



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

IMPACTOS AMBIENTAIS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Yan Ramos Cardoso

ORIENTADOR: Prof. Dr. Fábio Souto de Almeida

**TRÊS RIOS - RJ
DEZEMBRO – 2023**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA**

IMPACTOS AMBIENTAIS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Yan Ramos Cardoso

Monografia apresentada ao curso de Gestão Ambiental, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental da UFRRJ, Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

**TRÊS RIOS - RJ
DEZEMBRO – 2023**

Cardoso, Yan Ramos, 1999 -

Impactos ambientais das mudanças climáticas/ Yan Ramos Cardoso. - 2023.
63f.: 12figs., 3tabs.

Orientador: Fábio Souto de Almeida.

Monografia (bacharelado em Gestão Ambiental) – Universidade Federal Rural do
Rio de Janeiro, Instituto Três Rios.

Bibliografia: f. 53-63.

1. Crise Climática. 2. Evento climático. 3. Justiça Climática.
I. Cardoso, Yan Ramos. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto
Três Rios. III. Impactos ambientais das mudanças climáticas.



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO TRÊS RIOS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO MEIO AMBIENTE - DCMA

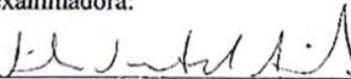
IMPACTOS AMBIENTAIS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Yan Ramos Cardoso

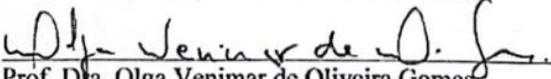
Monografia apresentada ao Curso de Gestão Ambiental como pré-requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Gestão Ambiental da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto Três Rios da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Aprovada em 11/12/2023

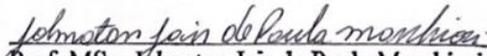
Banca examinadora:



Prof. Orientador Dr. Fábio Souto de Almeida



Prof. Dra. Olga Venimar de Oliveira Gomes



Prof. MSc. Johnatan Jair de Paula Marchiori

TRÊS RIOS - RJ
DEZEMBRO - 2023

Dedicatória

“À minha mãe, Rosemelia e ao meu pai, Gilson (*in memoriam*) minhas maiores inspirações, que me possibilitaram chegar até aqui.”

AGRADECIMENTO

Agradeço a Deus, a Vó e aos Orixás por abrirem meus caminhos e me manterem firme nessa jornada.

Agradeço a minha mãe, por acreditar em mim e por todo encorajamento e esforço. Sou grato por toda labuta, principalmente nos momentos difíceis, você é uma guerreira, te admiro muito. Minha heroína, você fez isso ser possível.

Agradeço ao meu pai, pelos conselhos em vida e todo empenho, hoje reconheço e agradeço cada esporro me incentivando a estudar. Você foi meu primeiro ídolo e continua sendo minha inspiração. Espero que esteja em paz e orgulhoso de mim.

Mãe e Pai, vocês são minhas maiores inspirações, vocês foram os melhores que puderam ser, agradeço pela educação, dedicação e oportunidades ofertadas, graças a vocês me tornei quem sou hoje. Obrigado, nós conseguimos!

Agradeço a Karine e Igor, meus irmãos. Obrigado por não me deixar desistir. Sou grato por todo companheirismo, ensinamento, cuidado, conversas, risos e incentivos, mesmo de longe, vocês foram extremamente importantes ao longo dessa caminhada, amo vocês.

Agradeço a Mariana, por ser essa pessoa incrível, luz na minha vida, obrigado por todo amor, carinho, conselho, paciência, incentivo, parceria e tantas outras coisas que poderia listar aqui. Obrigado por ser meu alicerce e tornar a vida mais alegre, colorida e agradável. Agradeço por me impulsionar, graças a você recuperei o norte da vida. Obrigado por tanto. “Deusa do Amor”.

