

USO DE MODELAGEM NA EDUCAÇÃO BÁSICA: COMPREENSÃO DOS EFEITOS DA PRODUÇÃO DE ALIMENTOS NAS EMISSÕES DOS GASES DE EFEITO ESTUFA

Use of Modeling in Basic Education: Understanding the Effects of Food Production on Greenhouse Gas Emissions

Râmida Prislayne Freire da Anunciação¹, Antônio Vitor Santos Batista²,
Christiane Ramos Donato³, Alexandre de Siqueira Pinto⁴

Resumo: A produção de alimentos está diretamente relacionada aos setores que mais emitem gases de efeito estufa (GEE), sendo responsável por cerca de 1/3 das emissões brasileiras. O fomento da educação climática para formação de gerações que tomem decisões socialmente responsáveis torna-se urgente. O objetivo deste estudo foi avaliar o conhecimento prévio de alunos do Ensino Médio acerca da contribuição das atividades humanas nas emissões de GEE e, propor a utilização de modelagem ambiental como ferramenta pedagógica para mediação da relação entre a produção de alimentos no Brasil e suas respectivas emissões. A coleta de dados ocorreu em duas turmas da 2º Série do Ensino Médio e, utilizou-se duas abordagens sobre emissões de GEE: A) aula expositiva dialogada; B) modelagem ambiental. Utilizou-se a metodologia de análise de conteúdo. Foi possível identificar que há compreensões equivocadas acerca das causas e consequências das emissões de GEE. No entanto, o uso de modelagem possibilitou maior esclarecimento dos estudantes sobre o tema, quando comparado aos estudantes que participaram apenas da aula expositiva dialogada. Portanto, reforça-se a necessidade da adoção de diferentes práticas pedagógicas para mediação do conhecimento sobre temáticas complexas, a exemplo das emissões de GEE no contexto brasileiro.

Palavras-chave:
 Crise Climática;
 Educação Climática;
 Educação Básica
 Modelo Century.

Keywords: Climate Crisis;
 Climate Education;
 Basic Education;
 Century Model.

Abstract: Food production is directly related to the sectors that emit the most greenhouse gases (GHGs), accounting for about 1/3 of Brazilian emissions. Promoting climate education to form generations that make socially responsible decisions is becoming urgent. The objective of this study was to assess the prior knowledge of high school students regarding the contribution of human activities to GHG emissions and to propose the use of environmental modeling as a pedagogical tool to mediate the relationship between food production in Brazil and its respective emissions. Data collection took place in two second-year high school classes, using two approaches to GHG emissions: A) dialogued lecture; B) environmental modeling. The content analysis methodology was used. It was possible to identify that there are misconceptions about the causes and consequences of GHG emissions. However, the use of modeling enabled greater clarification for the students on the topic compared to those who only participated in the dialogued lecture. Therefore, the need to adopt different pedagogical practices to mediate knowledge on complex topics, such as GHG emissions in the Brazilian context, is reinforced.

¹Graduada em Ciências Biológicas – Licenciatura pela Universidade Federal de Sergipe. Universidade Federal de Sergipe. ramida.prislayne@gmail.com

²Graduado em Ciências Biológicas – Licenciatura pela Universidade Federal de Sergipe. Mestrando em Ecologia e Conservação pela Universidade Federal de Sergipe. Universidade Federal de Sergipe. vitor-se@live.com

³Doutora em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe. Universidade Federal de Sergipe. Professor de Ensino Básico Técnico Tecnológico. christianecrd@yahoo.com.br

⁴Doutor em Ecologia pela Universidade de Brasília. Universidade Federal de Sergipe. Professor do Departamento de Ecologia. xansiqueira@academico.ufs.br

1 INTRODUÇÃO

O aumento na temperatura média global observado nas últimas décadas tem como fator determinante o crescimento nas emissões de dióxido de carbono (CO_2) e outros gases de efeito estufa (GEE). O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) afirmou em seu quarto Relatório de Avaliação (AR4), publicado em 2007, que era inequívoca a relação entre o aumento da temperatura média do planeta com as atividades antrópicas (Solomon, 2007). Mais recentemente, no sexto Relatório de Avaliação (IPCC, 2022) os pesquisadores alertaram que eventos climáticos extremos (inundações, ondas de calor, frio extremo) serão mais intensos e mais frequentes nas próximas décadas.

Para reverter essa situação, é importante saber identificar quais são os principais setores de atividade humana responsáveis pelas emissões de GEE. No Brasil, mais de 70% das emissões estão ligadas à produção de alimentos (Seeg, 2023), isso porque o uso da terra é um importante fator causador de alterações nos fluxos e estoques de carbono em seus compartimentos (biomassa e solo). Qualquer manejo do solo tem a capacidade de alterar a dinâmica da matéria orgânica, promovendo emissões de GEE para a atmosfera e, ainda, faz com que sua concentração aumente ao longo do tempo. Entretanto, o manejo também pode funcionar como uma ferramenta para sequestro de carbono, desde que o balanço desse elemento seja favorável à sua assimilação da atmosfera para o compartimento planta-solo (Santos, 2019; Wendling *et al.*, 2014) tem fortes influências nas concentrações atmosféricas de CO_2 e a mudança de uso da terra pode afetar esse processo natural alterando o fluxo de CO_2 do solo para a atmosfera (emissão).

Na atual conjuntura, as mudanças climáticas têm sido um assunto de grande destaque mundial, pois, com a intensificação de seus efeitos, a última década foi considerada a mais quente de todos os tempos, a qual se destacou o aumento na frequência e intensidade das ondas de calor em todo o mundo (Lopes, 2023; Pivetta, 2021). Fenômenos como furacões, ciclones, secas prolongadas, desertificação, derretimento de calotas polares, aumento do nível do mar, ameaça à biodiversidade, impactos na agricultura e segurança alimentar são consequências atreladas a essas transformações, que afetam tanto ecossistemas naturais quanto comunidades humanas (Nobre, 2001). Além disso, esses impactos podem se intensificar ainda mais, caso a elevação da temperatura global atinja 1,5°C até 2025 (IPCC, 2022).

Diante disso, em 2009, o Brasil assumiu compromissos internacionais com o intuito de reduzir as emissões de GEE, tendo como um de seus principais planos de ação o Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas visando à consolidação de uma economia de baixa emissão de carbono na agricultura (Plano ABC). Logo, com a sua implementação, houve a adoção de algumas ações, como: recuperação de áreas de pastagens degradadas, aumento da adoção de sistemas de Integração Lavoura-Pecuária-Floresta (ILPF) e Sistemas Agroflorestais (SAFs) (Brasil, 2009). O objetivo é ampliar a cobertura vegetal por meio de sistemas produtivos que resultem em acúmulo de carbono no solo. Entre os compartimentos dos ecossistemas que funcionam como reservatório de carbono, o solo possui a maior quantidade, quando comparado à atmosfera e à biomassa (Santos, 2019). Portanto, torna-se fundamental a adoção de sistemas que contribuam para o acúmulo de carbono neste reservatório, contribuindo dessa forma com o enfrentamento do aquecimento global e da atual crise climática (Carvalho *et al.*, 2010).

Logo, a sensibilização sobre esse cenário ambiental se faz necessário para que os cidadãos possam contribuir na busca por soluções sustentáveis. Essa sensibilização é crucial para auxiliar na tomada de decisões e agir de maneira responsável em relação ao meio ambiente (Jacobi *et al.*, 2011). Nesse sentido, a escola tem papel essencial no esclarecimento dos estudantes, pois, discutir questões socioambientais, desde o âmbito escolar, os incentivam a compreender os problemas ambientais e sua relação com o enfrentamento às mudanças climáticas. Segundo Pontalti (2005) e Effting (2007), o

ambiente escolar pode auxiliar no desenvolvimento e aplicação de abordagens eficazes sobre temas relacionados à educação ambiental, auxiliando os estudantes a analisarem criticamente os fatores que têm levado à destruição de recursos naturais, contribuindo assim para a formação de cidadãos com comportamentos ambientalmente responsáveis.

Entretanto, ainda existem lacunas a serem preenchidas no que diz respeito a implementação de temas relacionados à educação ambiental e climática nas escolas. Algumas dessas problemáticas estão relacionadas a: a) dificuldades na formação e manutenção de atividades e projetos; b) obstáculos, como o espaço físico da escola; c) resistência a mudanças na rotina escolar; d) superar barreiras metodológicas e curriculares; e) participação dos envolvidos para uma implementação eficaz; entre outros. E ainda, o interesse em buscar por alternativas que promovam uma mudança de postura, visando uma verdadeira sensibilização ambiental no contexto escolar, é um outro desafio a ser superado (Andrade, 2000).

Diante desse cenário, sabe-se que a compreensão sobre a dinâmica dos fatores que promovem emissões ou sequestro de carbono é extremamente complexa, e por vezes de difícil abordagem no âmbito escolar. Nesse sentido, utilizou-se a modelagem ambiental como estratégia de mediação desses conceitos. Adotamos o modelo computacional Century 4.5, pois trata-se de uma ferramenta comumente utilizada em trabalhos de ciclagem biogeoquímica (Althoff *et al.*, 2018; Leite; Mendonça, 2003; Vogado *et al.*, 2023) e apresenta a capacidade de simular a dinâmica de carbono de uma determinada localidade baseada nas variáveis edafoclimáticas da região (temperatura, precipitação e textura do solo). De acordo com Bassanezi (2010), a modelagem tem a capacidade de converter problemáticas da realidade em problemas matemáticos, com o objetivo de solucioná-los ao interpretar soluções. Ou seja, torna-se uma alternativa de abordagem de ensino e ferramenta pedagógica, para que alunos da Educação Básica compreendam melhor os conceitos ecológicos envolvidos tanto nas emissões, quanto na mitigação de GEE.

