realizar intervenções pedagógicas, possibilitou aos estudantes realizar a construção e apropriação de saberes e conhecimentos, bem como contextualizá-los com observações próprias da realidade, e o entendimento da importância e relevância destes para a sociedade.

Ao final da atividade, os alunos demonstraram reconhecer que a descarbonização está diretamente associada à redução das emissões de gases de efeito estufa, especialmente o dióxido de carbono (CO₂), e que sua implementação contribui para a contenção do aquecimento global, melhoria da qualidade do ar e mitigação de fenômenos climáticos extremos. Além disso, passaram a compreender os impactos positivos da transição energética, como a substituição de combustíveis fósseis por fontes renováveis, a exemplo do hidrogênio verde, e os benefícios socioambientais dessa mudança.

Ainda, nota-se que foi possível dialogar com o campo da Educação Ambiental, uma vez que neste trabalho houve o processo de formação crítica e reflexiva dos jovens estudantes frente aos desafios socioambientais contemporâneos. Isso porque, ao compreenderem que a descarbonização está diretamente associada à redução das emissões de gases de efeito estufa e à mitigação do aquecimento global, os estudantes não apenas desenvolveram conhecimentos científicos, mas também uma consciência ambiental mais ampla, pautada, principalmente, na compreensão das interações entre a sociedade, a ciência e a natureza.

Além disso, tem-se que, ao reconhecer os benefícios da transição energética, como a substituição dos combustíveis fósseis por fontes renováveis e as implicações socioambientais, os alunos passaram a articular conceitos técnicos com valores éticos e sociais. Isso representa que houve uma articulação com a Educação Ambiental, uma vez que houve uma busca em não apenas transmitir informações, mas também formar sujeitos capazes de analisar criticamente problemáticas ambientais e de se engajar em práticas transformadoras em prol da sustentabilidade.

Em complemento, conforme indica Braidó (2015), quando há intervenções pedagógicas pautadas na Educação Ambiental e formação de consciência ambiental, como realizada neste trabalho, favorece o florescimento da cidadania ambiental, a qual se constitui um pilar fundamental na construção de uma sociedade mais justa, equilibrada e com relações mais afetivas entre o homem e a natureza.

Assim, pode-se dizer que a escrita das redações, aliada ao processo reflexivo individual, permitiu que os estudantes não apenas assimilassem conceitos técnicos, mas também reconhecessem a dimensão coletiva e estrutural das ações voltadas à sustentabilidade, reforçando a importância da descarbonização como estratégia central no enfrentamento das mudanças climáticas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme indicam os resultados, é evidente que a maior parte dos estudantes que participaram da dinâmica conseguiu apropriar-se do conceito de descarbonização, mas, mais do que isso, conseguiram compreender suas implicações e importância. Ainda se destaca que a temática trabalhada necessitou de um aprofundamento que não está presente no currículo de nenhuma disciplina, fazendo com que este assunto não seja trabalhado de forma obrigatória nas escolas públicas, mas que precisa, dada a sua relevância, ser debatido, e o fato de a Olimpíada de Química trazer essa temática como pauta favoreceu que este assunto fosse discutido na escola.

É evidente destacar também que os estudantes matriculados no ensino médio trouxeram, em seus textos, argumentos mais sólidos e com embasamento científico; já os estudantes do ensino fundamental, ao buscar fontes na internet, pegaram quaisquer sites, mostrando que ainda estavam em processo de apropriação dos elementos científicos e das buscas adequadas por fontes de conhecimento.

A análise das produções textuais e das respostas fornecidas pelos estudantes participantes evidencia uma consciência ambiental inicial abrangente, ainda que marcada por generalizações. De modo geral, os alunos demonstraram reconhecer as problemáticas ambientais mais recorrentes, como as mudanças climáticas, o aquecimento global, a poluição e a escassez de recursos naturais, demonstrando, assim, familiaridade com os impactos negativos decorrentes da ação antrópica no meio ambiente.