Agradeço as minhas Avós, Eni e Maria Lúcia, por todo amor, sabedoria e cuidado ofertado desde que vim a esta vida. Obrigado por cada conselho, cada zelo e carinho. Essa conquista também é de vocês.

Agradeço a minha família por todo incentivo.

Agradeço a Liana, por todo apoio.

Agradeço a todos amigos de faculdade, em especial ao Miguel e Mateus, obrigado pela amizade, vocês tornaram essa caminhada mais leve e divertida.

Agradeço ao corpo docente da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - ITR, por todo conhecimento concedido. Agradeço em especial ao Fábio Souto, por orientar meu trabalho. Obrigado pelas dicas, conselhos e tempo cedido.

A tudo e todos que direta ou indiretamente fizeram parte de minha formação, o meu muito obrigado.

*“Vou aprender a ler
Pra ensinar meus camaradas.”
(Maria Bethânia, 2003 – Yáyá Massemba)*

RESUMO

As mudanças climáticas resultam da intensificação das atividades humanas, ocasionado o aumento da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera e amplificando o aquecimento global. O presente estudo tem como objetivo, expor os impactos ambientais causados pelas mudanças climáticas, bem como abordar desastres naturais no Brasil relacionados a eventos climáticos recentes. Para isso foi realizada revisão bibliográfica sobre o tema, possibilitando identificar impactos ambientais que poderão ser provocados pelas mudanças climáticas e suas consequências, que já estão sendo vivenciados. Foi possível constatar que as mudanças climáticas causarão variações no sistema climático, com o aumento da frequência de eventos climáticos extremos e causando diversos impactos nos sistemas socioeconômicos, geológicos e sobre a biodiversidade, colocando em risco a segurança alimentar, a abundância e a qualidade de recursos naturais, a saúde e a qualidade de vida de população. Foram constatadas diversas consequências negativas da tragédia no município de Petrópolis-RJ no ano de 2022 e dos extremos climáticos e desastres naturais no estado do Rio Grande do Sul e em outros estados da Região Sul do Brasil em 2023, demonstrando o cenário futuro sombrio que pode decorrer do aumento da frequência de eventos climáticos extremos. O conceito de vulnerabilidade também é discutido já que está ligado aos eventos climáticos, bem como o crescimento populacional e de áreas urbanas sem planejamento, escassez de infraestrutura e serviços públicos adequados. Além de estar ligado à ocupação de áreas de risco, principalmente pela população de baixa renda, e às características geográficas do local. Assim, as populações vulneráveis, em geral, habitantes de periferias, negros, indígenas, quilombolas, ribeirinhos e pequenos agricultores, embora sejam os menos responsáveis pelas mudanças climáticas, são afetadas mais gravemente pela crise climática, pois além de estarem mais suscetíveis aos desastres, os impactos nas áreas onde habitam geralmente apresentam maior magnitude. Nesse sentido, é fundamental o debate do Racismo Ambiental e da Justiça Climática, conceitos imprescindíveis para o planejamento da adaptação, prevenção e mitigação dos impactos das mudanças climáticas. Por fim o estudo destaca a urgência da adoção de medidas efetivas para mitigar os impactos da crise climática, priorizando populações vulneráveis.

Palavras-chave: Crise climática, Eventos climáticos, Justiça climática.