Portanto, o presente trabalho traz como problemas de pesquisa: Como apresenta-se o nível de conhecimento de alunos do Ensino Médio da rede pública de ensino acerca das mudanças climáticas globais e suas causas? A modelagem ambiental, voltada para a temática de produção de alimentos no Brasil e emissão de GEE, pode contribuir para um aprendizado crítico sobre as mudanças climáticas, de modo que os estudantes possam visualizar, de maneira prática, os fenômenos relacionados? O objetivo é avaliar o conhecimento prévio de alunos do Ensino Médio da rede pública de Sergipe acerca da contribuição das atividades humanas nas emissões de gases de efeito estufa e a utilização de modelagem ambiental como ferramenta pedagógica para mediar a relação entre a produção de alimentos no Brasil e suas respectivas emissões de gases de efeito estufa.

2 METODOLOGIA

Esta pesquisa possui natureza descritiva, com coleta e análise de dados de caráter quantitativo e qualitativo, apoiando-se na metodologia de análise de conteúdo proposta por Bardin (2016), a qual consiste em transcrever as respostas para uma planilha e analisá-las a partir da categorização dos resultados e levantamento das unidades de investigação. Estas categorias estão apresentadas nos resultados conforme cada questão respondida pelos discentes. O trabalho foi desenvolvido em duas turmas da 2^a série do Ensino Médio de uma escola da rede pública federal, localizada no município de São Cristóvão, Sergipe. Cada turma teve a participação de 18 alunos, totalizando 36 estudantes, compostas por adolescentes com idade entre 15 e 18 anos. A pesquisa foi dividida em três etapas.

Destaca-se que esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de Sergipe (CEP-UFS), e aprovada por meio do Certificado de Apresentação de Apreciação Ética

(CAAE) nº 75343423.0.0000.5546. Com isso, a autorização para execução da mesma na instituição escolar, foi formalizada pelo Termo de autorização para realização de pesquisa, bem como pelos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) e Assentimento Livre e Esclarecido (TALE), também autorizados, dessa vez pelos voluntários a participar da pesquisa, e seus respectivos responsáveis.

2.1 Primeira etapa

Nesta fase, a coleta de dados nas duas turmas foi realizada através da utilização de dois instrumentos: i) questionário prévio (QP), composto por 10 questões, sendo 5 objetivas e 5 subjetivas (Quadro 1); ii) ferramenta interativa Mentimeter, para construção de nuvens de palavras. Ambos auxiliaram na obtenção dos conhecimentos prévios dos estudantes acerca da temática.

Quadro 1 - Questionário aplicado nas turmas para avaliação do conhecimento dos discentes acerca do tema de pesquisa.

PERGUNTAS	ALTERNATIVAS
1. Você já ouviu falar sobre algum destes termos relacionados ao meio ambiente? (Podem ser assinaladas mais de uma alternativa).	(<input type="checkbox"/>) Gases de efeito estufa. (<input type="checkbox"/>) Aquecimento global. (<input type="checkbox"/>) Mudanças climáticas globais. (<input type="checkbox"/>) Nenhum desses assuntos.
1.1. Caso tenha assinalado algum dos temas acima, onde você obteve as informações? (Podem ser assinaladas mais de uma das alternativas).	(<input type="checkbox"/>) Televisão. (<input type="checkbox"/>) Jornais (digitais, impressos ou telejornais). (<input type="checkbox"/>) Redes sociais. (<input type="checkbox"/>) Livros didáticos. (<input type="checkbox"/>) Professores (<input type="checkbox"/>) Outros: _____
2. O que é aquecimento global?	-
3. Qual é o principal gás de efeito estufa com maior impacto na variação da temperatura do planeta?	(<input type="checkbox"/>) Dióxido de carbono (CO ₂). (<input type="checkbox"/>) Metano (CH ₄). (<input type="checkbox"/>) Óxido nitroso (N ₂ O). (<input type="checkbox"/>) Vapor d'água (H ₂ O).
4. Cite 2 medidas que podem ser tomadas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.	-
5. Qual é a atividade humana que mais contribui com emissões de gases do efeito estufa no Brasil?	(<input type="checkbox"/>) Queima de combustíveis fósseis (exemplos: queima de carvão, petróleo e gás natural). (<input type="checkbox"/>) Agropecuária (fermentação entérica, uso de fertilizantes nitrogenados). (<input type="checkbox"/>) Mudanças de uso da terra (desmatamento, aração, queima da biomassa). (<input type="checkbox"/>) Processos industriais.
6. Como você descreveria sua compreensão atual sobre as mudanças climáticas globais?	-
7. Cite dois impactos das mudanças climáticas.	-
8. Qual é o principal reservatório de carbono orgânico em ecossistemas terrestres?	(<input type="checkbox"/>) Solos. (<input type="checkbox"/>) Oceanos. (<input type="checkbox"/>) Atmosfera. (<input type="checkbox"/>) Biomassa vegetal.
9. Qual processo natural remove o dióxido de carbono (CO ₂) da atmosfera e o armazena em forma de carbono orgânico?	(<input type="checkbox"/>) Respiração. (<input type="checkbox"/>) Transpiração. (<input type="checkbox"/>) Fotossíntese. (<input type="checkbox"/>) Intemperismo.
10. Como você descreveria a relação entre as emissões de gases de efeito estufa, aquecimento global e mudanças climáticas?	-

Fonte: Autores (2024).

Quanto à elaboração do questionário, a questão 1 foi formulada com o objetivo de saber se os alunos estavam familiarizados com os termos “gases de efeito estufa”, “aquecimento global” e “mudanças climáticas”, tendo como base os trabalhos de Muniz (2010) e Santos (2007), além disso visava conhecer as fontes em que os alunos obtiveram tais informações. As questões subjetivas 2, 4, 6, 7 e 10 foram elaboradas com intuito de verificar o conhecimento dos alunos sobre gases de efeito estufa, aquecimento global e mudanças climáticas, e a relação entre ambos. Bem como a questão 3, que buscava saber se o aluno saberia indicar qual o gás de efeito estufa que possui maior impacto na variação de temperatura do planeta. Já a questão 5 teve como foco saber qual atividade antrópica mais contribui para as emissões de GEE no Brasil, na concepção dos alunos. Por fim, as questões 8 e 9 estavam relacionadas ao âmbito de conhecimento do ciclo do carbono, elaboradas para avaliar se os estudantes saberiam indicar qual o principal reservatório de carbono orgânico em ecossistemas terrestres e qual processo natural tem a capacidade de remover o CO₂ da atmosfera e armazená-lo em forma de carbono orgânico

Por sua vez, a ferramenta interativa Mentimeter foi utilizada para criação de nuvens de palavras em ambas as turmas, com o intuito de verificar quais termos apareceriam e sua frequência. Cada discente poderia cadastrar até 3 palavras-chave. A escolha dessa ferramenta justifica-se, pois auxiliou na representação visual das palavras-chave e dos termos relevantes associados a temática abordada. Segundo Prais e Rosa (2017), recursos tecnológicos podem apresentar-se como “meio de potencializar o processo educativo, sendo instrumentos de mediação entre o ensino e a aprendizagem”. Essa etapa foi realizada de modo remoto, pois, não haveria tempo hábil para que os alunos realizassem a atividade presencialmente.

2.2 Segunda etapa

A segunda etapa consistiu na realização de uma intervenção pedagógica com duração de 45 minutos, em duas turmas (“2^a A” e “2^a B”). Logo, na turma “2^a A”, foi realizada uma aula expositiva dialoga, na qual utilizou-se slides, imagens e gráficos que auxiliaram na mediação dos conceitos ecológicos envolvidos na emissão e mitigação de GEE associados a produção de alimentos no Brasil. No mesmo contexto desta discussão, a turma “2^a B” participou de um exercício com modelagem ambiental. Nesta fase foram disponibilizados quatro computadores e, os estudantes se organizaram em quatro grupos.

Foi realizada uma simulação computacional para avaliar os efeitos do cultivo de milho na variação de carbono do solo e nos grãos no município de Canindé de São Francisco/SE. Foram testados dois manejos: “plantio convencional” (com revolvimento do solo) e “plantio direto” (sem revolvimento do solo). O segundo tipo de manejo é considerado conservacionista pois promove menor perda de carbono do solo, podendo até mesmo ocasionar o acúmulo de carbono a depender das condições ambientais da região estudada. A simulação foi realizada utilizando o modelo Century e através de códigos de programação em linguagem R os resultados foram obtidos e processados para gerar gráficos e tabelas que foram discutidos em sala de aula. Toda a estrutura computacional utilizada (arquivos e códigos de programação) além de tutorial para a realização das simulações podem ser solicitados por correio eletrônico enviado aos autores do trabalho.

Figura 1 - Representação esquemática dos arquivos e pastas que compõe o modelo Century.