Entretanto, observou-se uma lacuna significativa no conhecimento técnico-científico, especialmente no que diz respeito ao conceito de descarbonização. Nenhum dos estudantes afirmou ter conhecimento prévio sobre o termo, e essa ausência foi confirmada tanto nas respostas discursivas quanto na construção da nuvem de palavras, em que termos como “carbono” e “poluição” surgiram com maior frequência. Isso indica que, apesar de os alunos conseguirem estabelecer associações intuitivas com temas ambientais, como o meio ambiente e os impactos climáticos, ainda carecem de aprofundamento conceitual e terminológico.

Por outro lado, os textos de alguns estudantes, como Hércules e Atena, revelam potencialidades pedagógicas relevantes. Hércules demonstrou compreender a importância da descarbonização no setor energético, relacionando-a ao esforço coletivo da sociedade para a construção de comunidades sustentáveis. Atena, por sua vez, incorporou elementos da Química ao discutir o uso do hidrogênio verde como alternativa energética, apresentando a reação de eletrólise da água e suas formas de armazenamento e transporte. Esses exemplos indicam que, quando estimulados, os estudantes são capazes de articular conceitos científicos com questões socioambientais, o que reforça a importância de práticas pedagógicas contextualizadas e interdisciplinares.

Além disso, as reflexões presentes nos textos demonstram que os estudantes compreendem, ainda que de forma inicial, a dimensão coletiva das soluções ambientais. Eles reconhecem que mudanças efetivas não dependem apenas de ações individuais, mas de uma transformação cultural ampla, que envolva a sociedade como um todo. Tal percepção reforça o papel da educação científica como mediadora na formação crítica e cidadã dos sujeitos frente aos desafios ambientais contemporâneos.

Em relação às limitações identificadas, destacam-se a ausência do tema Descarbonização no currículo formal, fazendo com que se tenha limitações em relação ao seu tratamento sistemático nas escolas públicas, o que levanta, também, outra limitação identificada, que, apesar da familiaridade com termos ambientais mais gerais, os estudantes careciam de aprofundamentos conceituais e terminológi-

cos, e isso é evidenciado pelo fato de que nenhum estudante declarou, inicialmente, ter conhecimento prévio sobre descarbonização.

Por fim, algumas recomendações práticas podem ser levantadas, tais como os professores proporem, em suas aulas, a inclusão de temas como descarbonização, transição energética e mudanças climáticas, principalmente nas disciplinas como Química, Física, Geografia e Ciências, de forma interdisciplinar. Ainda, orientar os alunos na busca por informações em materiais científicos e institucionais (universidades, órgãos ambientais e publicações acadêmicas), desenvolvendo competências associadas ao letramento científico; usar metodologias ativas, tais como dinâmicas de projetos, debates e oficinas práticas sobre energias renováveis, pegada de carbono e tecnologias verdes para favorecer a apropriação do conceito.

Além disso, aos alunos do ensino médio, dado o nível de escolarização, é evidente a necessidade do desenvolvimento de noções gerais acerca dos impactos ambientais, bem como a introdução a ideias de carbono na natureza, e, em relação ao ensino médio, deve-se haver o trabalho com reações químicas, processos energéticos, balanço de carbono e alternativas como o hidrogênio verde. Também, no contexto escolar, pode-se haver o incentivo à participação em olimpíadas científicas, feiras de ciências e projetos de extensão universitária, que trazem novas temáticas ao espaço escolar.

Ainda, a discussão sobre descarbonização, na escola, pode estimular reflexões sobre a dimensão coletiva das mudanças, mostrando que ações individuais precisam ser articuladas com políticas públicas e transformações sociais amplas.

Destarte, essa prática pode ser empregada em inúmeras outras escolas ou em contextos reais de sala de aula, dada a necessidade de poucos materiais e a facilidade em sua execução. Bem como, para pesquisas futuras, pode-se ampliar o leque de investigação, analisando mais profundamente como tais práticas podem favorecer o trabalho com o campo da Educação Ambiental.