ABSTRACT

Climate change results from the intensification of human activities, causing an increase in the concentration of greenhouse gases in the atmosphere and amplifying global warming. The present study aims to expose the environmental impacts caused by climate change, as well as address natural disasters in Brazil related to recent climate events. To this end, a bibliographical review was carried out on the topic, making it possible to identify environmental impacts that could be caused by climate change and its consequences, which are already being experienced. It was possible to verify that climate change will cause variations in the climate system, with an increase in the frequency of extreme weather events and causing various impacts on socioeconomic, geological systems and biodiversity, putting in risk food security, abundance and quality of natural resources, health and quality of life of the population. Several negative consequences were found from the tragedy in the municipality of Petrópolis-RJ in 2022 and from climate extremes and natural disasters in the state of Rio Grande do Sul and other states in the Southern Region of Brazil in 2023, demonstrating the dark future scenario that could result from the increase in the frequency of extreme weather events. The concept of vulnerability is also discussed as it is linked to climate events, as well as population growth and unplanned urban areas, lack of infrastructure and adequate public services. In addition to being linked to the occupation of risk areas, mainly by the low-income population, and the geographical characteristics of the location. Thus, vulnerable populations, in general, inhabitants of peripheral areas, black people, indigenous people, quilombolas, riverside dwellers and small farmers, although they are the least responsible for climate change, are most seriously affected by the climate crisis, as in addition to being more susceptible to disasters, the impacts in the areas where they live are generally greater in magnitude. In this sense, the debate on Environmental Racism and Climate Justice is essential for planning adaptation, prevention and mitigation of the impacts of climate change. Finally, the study highlights the urgency of adopting effective measures to mitigate the impacts of the climate crisis, prioritizing vulnerable populations.

Keywords: Climate crisis, Climate events, Climate justice.

LISTA DE ABREVIACÕES E SÍMBOLOS

°C – Graus Célsius

ACNUR – Agência da ONU para Refugiados

CO₂ – Dióxido de Carbono

CONAMA – Conselho Nacional de Meio Ambiente

GEE – Gases de Efeito Estufa

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

IPCC – Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change)

MM – Milímetros

MMA – Ministério do Meio Ambiente

NOAA – Administração Nacional Oceânica Atmosférica

OIT – Organização Internacional do Trabalho

OMM – Organização Mundial de Meteorologia

ONU – Organização das Nações Unidas

OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde

PMRR – Plano Municipal de Redução de Riscos para o município de Petrópolis

PNMA – Política Nacional de Meio Ambiente

PNMC – Plano Nacional sobre Mudança do Clima

PPM – Partes por milhão

UN – Nações Unidas

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Concentração de CO₂ ppm do ano de 1960 a agosto de 2023. Fonte: NOAA. 24
- Figura 2.** Aumento da temperatura global do ano de 1850 a 2020. Fonte: IPCC, 2021. 24
- Figura 3.** Notícias revelando o aumento de eventos extremos devido as mudanças climáticas. Fonte: INMET (2023). 30
- Figura 4.** Notícias de extremos climáticos. Fonte: MetSul (2023). 31
- Figura 5.** Demarcação de áreas de risco alto e muito alto do PMRR do município de Petrópolis. Fonte: Prefeitura Municipal de Petrópolis (2017). 33
- Figura 6.** Gráfico do número de óbitos registrados em eventos de chuvas intensas e desastres naturais já ocorridos no município de Petrópolis-RJ, entre os anos de 1966 a 2022. Fonte: Adaptado de Blaudt et. al apud Prefeitura Municipal de Petrópolis (2023). 34
- Figura 7.** Deslizamento no Morro da Oficina no bairro Alto da Serra após a tragédia de 2022. Fonte: Mariana Rocha. 34
- Figura 8.** Escombros no bairro Vila Felipe após a tragédia de 2022 em Petrópolis-RJ. Fonte: Mariana Rocha. 35
- Figura 9.** Destroços na Vila Felipe após a tragédia de 2022. Fonte: Mariana Rocha. 36
- Figura 10.** Município de Lajeado-RS, atingido pela inundação após Rio Taquari atingir nível de 29,92 metros. Fonte: Coordenadoria Estadual de Prote o e Defesa Civil do Rio Grande do Sul. 38
- Figura 11.** Município de Muçum-RS após passagem do ciclone e tempestades intensas. Fonte: Coordenadoria Estadual de Prote o e Defesa Civil do Rio Grande do Sul. 39
- Figura 12.** Painéis da exposi o principal do Museu do Amanhã. Fonte: Arquivo pessoal. ..46