2.3 Terceira etapa

Na terceira etapa, realizada 15 dias após a intervenção pedagógica, o questionário foi reaplicado (QR) (Quadro 1) em ambas as turmas. O intuito foi de verificar a compreensão dos estudantes após a intervenção, e analisar os conhecimentos adquiridos ao longo de todo o processo de aprendizagem da pesquisa. Desta forma foi possível comparar os resultados obtidos entre as duas turmas, visto que, o manuseio do modelo Century ocorreu em apenas uma delas (2^a série B).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise das nuvens de palavras

Apesar da totalidade de ambas as turmas responderem ao QP, houve uma menor participação dos estudantes na construção das nuvens de palavras, sendo 12 alunos ao total (9 da turma A e 3 da turma B). Este número reduzido de participantes pode ter ocorrido em função da aplicação remota do instrumento.

Ao serem perguntados sobre os impactos da produção de alimentos no Brasil em relação às emissões de carbono para a atmosfera, a turma A apresentou 27 respostas ao total, sendo os termos mais frequentes o(s) “desmatamento(s)” (4 vezes) e “uso de fertilizantes” (3 vezes) (Figura 1a). Já na turma B foram apresentadas apenas 8 respostas, sem repetição das palavras citadas, onde todos os termos têm relação com as mudanças climáticas (Figura 1b).

Observa-se que alguns termos citados pelos alunos são caracterizados como a causa dos impactos, como “atividades agropecuárias”, “excesso de agrotóxicos”, “gasto excessivo de água”, “uso de fertilizantes”, “desmatamentos”, “queimadas”, “poluição”, “conversão de áreas” e “manejo do solo”. A maior parte dos termos possui relação direta com as atividades humanas, que ocorrem em meio aos dois principais setores de atividade humana responsáveis por emitir GEE no país, o setor de mudanças de uso da terra e florestas e o de agropecuária, respectivamente (Seeg, 2023). Já outros termos citados pelos alunos, como “altas temperaturas”, “efeito estufa sem controle”, “aquecimento global” e “mudanças climáticas”, podem ser caracterizados como consequências desses atos. Destaca-se também, o aparecimento do termo “agricultura baixo carbono”, que por sua vez, é uma política pública que apresenta ações de mitigação e adaptação às mudanças do clima para o setor agropecuário (Brasil, 2009). Logo, classifica-se como uma medida de reduzir e/ou minimizar as emissões de GEE.

Quadro 2 - Nuvem de palavras criada por meio da ferramenta interativa Mentimeter: a) pela turma A e b) pela turma B.



Fonte: Autores (2024).

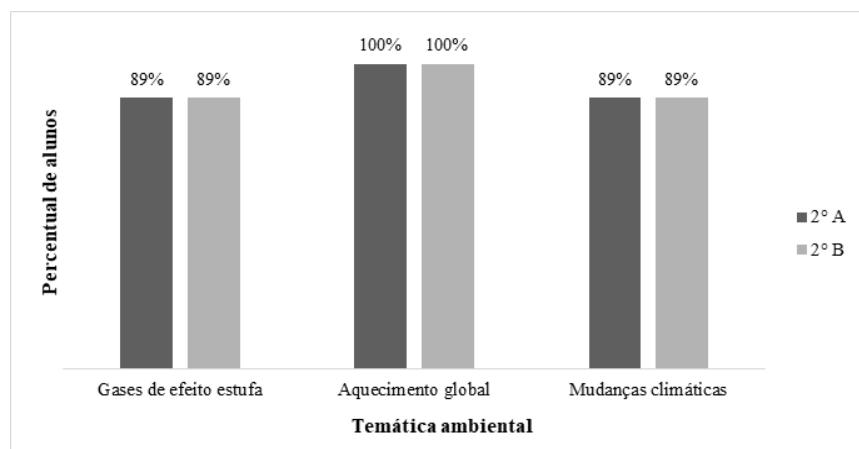
O uso da ferramenta interativa Mentimeter permitiu realizar uma breve análise dos conhecimentos prévios dos estudantes, visto que, as nuvens de palavras (Word Clouds) são representações gráfico-visuais que mostram o grau de frequência das palavras mencionadas (Vilela; Ribeiro; Batista, 2020). Assim, possuem várias utilidades, incluindo seu uso para o ensino e aprendizagem (Ramsden; Bate, 2008). Podendo ser utilizada em vários contextos, seja para mediação de conhecimento, ou até mesmo para construção de saberes (Sena *et al.*, 2022) na perspectiva inclusiva, requer uma reflexão acerca das tecnologias digitais como potencializadoras da aprendizagem e da inclusão social, digital e educacional. Esta pesquisa, de natureza qualitativa, é um estudo de caso (Yin, 2001). Nessa perspectiva, a utilização de ferramentas dessa natureza está alinhada com a ideia do uso de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs), abordada pela BNCC (Brasil, 2018).

3.2 Análise dos questionários

3.2.1 Fontes de informação

Quase a totalidade dos participantes de ambas as turmas informaram ter ciência sobre os termos “efeito estufa” e “mudanças climáticas” (89%), enquanto todos responderam, em ambas as turmas, já ter ouvido falar sobre “aquecimento global” (Figura 2).

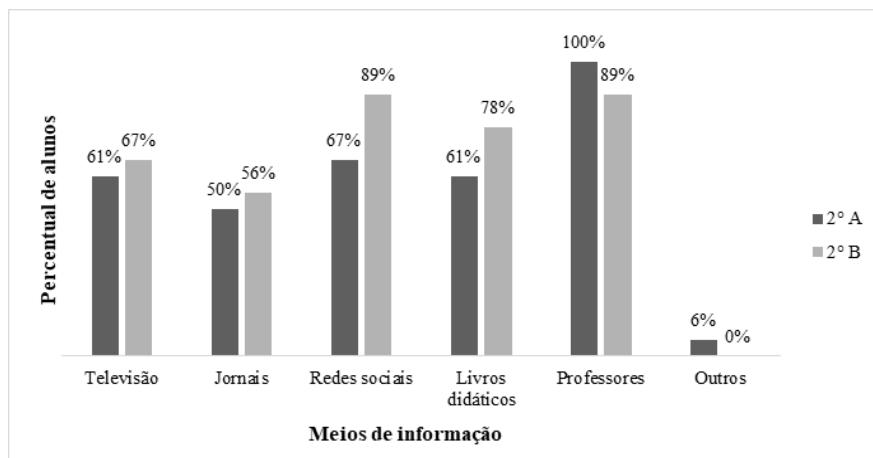
Figura 2 - Percentual das respostas dos alunos relacionadas a questão 1, se já ouviram falar em gases de efeito estufa, aquecimento global e mudanças climáticas.



Fonte: Autores (2024).

Quanto às fontes das quais os estudantes obtiveram informações, ambas as turmas apontaram “Professores” como a principal, seguido de “redes sociais”, “livros didáticos” e “televisão” (Figura 3).

Figura 3 - Percentual das principais fontes das quais os alunos obtiveram informações.



Fonte: Autores (2024).

Mediante esses resultados, considerando que os estudantes fazem parte do Ensino Médio, esperava-se tal reconhecimento relacionado às temáticas abordadas, visto que o objeto de conhecimento “efeito estufa” é mediado ainda no Ensino Fundamental Anos Finais, mais precisamente no 7º ano, segundo a BNCC (Brasil, 2018), bem como na 1ª série do Ensino Médio.

Percebe-se que a escola exerce um papel fundamental no processo de aquisição de conhecimentos

ao observarmos que dois dos principais meios de informação dos alunos foram “professores” e “livros didáticos”, conforme apontado por Peixoto (2009). A terceira fonte de informações (redes sociais) tem desempenhado um papel importante de veicular informações. Segundo Buckingham (2008), o acesso à tecnologia de mídia aumentou significativamente, e participam de uma cultura midiática cada vez mais diversa e comercializada. Na sociedade atual, a internet configura-se como um “instrumento tecnológico” em que fomenta “a forma organizativa que distribui o poder da informação, a geração de conhecimentos e a capacidade de ligar-se em rede em qualquer âmbito da atividade humana” (Castells, 2004). Com isso, com a velocidade da propagação de informações em tempo real proporcionada pelas redes sociais, essa ferramenta torna-se um potencial aliado do desenvolvimento pessoal e educacional dos jovens. No entanto, é importante considerar os desafios associados, como a verificação da veracidade das informações.

3.1.2 Entendimento dos estudantes sobre aquecimento global

Em relação às respostas para a questão “o que é o aquecimento global?” (Quadro 3), essas foram classificadas utilizando os seguintes critérios: I) Turma (A ou B), II) Período de aplicação do questionário (prévio - QP ou pós - QR) e III) Categoria, cujos tipos estão listados abaixo (de A a F):

- A: Aquecimento do planeta.
- B: Ações antrópicas.
- C: Danos na camada de ozônio.
- D: Emissão de GEE.
- E: Processo natural.
- F: Mudanças climáticas.

Quadro 3 - Apresentação de algumas das respostas dos estudantes, para melhor compreensão da categorização da análise.