6.REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. *World Energy Outlook 2023*. Paris: **International Energy Agency**, 2023. Disponível em: <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023>. Acesso em: 19 jun. 2025.
- ALMEIDA, Priscylla; NOGUEIRA, João FF. Educação ambiental como aliada no enfrentamento das mudanças climáticas. **Ciência e Cultura**, v. 76, n. 3, p. 01-04, 2024.
- ARTAXO, Paulo. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos avançados**, v. 34, p. 53-66, 2020.
- BRAIDO, Janaina Agostine. **Desencontros legais e morais na pesca artesanal: a Educação Ambiental política para a transformação socioambiental em Rio Grande/RS e São José do Norte/RS**. 2015. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Educação Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande. 2015.
- CASTOLDI, Rafael; BERNARDI, Rosangela; POLINARSKI, Celso Aparecido. Percepção dos problemas ambientais por alunos do ensino médio. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Sociedade**, v. 1, n. 1, p. 56-80, 2009.
- FONTANELLA, Denise; MEGLHIORATTI, Fernanda Aparecida. A divulgação científica e o ensino de ciências: análise das pesquisas. In: ENCONTRO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO CIENTÍFICA CESUMAR. UNICESUMAR, 8, 2013, Maringá. **Anais...** Maringá, 2013
- GARCIA, Isabela de Oliveira; BORGHI, Roberto Alexandre Zanchetta. Desenvolvimento sustentável na China: o caminho para a descarbonização do mix energético. *Brazilian Journal of Political Economy*, v. 44, p. e243620, 2024.

GE, Mengpin; FRIEDRICH, Johannes; VIGNA, Laura. Gráficos para entender as emissões de gases de efeito estufa por país e por setor. Vol. 28. São Paulo: **WRI Brasil**, 2020. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/publicacoes/graficos-para-entender-emissoes-gases-efeito-estufa-por-pais-e-por-setor>. Acesso em: 19 jun. 2025.

GODINHO, Cátia. A importância das Comunidades de Energia Renovável na Descarbonização. **The Trends Hub**, n. 3, 2023.

GOMES, Isabela Temístocles *et al.* A urgência pela descarbonização climática das economias globais e o papel do hidrogênio verde brasileiro. **ÍANDÉ: Ciências e Humanidades**, v. 7, n. 1, p. 2-15, 2023.

JHA, Navin Kumar *et al.* Assessing greenhouse gas emissions and decarbonization potential of household biogas plant: Nepal's case study. **Energy for Sustainable Development**, v. 83, p. 101592, 2024.

JUNIOR, Ailton Leonel Balduino. Base Nacional Comum Curricular (BNCC) perspectivas para a integração da Educação Ambiental no Currículo Escolar. **Lumen et Virtus**, 2025.

KABYANGA, Moris *et al.* Are smallholder farmers willing to pay for a flexible balloon biogas digester? Evidence from a case study in Uganda. **Energy for Sustainable Development**, v. 43, p. 123-129, 2018.

LEVIN, Kelly; LEBLING, Katie. CO2 emissions climb to an all-time high (again) in 2019: 6 takeaways from the latest climate data. **World Resources Institute**, v. 3, 2019.

PAPADIS, Elisa; TSATSARONIS, George. Challenges in the decarbonization of the energy sector. **Energy**, v. 205, p. 118025, 2020.

PEIXOTO, Fabrício Gomes; PAIVA, Eleide Leile de Andrade e. Desafios éticos do uso de inteligência artificial no ensino básico. **Caderno Pedagógico**, [S. l.], v. 21, n. 13, p. e11936, 2024. DOI: 10.54033/cadpedv21n13-187. Disponível em: <https://ojs.studiespublicacoes.com.br/ojs/index.php/cadped/article/view/11936>. Acesso em: 6 set. 2025.

RIZZOTTO, Maria Lucia Frizon; COSTA, Ana Maria; LOBATO, Lenaura de Vasconcelos da Costa. Crise climática e os novos desafios para os sistemas de saúde: o caso das enchentes no Rio Grande do Sul/Brasil. **Saúde em Debate**, v. 48, p. e141ED, 2024.

SALMI, Frederico. Categorias sociopolíticas da ética climática: Plano Municipal de Arborização Urbana (São Paulo). **Cadernos Metrópole**, v. 25, n. 58, p. 853-874, 2023.

VACCANI, June Tomaz. **INSTITUTO DE ENERGIA E AMBIENTE – USP**. Estratégias e impactos da descarbonização para o desenvolvimento sustentável. São Paulo: IEE/USP, 2023. Disponível em: <https://www.iee.usp.br/noticia/estrategias-e-impactos-da-descarbonizacao-para-o-desenvolvimento-sustentavel/>. Acesso em: 19 jun. 2025.