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Prováveis impactos ambientais consequentes das mudanças climáticas global. ...	19
Quadro 2. Classificação de desastres Naturais. Fonte: COBRADE (2019).....	25
Quadro 3. Prováveis impactos ambientais consequentes das mudanças climáticas global e algumas possíveis medidas mitigadoras.	42

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.2. OBJETIVO GERAL	16
1.2.1 Objetivos Específicos.....	16
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	19
3.1. TRAGÉDIA NO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS-RJ NO ANO DE 2022.....	32
3.2. EXTREMOS CLIMÁTICOS E DESASTRES NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL-RS E OUTROS ESTADOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL NO ANO DE 2023	37
3.3. MEDIDAS PARA MINIMIZAR AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS	40
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
5. REFERÊNCIAS	53

1. INTRODUÇÃO

A Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA - Lei Federal Nº 6.938 de 1981) indica que o meio ambiente inclui o conjunto de fatores que regem a vida, com a sua composição incluindo a socioeconomia, a diversidade biológica e os demais recursos naturais (Brasil 1981). Assim, a degradação ambiental se trata da “alteração adversa das características do meio ambiente” (Brasil 1981), incluindo a deterioração dos recursos naturais e das condições do meio ambiente, prejudicando a qualidade de vida do ser humano (Brasil 1981, Almeida et al. 2020).

Tendo em vista que os cidadãos e os seus bens materiais e mesmo imateriais são componentes no meio ambiente e que a degradação ambiental afeta negativamente a qualidade de vida da população e a sustentabilidade da produção de produtos e serviços, é essencial elaborar estratégias para evitar e reverter a degradação ambiental (Giongo & Giongo 2009, Marchiori & Almeida 2020). Para tal, é necessário gerar e divulgar conhecimento sobre os impactos ambientais ocasionados pelas ações antrópicas, para manter o meio ambiente dentro de parâmetros adequados para a vida humana e o desenvolvimento socioeconômico (Sanchez 2008, Almeida et al. 2017, Almeida 2020).

O modelo de vida adotado por elevada parcela da população mundial, especialmente nos países mais ricos, é fundamentado no consumo exacerbado de recursos naturais e de energia, obtida principalmente com fontes não renováveis (Silva et al. 2018). Desse cenário derivam inúmeros impactos ambientais negativos (Pereira & Horn 2009, Almeida et al. 2017, Mattos 2023). Na Resolução CONAMA 01 de 1986 observa-se impacto ambiental definido como:

“Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;

V - a qualidade dos recursos ambientais” (Brasil 1986).

Embora a Constituição brasileira indique em seu Artigo 225 que “todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida” (Brasil 1988), variados impactos ambientais provocados pelas ações humanas têm apresentado elevada magnitude, ocasionando a degradação da qualidade ambiental (Almeida et al. 2017, Almeida et al. 2023), processo que inclui mudanças no clima global (Giulio et al. 2019).

O efeito estufa proporciona o aquecimento da atmosfera da Terra por meio de um conjunto de gases presentes naturalmente na atmosfera, processo vital para que o planeta tenha temperatura que possibilite a vida humana, incluindo entre os gases de efeito estufa (GEE) os elementos metano (CH₄), clorofluorcarbonos (CFCs), dióxido de carbono (CO₂), ozônio (O₃), óxido nitroso (N₂O), além do vapor d’água (Marengo 2007, Silva & Paula 2009, MMA 2023). Contudo, atividades antrópicas têm ocasionado o aumento da concentração destes gases na atmosfera, com conseqüente aumento da temperatura média do planeta (Mattei & Cunha 2021). Existem diversas fontes de emissão de gases do efeito estufa, como as atividades industriais e agropecuárias, a utilização de veículos automotores e os incêndios florestais (Furriela 2005).

Com o aumento dos gases de efeito estufa, especialmente o CO₂, mais calor passa a ficar retido na atmosfera, provocando mudanças no sistema climático, resultando em maior ocorrência e intensidade de eventos climáticos extremos, acarretando em diversos impactos significativos ao meio ambiente (IPCC 2007, PBMC 2023).