Turma A	
QP	QR
Aluno 03: “O aquecimento global é um processo natural do planeta (E) que aquece ele aumentando a temperatura do ambiente (A), porém nós estamos acelerando esse processo (B) por conta dos gases poluentes na atmosfera”.	Aluno 08: “É o excesso dos gases do efeito estufa na atmosfera (D), diminuindo a camada de ozônio e aumentando a incidência dos raios solares na terra (C)”.
Aluno 06: “Um fenômeno que aumenta a temperatura global (A), que está sendo agravada com as ações do ser humano (B)”.	Aluno 18: “É o aumento gradual da temperatura média da atmosfera da terra (A) devido a emissão de gases de efeito estufa (D)”.
Turma B	
QP	QR
Aluno 05: “Emissão de gás carbônico ao meio ambiente (D), e afetando-o de forma negativa”.	Aluno 06: “O aquecimento global são resultados das ações humanas (B), um desses feitos são as mudanças climáticas (F) e a danificação das camadas (C)”.
Aluno 18: “Um aumento muito diferente da temperatura do planeta (A)”.	Aluno 16: “Aumento anormal da temperatura média do planeta (A) registrado nos últimos anos”.

Fonte: Autores (2024).

Ao analisar as respostas observa-se que em ambas as turmas, a categoria mais citada no questionário prévio e em sua reaplicação foi “Aquecimento do planeta” (Figura 4), categorizada por aspectos como “aumento da temperatura média do planeta” e “excesso de calor”. A segunda categoria mais citada no questionário prévio na turma A foi “Ações antrópicas”, enquanto na B foi a “Danos na camada de ozônio” (Figura 4). Dentro dessa categoria foram incluídos aspectos como “diminuição”, “buracos”

e “deterioração” da camada de ozônio. Com isso, ficou explícito que uma proporção importante dos alunos confunde a destruição da camada de ozônio com o aquecimento global, pois, apesar de terem relação, não são um conceito único. Kovalski e Obara (2007) ao realizar um estudo com professores da Educação Básica, constatou que até mesmo alguns professores confundem esses conceitos, logo, essa situação também reflete no entendimento dos estudantes sobre o assunto.

Ao analisar a resposta do aluno 03 da turma A (QP), observou-se que ele definiu o aquecimento global como sendo “um processo natural do planeta que aquece ele aumentando a temperatura do ambiente”. Essa afirmação sugere que os estudantes ainda confundem o conceito de aquecimento global com a definição de efeito estufa, aspecto já evidenciado por outros autores em trabalhos com a mesma temática de pesquisa (Barros; Pinheiro, 2013; Cabecinhas; Lázaro; Carvalho, 2006).

A mudança na frequência em algumas categorias ao comparar QP e QR permitiu avaliar alguns aspectos relacionados à eficiência das intervenções pedagógicas testadas (aula expositiva e aplicação de modelagem ambiental). Na Turma A, apesar de ter havido redução na proporção de “Ações antrópicas” e aumento na proporção de “Processo natural”, houve aumento na proporção de “Emissão de GEE” (Figura 4). Essa última mudança, somada ao fato da categoria “Mudanças climáticas”, a qual não foi mencionada por nenhum estudante em QP passou a ser mencionada por 7% das respostas (Figura 4).

Na Turma B, houve um pequeno aumento na proporção de citações referentes a “Ações antrópicas”, destacando-se a forte redução na proporção de “Danos na camada de ozônio” e aumento em “Emissão de GEE” (Figura 4). Além disto, assim como na Turma A, houve menção inédita sobre “Mudanças climáticas”, com uma proporção ainda maior (11%) em relação àquela turma. Isso sugere que os estudantes passaram a visualizar a existência de uma relação direta entre mudanças climáticas e aquecimento global apenas após a realização da intervenção pedagógica. Nesse contexto, foi possível observar que após a intervenção pedagógica realizada nas turmas houve algumas mudanças na concepção dos alunos. Destaca-se a resposta do aluno 01 (Turma A) que antes definiu como o fenômeno como “quando o planeta se sobrecarrega, e fica muito calor”, e no QR passou a defini-lo como “efeito que é responsável pelas mudanças climáticas”. Porém, a Turma B apresentou evidências de melhor compreensão do fenômeno abordado.

Figura 4 - Percentual da proporção em que cada categoria foi mencionada pelos alunos, em relação ao questionamento do que é aquecimento global.

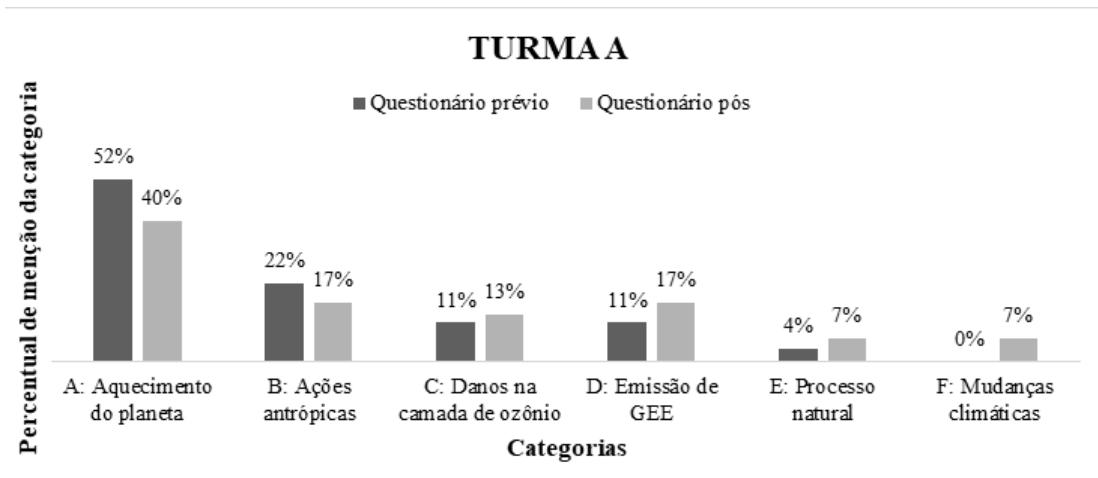
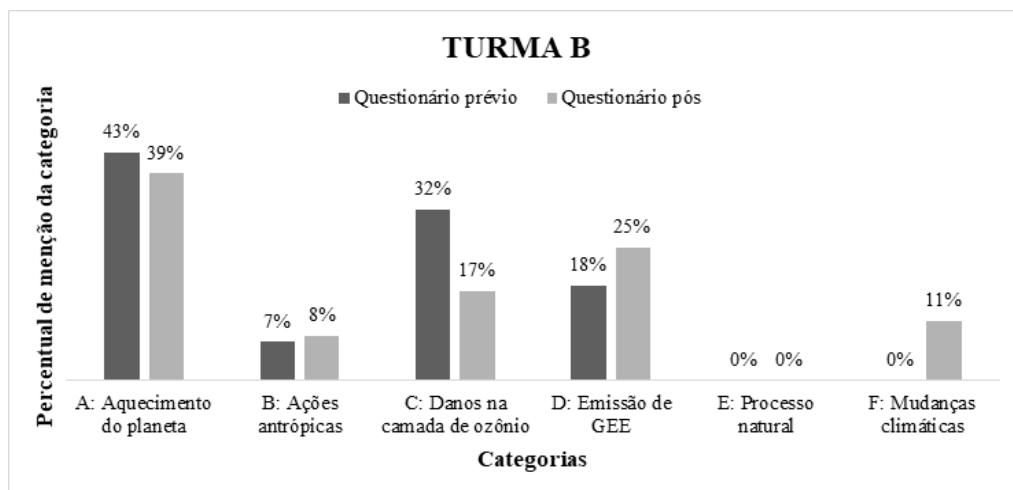


Figura 4 (Continuação) - Percentual da proporção em que cada categoria foi mencionada pelos alunos, em relação ao questionamento do que é aquecimento global.



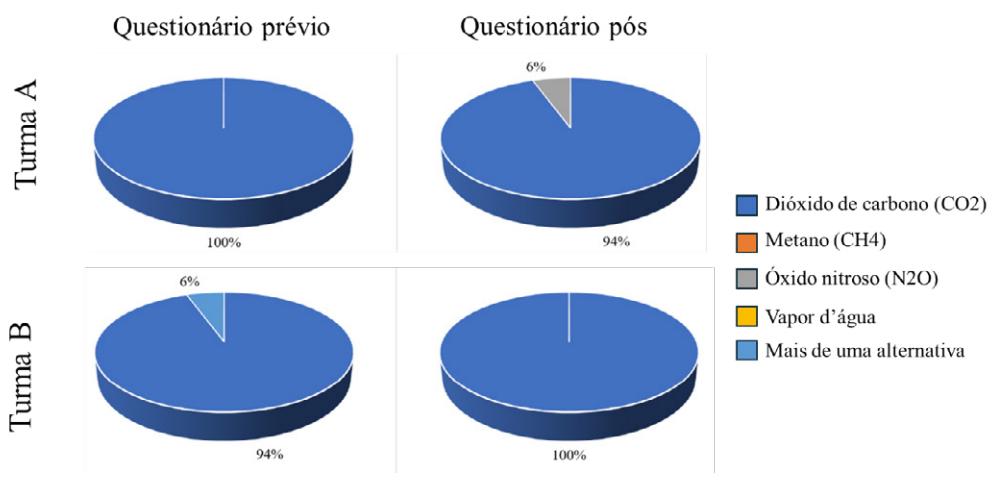
Fonte: Autores (2024).