As mudanças climáticas irão desencadear várias conseqüências danosas aos ecossistemas naturais, a saúde humana e também para as atividades produtivas, incluindo a agricultura e a pecuária (Távora et al. 2022). No entanto, cabe ressaltar a ocorrência de queimadas realizadas por produtores rurais e atividades indevidas de manejo agropecuário (Marchiori & Almeida 2020).

Tais impactos ambientais podem gerar conseqüências severas para a humanidade (IPCC 2018). Pesquisadores de todo o mundo têm desenvolvido estudos buscando prever as conseqüências do aquecimento global e a maioria dos países têm discutido formas de minimizar o problema, criando inclusive acordos internacionais (Agência Senado 2023). Entretanto, embora o assunto seja discutido, o cenário econômico global atual baseado na utilização de recursos finitos e na maior parte das vezes altamente poluentes, como o petróleo, e a influência do modelo atual do agronegócio, são responsáveis por grandes impactos ao meio ambiente, fazendo com que as metas de minimização das mudanças climáticas não sejam atingidas. Desse modo, é importante prever e divulgar as possíveis conseqüências das

mudanças climáticas, visto que esse conhecimento é essencial para traçar e executar estratégias para minimizá-los. Neste sentido, o presente trabalho apresenta uma lista de impactos das mudanças climáticas, além de discutir sobre desastres recentes relacionados com fatores climáticos que ocorreram no Brasil e que podem inclusive ter sido provocados ou agravados pelas mudanças climáticas.

A escolha do tema como objeto de estudo justifica-se pelo fato de que os impactos das mudanças climáticas já estão sendo vivenciados em todas as regiões do planeta, com relato de diversas tragédias em razão dos eventos climáticos extremos. Além disso, esse cenário pode se agravar. Sendo assim, a abordagem do estudo contribui na reflexão acerca das mudanças climáticas e pode colaborar para a elaboração de estratégias para reduzir os problemas causados pela elevação da temperatura média do planeta.

1.2. OBJETIVO GERAL

O presente estudo tem como objetivo expor os impactos ambientais causados pelas mudanças climáticas, bem como abordar alguns desastres naturais no Brasil relacionados a eventos climáticos recentes.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Apresentar alguns impactos ambientais resultantes das mudanças climáticas.
- Abordar desastres naturais associados a eventos climáticos extremos que ocorreram recentemente no Brasil, buscando entender e discutir sobre o cenário futuro no mundo com as mudanças climáticas.
- Apontar algumas medidas para mitigar os impactos das mudanças climáticas, contribuindo para o enfrentamento desta realidade.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a confecção do presente estudo foi realizado um levantamento bibliográfico, buscando artigos científicos publicados em periódicos, relatórios, livros, dissertações, teses, reportagens, dentre outras fontes de informações acerca das mudanças climáticas e suas consequências. Para obtenção da literatura sobre o tema foram utilizados diversos *websites*, como: IPCC.ch (relatórios do IPCC); *site* oficial da ONU (un.org); Google Acadêmico; SciELO; Periódicos CAPES; e BDTD/IBICT. Também foram adquiridas informações de diversas reportagens e notícias de portais conceituados, como BBC News Brasil; CNN Brasil; G1; INMET; MetSUL; e Observatório do Clima. Para nortear essas buscas foram utilizados diversos descritores, como: climatologia, efeito estufa, aquecimento global, atividades antrópicas, crise climática, mudanças climáticas, justiça climática, racismo ambiental, vulnerabilidade, eventos climáticos extremos, fenômenos climáticos, El Niño, impactos ambientais, desastres naturais, impactos das mudanças climáticas, alteração ambiental, agricultura sustentável, matriz energética, expansão energética, combustíveis limpos, hidrogênio verde, biocombustíveis, mitigação e adaptação climática, economia e mudanças climáticas, entre outros. Procedimentos metodológicos similares são amplamente utilizados em trabalhos científicos cujos resultados são fortemente baseados em revisão de literatura, inclusive estudos na área da Avaliação de Impactos Ambientais (Alves 2020, Oliveira 2021).