3.1.3 Entendimento dos estudantes sobre GEE

Ao serem perguntados sobre o GEE com maior impacto na variação da temperatura do planeta, a totalidade da Turma A escolheu a opção “dióxido de carbono (CO₂)” na aplicação do QP, enquanto 94% da Turma B optou por essa resposta. No QR, a opção “óxido nitroso (N₂O)” foi escolhida por 6% dos participantes da Turma A, e 100% da Turma B indicou o CO₂ (Figura 5).

Os GEE que apresentam maior contribuição relativa para o aquecimento global são, em ordem de importância, o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O). Desses três, apenas o primeiro e o último foram mencionados nas respostas. Destaca-se o fato de quase a totalidade das respostas em ambas as turmas apontarem corretamente para o gás com maior contribuição para a variação de temperatura média do planeta. Apesar da turma A apresentar um melhor resultado no QP, observou-se que um estudante apontou o N₂O como resposta no QR, o que pode ser atribuído a uma possível dificuldade de compreensão. Entretanto, após a intervenção pedagógica, a Turma B estava totalmente alinhada com a opção de resposta correta. Para Krasilchik (1987), práticas educativas objetivam motivar e auxiliar os estudantes no entendimento de conceitos e fatos científicos, subsidiados pela ideia do aprender fazendo.

Figura 5 - Percentual das respostas dos alunos sobre o principal gás de efeito estufa com maior impacto na variação da temperatura do planeta.



Fonte: Autores (2024).

Quando questionados sobre quais medidas poderiam ser tomadas para reduzir as emissões de GEE, todos os alunos tentaram responder ao questionamento (n=36). Com isso, a classificação foi realizada utilizando os seguintes critérios: I) Turma (A ou B), II) Período de aplicação do questionário (prévio, QP ou pós, QR) e III) Categorias, cujos tipos estão listados abaixo (de A a F):

- A: Substituição de fontes de energia.
- B: Combate às queimadas e o desmatamento.
- C: Gestão de resíduos.
- D: Preservação, conservação e reflorestamento.
- E: Conscientização ambiental.
- F: Repensar o sistema de manejo na agricultura.

É importante salientar que na categoria “A” foram incluídas respostas que mencionaram como medida: evitar a queima de combustíveis fósseis, utilização de fontes de energia renováveis, diminuição do uso de transportes e redução de emissões de GEE por indústrias e fábricas. No setor de energia estão alocadas as emissões de GEE provenientes da queima de combustíveis em atividades que necessitam de força motriz ou calor, tais como o transporte, a indústria e a geração de eletricidade.

Dentre as categorias apontadas, a mais citada pelas turmas foi a “A: Substituição de fontes de energia”, seguida da “B: Combate às queimadas e o desmatamento”, tanto no QP quanto no QR (Quadro 4; Figura 6).

Quadro 4 - Transcrição de algumas das respostas dos alunos relacionadas as categorias A e B.

Turma A	
QP	QR
Aluno 08: “Diminuir as queimadas (B) e utilizar menos fontes de energia não renováveis (A), como a queima de combustíveis fósseis (A).”	Aluno 15: “Uso de energias renováveis (A). Diminuição das queimadas e do desmatamento (B).”
Turma B	
QP	QR
Aluno 08: “Promover a parada de queima de florestas (B) e de substâncias em fábricas (A). Promover a redução de danos causados por automóveis no dia a dia (A).”	Aluno 09: “Controle do desmatamento florestal (B). Fiscalização de fábricas (A).”

Fonte: Autores (2024).

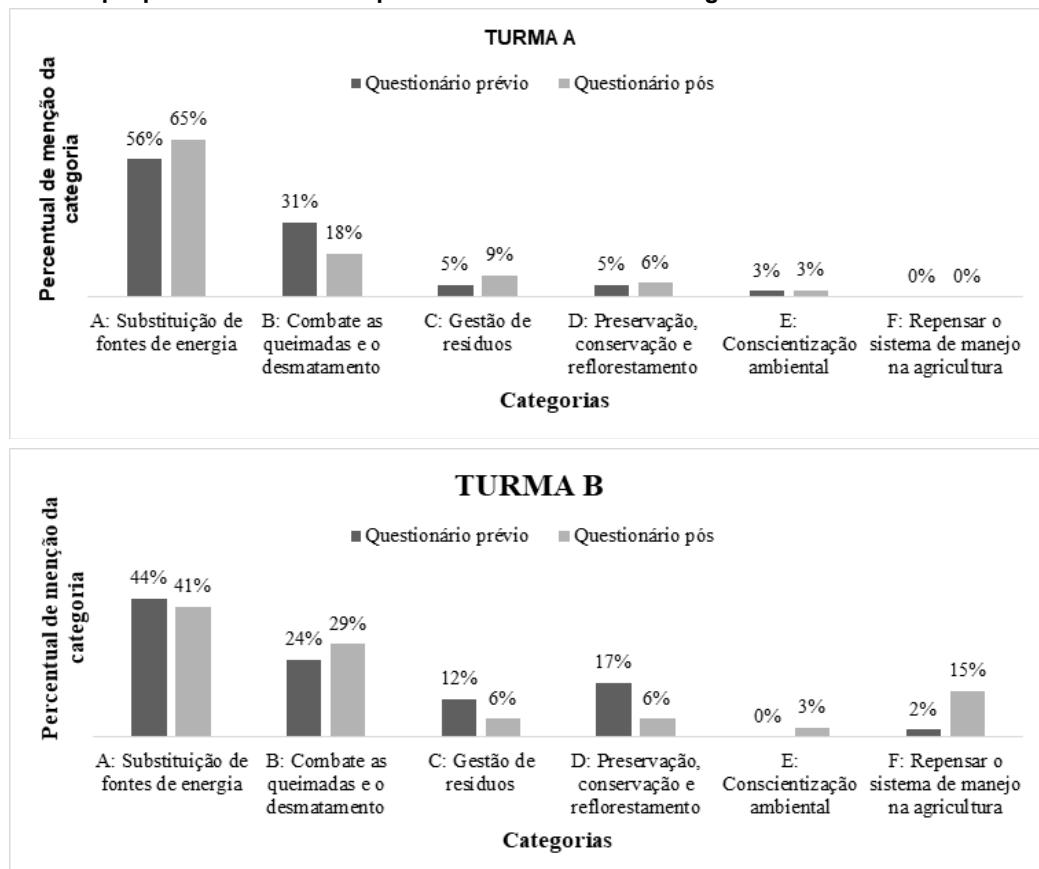
Ao analisar as respostas mais frequentes, ambas as turmas tiveram grande frequência pela resposta “A. Substituição de fontes de energia”. O setor de energia é o terceiro em termos de emissões de gases do efeito estufa no Brasil. Esperava-se maior frequência pelas opções “B. Combate às queimadas e desmatamento”, “D. Preservação, conservação e reflorestamento” e “F. Repensar o sistema de manejo na agricultura”, pois as atividades relacionadas ao uso da terra são as maiores emissoras de GEE no Brasil.

Quando comparadas às variações de frequência de resposta entre QP e QR, percebe-se que, após a intervenção pedagógica, a turma B mostrou um aprimoramento sobre o assunto, pois houve aumento na frequência da opção “Combate às queimadas” e “Repensar o manejo”, e redução nas demais opções de resposta (Figura 6).

Destaca-se a resposta do aluno 15 (Turma B) que antes apontou como medidas para redução de GEE “A diminuição do uso de produtos pelos quais possuem gases poluentes, repensar o sistema industrial para delimitar uma produção sustentável e sem emissão de gases, diminuir a ocorrência das queimadas”, e no QR passou a indicar “Reducir o uso de agrotóxicos, usar a terra de maneira correta

sem o uso de estimulantes" Logo, é importante salientar que a Turma B apresentou evidências de melhor compreensão dos conceitos abordados.

Figura 6 - Percentual da proporção em que cada categoria foi mencionada pelos alunos, sobre medidas que podem ser tomadas para reduzir as emissões de gases de efeito estufa.

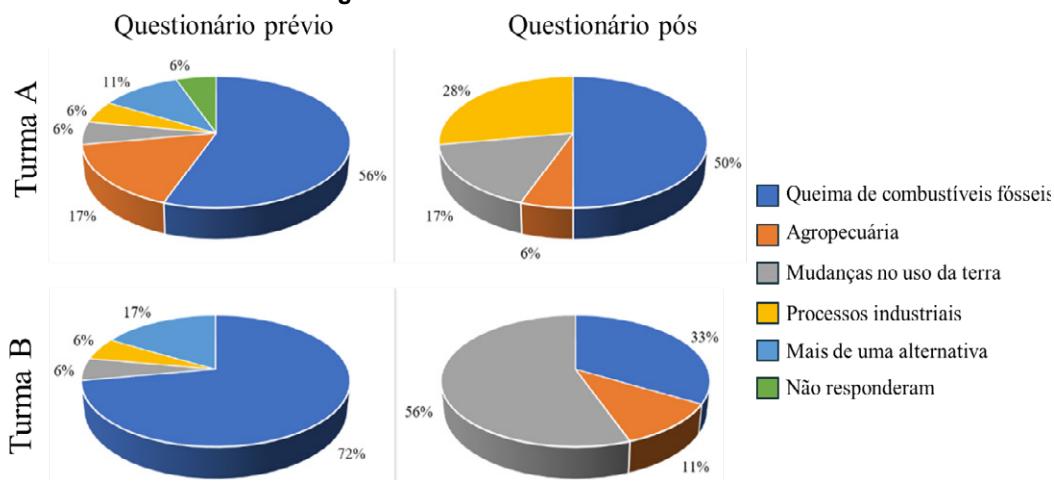


Fonte: Autores (2024).

Na questão 5 (Quadro 1) foi pedido para que os alunos apontassem a atividade humana que mais contribui para as emissões de GEE, na qual, no QP a Turma A apontou a queima de combustíveis fósseis como principal fator (56%), bem como a Turma B (72%).

Com o QR, foi possível avaliar novamente alguns aspectos relacionados à eficiência das intervenções pedagógicas testadas. Pois, na Turma A, apesar do percentual de "queima de combustíveis fósseis" ainda apresentar 50% da totalidade, houve uma redução de 6% em relação a aplicação do QP. Ademais, a opção "mudanças no uso da terra", que anteriormente apresentou 6%, passou a ser considerada por 17% dos estudantes desta turma. Na Turma B, a alternativa de "queima de combustíveis fósseis" reduziu em 39%, destacando-se o forte aumento no percentual de "mudanças no uso da terra", que teve um aumento de 50%. Além disso, houve a indicação inédita da "agropecuária", apresentando 11%, que anteriormente, no QP, não havia sido escolhida por nenhum dos estudantes (Figura 7).

Figura 7 - Percentual das respostas sobre qual atividade humana mais contribui para as emissões de gases de efeito estufa no Brasil.



Fonte: Autores (2024).

Mediante esses resultados, fica evidente que na percepção dos alunos a atividade humana que mais contribui para as emissões de GEE no Brasil era a “queima de combustíveis fósseis”. O que é uma percepção equívoca, visto que, mudanças de uso da terra e florestas é o principal setor responsável por emitir GEE no país, cerca de 50%, seguido pelo setor de agropecuária, no qual a fermentação entérica e manejo de solos são as principais emissoras de GEE (Seeg, 2023). Levando em consideração que os livros didáticos são uma importante fonte de informação citada pelos estudantes, Batista *et al.* (2023) identificou que os exemplos abordados nos materiais didáticos são desconectados do contexto brasileiro de emissões. Isso reforça as concepções equívocas sobre os principais agentes emissores no país. Neste sentido, foi possível observar que após a intervenção pedagógica realizada nas turmas houve mudanças na concepção dos alunos sobre a temática, especialmente a Turma B.

3.1.4 Entendimento dos estudantes sobre mudanças climáticas

Ao perguntar aos alunos sobre sua compreensão a respeito de “mudanças climáticas” (questão 6 do Quadro 1), no QP, 17% da Turma A e 56% da Turma B apontaram como: boa, regular, ou ruim, ou não souberam explicar. Já no QR, esse índice foi 22% na Turma A, e 28% para a Turma B.

Ao analisar as respostas, foi possível verificar que boa parte dos alunos atribui o fato das mudanças climáticas às atividades humanas (Quadro 5).

Quadro 5 - Transcrição de algumas das respostas dos alunos que evidência à atribuição das mudanças climáticas às atividades humanas.

QR	
TURMA A	TURMA B
Aluno 03: “Por conta da ação dos humanos, a atmosfera está ficando mais poluída e assim modificando o clima do planeta”.	Aluno 13: “São mudanças, que são causadas pelo homem, que isso é uma questão negativa para a Terra.”
Aluno 13: “Daqui pra frente a tendência, a temperatura irá aumentar o homem ainda não tomou consciência sobre suas mudanças inapropriadas no planeta”.	Aluno 14: “As mudanças climáticas, estão atreladas a vários campos de poluição ou descuido do ser humano. Sei que as mudanças climáticas tem muito impacto no meio ambiente”.
Aluno 17: “Agora é causada pelo homem pois modificaram tanto os locais que estão causando mudanças climáticas inesperadas.”	Aluno 17: “O suficiente para entender as consequências das ações dos seres humanos”.

Fonte: Autores (2024).

Com isso, as respostas dos alunos evidenciam uma gradativa sensibilização sobre a responsabilidade humana nas alterações ambientais, demonstrando uma melhor compreensão das interações entre a atividade humana e as mudanças climáticas.

Já ao ser pedido aos estudantes que mencionassem dois impactos provenientes das mudanças climáticas (Quadro 6), suas respostas foram classificadas utilizando os seguintes critérios: I) Turma (A ou B), II) Período de aplicação do questionário (prévio, QP ou pós, QR) e III) Categoria, cujos tipos estão listados abaixo (de A a F):

- A: Aumento/diminuição da temperatura.
- B: Derretimento de geleiras.
- C: Extinção de espécies.
- D: Aumento do nível do mar e inundações.
- E: Secas.
- F: Alterações nos padrões de chuva.
- G: Queimadas e desmatamento.
- H: Danos a camada de ozônio.
- I: Acidificação dos oceanos.
- J: Impacto a saúde.
- K: Desabamentos.
- L: Alteração do clima.
- M: Tempestades, furacões e terremotos.

Quadro 6 - Apresentação de algumas das respostas dos estudantes, para melhor compreensão da categorização da análise.

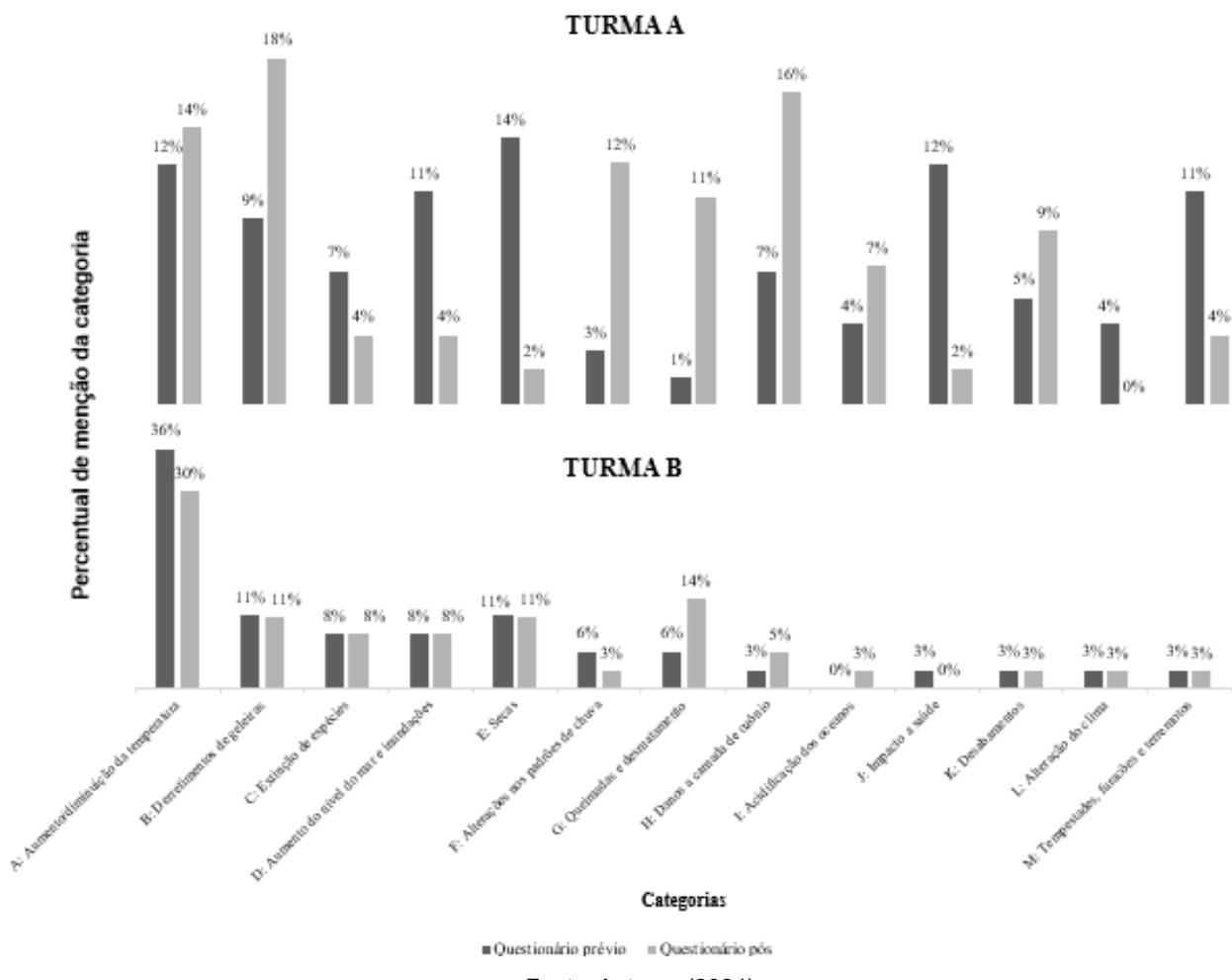
Turma A	
QP	QR
Aluno 04: "Aumento do nível do mar (D) e alterações nos padrões de chuva (F)."	Aluno 05: "Tempestades fortes, desastres naturais, terremotos (M)".
Aluno 09: "Queima das florestas (G), principalmente a amazônica; Clima muito instável (L)."	Aluno 07 (Turma A; QR): "Temperatura elevada ou abaixo da média (A), seca (E), derretimento de geleiras (B), etc".
Aluno 18: "O derretimento das calotas polares (B) e a extinção de espécies de fauna e flora (C) devido a mudanças climáticas dos habitats".	
Turma B	
QP	QR
Aluno 12: "Aumento na temperatura (A), consequentemente ajuda no desmatamento (L)."	Aluno 03: "Desabamentos (K) e desmatamentos (G), perca da camada de ozônio (H)".
Aluno 16: "Prejudicando a saúde, com poluição do ar, doenças e aumento da fome (J)."	Aluno 11: "Aumento do nível do mar (D). Acidificação dos oceanos (I)".