Entretanto, embora o tema das mudanças climáticas esteja cada vez mais em evidência, houve dificuldade na reunião de informações acerca de seus impactos, principalmente estudos relacionados aos desastres que vêm assolando várias regiões do mundo. Dessa forma, alertando que ainda há carência de informações científicas sobre os efeitos da crise climática, evidenciando que apesar do assunto ser discutido, essa escassez de materiais aliado a outros fatores, dificultam o enfrentamento das mudanças climáticas.

Contudo, a partir da revisão bibliográfica sobre o tema e com a organização das ideias foi possível atingir os objetivos do estudo. As alterações ambientais foram classificadas como sendo no meio físico, biológico ou socioeconômico, e as suas causas e consequências foram discutidas. Também foram sugeridas medidas mitigadoras, com o objetivo de contribuir para abrandar as alterações ambientais das mudanças climáticas.

Para discutir a perspectiva do cenário brasileiro futuro com as mudanças climáticas, devido a carência de pesquisas de desastres, foram estudados apenas dois desastres ambientais associados a eventos climáticos extremos que ocorreram recentemente: intensa precipitação

pluviométrica, alagamento, enchente e movimentos de massa em Petrópolis-RJ, no ano de 2022, e a intensificação do fenômeno El Niño acarretando em chuvas intensas, ciclones extratropicais, inundações, alagamentos e outros desastres no estado do Rio Grande do Sul-RS e outros estados da região Sul do Brasil, em 2023. Também se utilizou de revisão de literatura para obter informações sobre tais desastres, acessando reportagens de portais de notícias, *websites* institucionais e publicações científicas no Google Acadêmico, Portal de Periódicos CAPES, SCIELO e SCOPUS. Dentre as informações obtidas estão as consequências destes desastres.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram previstos diversos impactos ambientais negativos originados das mudanças climáticas, incluindo alterações no meio biológico, físico e socioeconômico (Quadro 1). Destaca-se que tais impactos ambientais poderão provocar outras alterações ambientais. Além disso, a complexibilidade dos eventos climáticos e a sua interação com outros componentes ambientais gera uma conjuntura que dificulta a compreensão total das mudanças que ocorrerão, incluindo o entendimento da magnitude destas mudanças. Assim, esta pesquisa visa contribuir para um melhor entendimento do cenário futuro.

Quadro 1. Prováveis impactos ambientais consequentes das mudanças climáticas global.

CONSEQUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS	
IMPACTOS	MEIO AFETADO
Alterações em processos ecológicos e perda de serviços ecossistêmicos	Biológico
Alterações nos habitats naturais e na disponibilidade de recursos	Biológico
Aumento no número de vetores transmissores de doenças	Biológico
Maior ocorrência de incêndios florestais	Biológico
Mortandade de indivíduos de variados grupos taxonômicos	Biológico
Mudanças na composição de espécies	Biológico
Mudanças na distribuição geográfica de espécies	Biológico
Perda de biodiversidade	Biológico
Perda de habitats naturais	Biológico
Redução de populações de animais e plantas	Biológico
Acidificação e aquecimento dos oceanos	Físico
Alteração da qualidade de água	Físico
Alteração da qualidade do ar	Físico
Anomalias na precipitação pluviométrica	Físico
Aumento da frequência de ocorrência de alagamentos e inundações	Físico
Aumento de descargas elétricas	Físico
Aumento de estiagem e seca extrema	Físico
Aumento na ocorrência de Tornados	Físico
Aumento no nível do oceano	Físico
Derretimento de geleiras e calotas polares	Físico
Desertificação de regiões	Físico
Maior frequência de enxurradas	Físico
Maior frequência de tempestades intensas	Físico