Fonte: Autores (2024).

Ao analisar as respostas, observa-se que no QP a categoria mais citada pela Turma A foi a "E: Secas" (14%), e na Turma B a "Aumento/diminuição da temperatura" (36%), assim como no QR, entretanto, apresentando 30%. Enquanto a Turma A, no QR, passou a citar em maior proporção o "Derretimento de geleiras" (18%) (Figura 8). Segundo Nobre (2001), essas são algumas das consequências das mudanças climáticas.

Dentre as categorias apresentadas, a "G: Queimadas e desmatamento", apesar de apresentar uma proporção considerável no QR em ambas as turmas, 11% na A e 14% na B (Figura 8), é classificada como uma das causas das mudanças climáticas, bem como a categoria "H: Danos a camada de ozônio".

Figura 8 - Percentual da proporção em que cada categoria foi mencionada pelos alunos, sobre os impactos das mudanças climáticas.



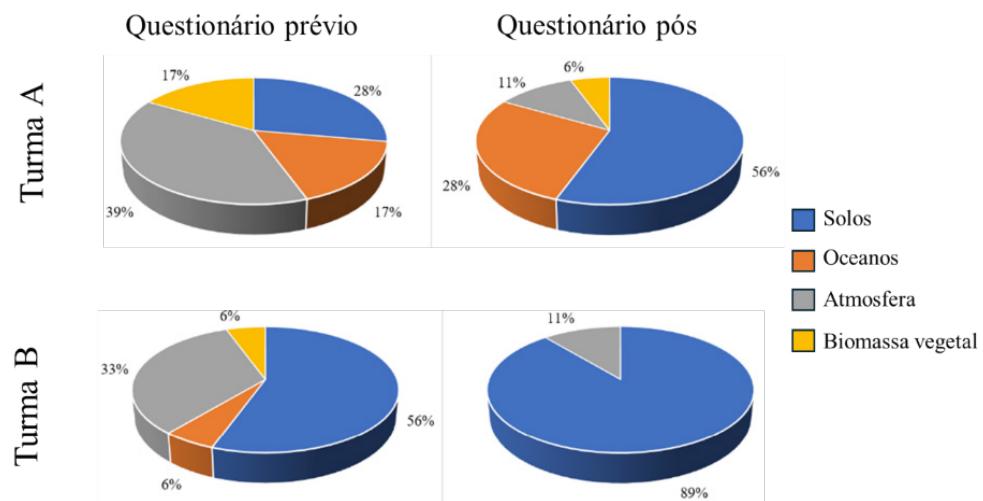
Fonte: Autores (2024).

3.1.5 Entendimento dos estudantes sobre aspectos do ciclo do carbono

O ensino-aprendizagem sobre ciclos biogeoquímicos é essencial para prover conhecimentos aos alunos acerca de conceitos biológicos, físicos e químicos, pois, essa temática representa um dos mais importantes processos que permitem a existência de vida na Terra. Ao ser abordado tanto no Ensino Fundamental quanto no Médio, ele serve como um assunto basilar para a compreensão de questões ambientais atuais, como o aquecimento global e as mudanças climáticas (Silva; Silva, 2017).

Portanto, ao perguntar aos estudantes a respeito do principal reservatório de carbono orgânico em ecossistemas terrestres, observou-se, que o compartimento “atmosfera” foi indicado pela Turma A como sendo o principal (39%), enquanto a Turma B indicou “solos” (56%), no QP. Já no QR, a Turma B permaneceu com a mesma resposta, apenas aumentando o percentual (89%), e a Turma A, dessa vez, apontou a opção “solos” (56%) (Figura 9). Portanto, destaca-se que, ao comparar os resultados das turmas, a Turma B obteve um melhor desempenho.

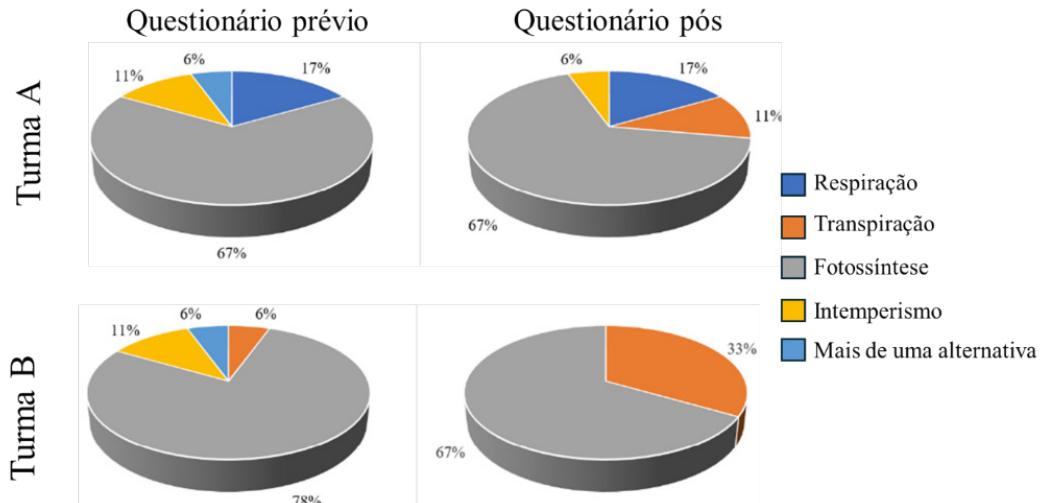
Figura 9 - Percentual das respostas dos alunos sobre o principal reservatório de carbono orgânico em ecossistemas terrestres.



Fonte: Autores (2024).

Em relação à pergunta “qual processo natural remove o dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e o armazena em forma de carbono orgânico?”, a opção mais escolhida pelas turmas nos QP e QR, foi a que indicava a “fotossíntese”. Observa-se um percentual de 67% para essa opção na Turma A, em ambos os questionários. E um percentual de 78% no QP, e 67% no QR, para a Turma B (Figura 10).

Figura 10 - Percentual das respostas dos alunos sobre qual o processo natural que remove o dióxido de carbono (CO₂) da atmosfera e o armazena em forma de carbono orgânico.



Fonte: Autores (2024).

Mediante a análise, foi possível perceber que o segundo processo mais indicado pelos alunos no QR foi o de “respiração”. Logo, esse dado sugere que possa haver algumas dificuldades quanto ao entendimento desses dois processos. Segundo Neumann e Lewandoski (2013), muitos estudantes chegam ao Ensino Médio com conhecimentos equivocados sobre nutrição vegetal, relacionando o gás carbônico como fonte de respiração e a liberação do oxigênio como resultado desse processo, além de confundir os metabolismos de respiração com a produção de oxigênio.

3.1.6 Relação entre GEE, aquecimento global e mudanças climáticas sob a perspectiva dos alunos

Por fim, sobre a relação entre GEE, aquecimento global e mudanças climáticas, boa parte dos estudantes não souberam responder a esse questionamento. Enquanto, aos que tentaram, apesar de saberem da existência dessa relação, não souberam explicá-la. A seguir estão transcritas algumas das respostas dos alunos que evidenciam essa questão:

- Aluno 17 (Turma A, QP): “Que as três podem ser pioradas pela ação humana”.
- Aluno 01 (Turma B, QR): “Esses assuntos todos têm muitas coisas em comum e se entrelaçam”.
- Aluno 02 (Turma B, QR): “Todas conseguem gerar impactos negativos na natureza”.
- Aluno 03 (Turma B, QR): “Todos esses prejudicam mais o mundo com muitos impactos.”.
- Aluno 09 (Turma B, QR): “Aquecimento global é ligado com efeito estufa, e que dá o desequilíbrio e causando mudanças climáticas”.

Logo, observou-se que ao responder esses questionamentos, os estudantes evidenciam novamente, uma compreensão confusa sobre “aquecimento global” e “efeito estufa”, visto que muitos indicaram o efeito estufa como um fenômeno negativo. Segundo Silva e Paula (2009) é preciso que os estudantes compreendam que esse fenômeno é necessário à existência da vida no planeta. E que apenas seu funcionamento em excesso, devido à emissão de GEE, é que se torna prejudicial, levando ao aquecimento global.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mediante a análise realizada acerca dos conhecimentos prévios dos estudantes, por meio dos questionários e nuvens de palavras, permitiu-nos a identificação das principais fontes de informação dos alunos, sendo elas, os “professores” e “livros didáticos”, o que evidencia o importante papel da escola nesse processo. Ademais, foi possível identificar que embora os discentes tivessem um nível de familiaridade com os temas explorados, em certos aspectos havia alguns equívocos conceituais, como a troca de conceitos entre “aquecimento global” e “efeito estufa”, e ainda, certa dificuldade em diferenciar causas e consequências dos fenômenos relacionados.