Maior frequência e intensidade de fenômenos climáticos como El Niño e outros	Físico
Maior ocorrência e intensidade de eventos climáticos extremos e desastres naturais	Físico
Movimentos de massa	Físico
Mudanças em características químicas e físicas do solo	Físico
Mudanças na umidade relativa do ar	Físico
Temperaturas extremas	Físico
Agravos a saúde humana	Socioeconômico
Alterações na incidência de pragas e doenças em plantas cultivadas	Socioeconômico
Aumento da pobreza	Socioeconômico
Aumento de desabrigados e refugiados	Socioeconômico
Aumento do consumo de energia	Socioeconômico
Crise na produção agrícola e agropecuária	Socioeconômico
Diminuição de insumos agrícolas	Socioeconômico
Diminuição de qualidade de vida	Socioeconômico
Diminuição na produção de alimentos	Socioeconômico
Impactos na agricultura familiar	Socioeconômico
Impactos na geração de energia	Socioeconômico
Insegurança alimentar	Socioeconômico
Maior risco para ribeirinhos e pessoas em vulnerabilidade social	Socioeconômico
Menor disponibilidade de água para consumo	Socioeconômico
Óbitos por desastres naturais, estresse térmico e outros ligados as mudanças climáticas	Socioeconômico
Redução da oferta de empregos	Socioeconômico
Redução da produção agropecuária	Socioeconômico
Redução da produção de bens e serviços/ Efeitos sobre o PIB mundial	Socioeconômico

Referências: IPCC (2007), IPCC (2014), IPCC (2018), IPCC (2022), ONU (2023), Lopes (2023), Nunes (2008), Furriela (2005), Souza (2011), Artaxo (2022), Dias (2014), Almeida (2020), Neves et al. (2021), Mota et al. (2014), UN (2022), Klintowitz et al. (2022), ACNUR (2020), Milanez & Fonseca (2011), Neves et al. (2021), OIT (2021), OPAS (2008), Louback et al. (2022), Távora et al. (2022), INMET (2023), BBC News Brasil (2023), MetSul (2023), CNN Brasil (2023), Resende (2023), Caram (2023), PBMC (2023).

A mudança no clima das diferentes regiões do globo terrestre afetará significativamente os sistemas socioeconômicos, geológicos e a biodiversidade (PBMC 2023, IPCC 2007). No meio biológico provavelmente ocorrerão graves impactos ambientais, pois as mudanças climáticas intensificarão a perda de habitats naturais, fenômeno que é apontado com uma das principais causas de extinção de espécies e já vem ocorrendo em grande escala

devido a diversas atividades humanas (Almeida & Vargas 2017, Primack & Rodrigues 2001). Os ecossistemas estão adaptados às condições climáticas naturais e as mudanças que ocorrerão em rápida escala não permitirão que muitas espécies se adaptem. Associado a isto, o aumento da incidência de incêndios, a perda e degradação dos habitats, com alterações na disponibilidade de recursos para as espécies, muito provavelmente acarretarão na extinção de espécies e na consequente redução da biodiversidade, acarretando em uma aceleração do processo corrente de extinção em massa (Almeida & Vargas 2017, Primack & Rodrigues 2001). Além disso, as mudanças nos climas regionais irão provocar a migração de espécies e a colonização de novos habitats, assim como espécies poderão deixar de ocorrer em outras regiões do planeta. Dessa forma, ocorrerão mudanças na distribuição geográfica de espécies e na composição de espécies nos diferentes ecossistemas. Como consequência dessa cadeia de eventos interligados, pode-se prever a perda de serviços ecossistêmicos.