Além disso, com a realização da intervenção pedagógica utilizando metodologias diferentes em cada turma e a reaplicação do questionário, percebeu-se que apesar de haver uma melhor compreensão dos estudantes quanto à relação entre os setores ligados a produção de alimentos no Brasil e as emissões de GEE, em alguns momentos a Turma A continuou a apontar o setor de fontes de energia como maior emissor de GEE no Brasil. Com isso, ao comparar o desempenho entre as duas turmas, a Turma B, que teve como metodologia o uso do modelo Century obteve um melhor desempenho em relação a Turma A, conseguindo relacionar os conceitos de maneira mais clara.

Portanto, quanto a utilização da modelagem ambiental enquanto ferramenta pedagógica, os resultados obtidos através deste estudo mostram sua eficácia em promover uma melhor compreensão dos conceitos abordados. Contudo, torna-se imprescindível a reutilização do modelo, a fim de fortalecer sua aplicabilidade no contexto da educação básica.

5 REFERÊNCIAS

ALTHOFF, T. D. et al. Adaptation of the century model to simulate C and N dynamics of Caatinga dry forest be-

fore and after deforestation. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 254, p. 26–34, fev. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.11.016>.

ANDRADE, D. F. de. Implementação da Educação Ambiental em escolas: uma reflexão. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, v. 4, 2000.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. 1. ed. São Paulo: Edições 70, 2016.

BARROS, H. C. L.; PINHEIRO, J. Q. Dimensões psicológicas do aquecimento global conforme a visão de adolescentes brasileiros. **Estudos de Psicologia**, v. 18, n. 2, p. 173–182, jun. 2013. <https://doi.org/10.1590/S1413-294X2013000200002>.

BASSANEZI, R. C. **Ensino-aprendizagem com Modelagem matemática: uma nova estratégia**. 3. ed. São Paulo: Contexto, 2010.

BATISTA, A. V. S.; DONATO, C. R.; PINTO, A. de S. A abordagem das mudanças climáticas nos livros didáticos de Ciências da Natureza da rede pública estadual de Sergipe. **Scientia Plena**, v. 19, n. 12, 2023. DOI 10.14808/sci.plena.2023.122701. Disponível em: <https://www.scientiplena.org.br/sp/article/view/7312>. Acesso em: 31 jul. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Plano ABC – Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudanças Climáticas Visando à Consolidação de uma Economia de Baixa Emissão de Carbono na Agricultura**. Embrapa, 2009. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-agricultura-de-baixo-carbono/sobre-o-tema>. Acesso em: 20 de julho de 2024.

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

BUCKINGHAM, D. Aprendizagem e Cultura Digital. **Revista Pátio**, v. 11, n. 44, p. 1–5, jan. 2008.

CABECINHAS, R.; LÁZARO, A.; CARVALHO, A. Lay Representations on Climate Change. **International Association for Media and Communication Research (IAMCR), Proceedings of IAMCR's 25th Conference**, p. 504–508, 2006.

CARVALHO, J. L. N.; AVANZI, J. C.; SILVA, M. L. N.; MELLO, C. R. D.; CERRI, C. E. P. Potencial de sequestro de carbono em diferentes biomas do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 34, n. 2, p. 277–290, abr. 2010. <https://doi.org/10.1590/S0100-06832010000200001>.

CASTELLS, M. **A galáxia internet: reflexões sobre internet, negócios e sociedade**. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2004.

EFTTING, T. R. **Educação Ambiental nas Escolas Públicas: Realidade e Desafios**. 2007. 78 f. Pós Graduação em “Latu Sensu” Planejamento Para o Desenvolvimento Sustentável – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon, 2007.

IPCC. **Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC)**. 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/>. Acesso em: 15 ago. 2023.

JACOBI, P. R.; GUERRA, A. F. S.; SULAIMAN, S. N.; NEPOMUCENO, T. Mudanças climáticas globais: a resposta da educação. **Revista Brasileira de Educação**, v. 16, n. 46, p. 135–148, abr. 2011. <https://doi.org/10.1590/S1413-24782011000100008>.

KOVALSKI, M. L.; OBARA, A. T. Concepções Sobre Aquecimento Global por Professores do Ensino Fundamental. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 3, 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/267994399_CONCEPCOES_SOBRE_AQUECIMENTO_GLOBAL_POR_PROFESSORES_DO_ENSINO_FUNDAMENTAL.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo: EPU/EDUSP, 1987.

LEITE, L. F. C.; MENDONÇA, E. D. S. Modelo Century de dinâmica da matéria orgânica do solo: equações e pressupostos. **Ciência Rural**, v. 33, n. 4, p. 679–686, ago. 2003. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782003000400015>.

LOPES, K. F. P. **Desastres Naturais no Contexto das Mudanças Climáticas: Uma análise do ordenamento jurídico brasileiro em busca do marco regulatório para o direito dos desastres**. 2023. 15–162 f. Mestrado em Direito – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Direito, Natal, 2023.

MUNIZ, R. M. **Aquecimento Global: Uma investigação das Representações Sociais e Concepções de alunos da escola básica**. 2010. 165 f. Mestrado em Ensino de Ciências – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

NEUMANN, R.; LEWANDOSKI, H. **O estudo da fotossíntese mais próximo da realidade do aluno**. [S. l.]: Cadernos PDE: os desafios da escola pública paranaense na perspectiva do professor PDE, 2013. v. 1.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas globais: possíveis impactos nos ecossistemas do país. **Parcerias Estratégicas**, n. 12, p. 239–258, set. 2001.

PEIXOTO, A. M. da C. **Efeito de Estufa e Aquecimento Global: Um estudo com alunos de Física e Química de 3º Ciclo e Secundário**. 2009. Mestrado em Física – Área de especialização em Ensino – Universidade do Minho, Portugal, 2009.

PIVETTA, M. O clima no antropoceno: novo relatório do IPCC mostra que o homem impulsiona o aquecimento global e torna o planeta mais sujeito a eventos extremos, como ondas de calor e episódios de secas e chuvas intensas. **Pesquisa Fapesp**, v. 22, n. 307, p. 32–37, set. 2021.

PONTALTI, E. S. Projeto de Educação Ambiental Parque Cinturão Verde de Cianorte. **Associação de Proteção ao Meio Ambiente de Cianorte e Conselho Municipal do Meio Ambiente (APROMAC/COMMA)**, 2005.

PRAIS, J. L. D. S.; ROSA, V. F. D. Nuvem de Palavras e Mapa Conceitual: Estratégias e recursos tecnológicos na prática pedagógica. **Nuances: estudos sobre Educação**, v. 28, n. 1, p. 201–219, 14 abr. 2017. <https://doi.org/10.14572/nuances.v28i1.4833>.

RAMSDEN, A.; BATE, A. Using Word Clouds in Teaching and Learning. **University of Bath**, p. 1–6, 2008. .

SANTOS, E. T. A. dos. **Educação Ambiental na Escola: Conscientização da Necessidade de Proteção da Camada de Ozônio**. 2007. Pós-graduação em Educação Ambiental – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

SANTOS, T. C. dos. **Impactos das mudanças de uso da terra e manejo nos estoques de carbono do solo em diferentes biomas brasileiros**. 2019. Mestrado em Agronomia, Área de concentração em produção vegetal – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2019.

SEEG. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do**

Brasil / 1970-2021. [S. l.]: Observatório do clima, 2023.

SENA, L. de S.; PINHEIRO, A. P.; SOUSA, A. de; SERRA, I. M. R. de S. O Uso de Nuvem de Palavras como Es- tratégia de Inclusão e Inovação Pedagógica. **Video Journal of Social and Human Research**, v. 1, n. 2, p. 70–84, 30 dez. 2022. <https://doi.org/10.18817/vjshr.v1i2.27>.

SILVA, T. R. da; SILVA, B. R. da. Reflexões sobre a abordagem de Ciclos Biogeoquímicos no Ensino em Ciências: Considerações para o enfoque em CTS. **Revista do Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica**, v. 5, n. 2, p. 5–18, 2017.

SILVA, R. W. D. C.; PAULA, B. L. D. Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. **Terra e Didática**, v. 5, n. 1, p. 42–49, 2009. <https://doi.org/10.20396/td.v5i1.8637501>.

SOLOMON, S.; INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE; INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Orgs.). **Climate change 2007: the physical science basis: contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge ; New York: Cambridge University Press, 2007.

VILELA, R. B.; RIBEIRO, A.; BATISTA, N. A. Nuvem de palavras como ferramenta de análise de conteúdo. **Millenium - Journal of Education**, v. Technologies, p. 29-36 Pages, 31 jan. 2020. <https://doi.org/10.29352/MILL0211.03.00230>.

VOGADO, R. F.; SOUZA, H. A. D.; ALTHOFF, T. D.; MENEZES, R. S. C.; GUALBERTO, A. V. S.; CUNHA, J. R. D.; LEITE, L. F. C. Simulating soil carbon and nitrogen trends under an integrated system in the Brazilian Cerrado. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 46, n. 1, p. e62574, 11 out. 2023. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v46i1.62574>.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. de S.; DE ALMEIDA, R. F. Simulação dos estoques de Carbono e Nitrogênio pelo Modelo Century em Latossolos, no Cerrado Brasileiro. **Rev. Ciênc. Agron.**, v. 45, n. 2, 2014. Word Clouds. **Mentimeter**. Disponível em: <https://www.mentimeter.com/pt-BR/features/word-cloud>. Acesso em: 4 de outubro de 2023.