Mudanças climáticas podem ocorrer por fatores naturais (Távora et al. 2022), mas atualmente foi agravada pelas ações humanas devido a intensificação de atividades agropecuárias, industriais, bem como geração e uso de energia e a queima de combustíveis fósseis no setor de transporte, que lançam gases de efeito estufa na atmosfera, aumentando a temperatura global (Neto 2010, Mattei & Cunha 2021). Assim, o aumento da temperatura do ar média no planeta é um impacto ambiental, podendo ocorrer inclusive temperaturas extremas. Como consequência desse processo, inúmeras outras alterações ambientais podem ocorrer, incluindo variações em outros atributos do clima das diferentes regiões do planeta, como em relação à precipitação pluviométrica, umidade relativa do ar e maior frequência e intensidade de fenômenos climáticos como o El Niño, tornados e de épocas de seca extrema. Associado a tais mudanças, é possível prever o aumento no nível do oceano, pelo derretimento de geleiras e calotas polares em função do aumento da temperatura do ar e da água do oceano.

A acidificação dos oceanos ocorre principalmente a partir do aumento da emissão de CO₂ na atmosfera, que é absorvido pelos oceanos, causando a diminuição do pH e, consequentemente, afetando os ecossistemas marinhos, ocasionando inclusive a perda de habitats naturais, mortalidade e mudanças na composição de espécies, perda da biodiversidade e serviços ecossistêmicos, além de impactar as atividades pesqueiras e causar insegurança alimentar e econômica (Alves et al. 2022). Além do aumento de dióxido de carbono na atmosfera, essa acidificação também ocorre por conta dos descartes inadequados de esgoto que contém resíduos plásticos (derivados de petróleo) e de Fármacos e Produtos de Cuidados Pessoais (FPCP), onde a partir de estudos foi possível constatar que a presença desses

resíduos, principalmente dos fármacos, acarreta na diminuição do pH do oceano e outros efeitos negativos ao ambiente marinho (Hatje et al. 2013, Guimarães 2019).

As mudanças climáticas resultam na maior ocorrência e intensidade de eventos climáticos extremos que vai acarretar em desastres naturais. Os eventos climáticos extremos podem ser compreendidos como ocorrências como inundações, expressivas tempestades, grandes geadas, ondas de calor ou secas prolongadas (Araújo 2012). As tempestades intensas poderão provocar inundações e movimentos de massa. O aumento da incidência e intensidade de desastres naturais impactarão a população pela perda de moradia e de outros bens materiais, perda de empregos, dano a economia local, além de ferir a dignidade humana e aumentar a incidência de doenças e até mesmo gerar mortes (Lopes 2023). Alguns destes problemas também serão provocados pelo aumento do nível do mar. Também poderá ocorrer a alteração da qualidade da água superficial e do solo, como impactos indiretos das mudanças climáticas, ou seja, alterações ambientais derivadas de outros impactos.

No caso do El Niño, este se caracteriza como um fenômeno climático de aquecimento das águas do Oceano Pacífico, enquanto que a La Niña se trata do resfriamento das águas do Pacífico, com ambos impactando a circulação atmosférica, a temperatura do ar e a precipitação pluviométrica, inclusive gerando períodos de seca ou chuvas intensas (Freire et al. 2011). As mudanças climáticas irão tornar o El Niño mais frequente e de maior magnitude, afetando principalmente as regiões Norte, Nordeste e Sul do Brasil, influenciando negativamente inclusive na produção agropecuária e, conseqüentemente, gerando menor produção de alimentos (Araújo 2012). Fato este que podemos observar através das temperaturas atuais e efeitos do El Niño em diversas regiões do Sudeste e Centro-Oeste brasileiro (Agência Brasil 2023).

Os impactos ambientais no meio biológico e no meio físico influenciam grandemente o meio socioeconômico, principalmente de forma negativa (Almeida et al. 2020). As mudanças no clima, como na umidade relativa do ar e o aumento da temperatura do ar, associadas à outras questões como a insegurança alimentar e as conseqüências de eventos climáticos extremos, colocarão a saúde da população em risco. Eventos climáticos extremos, como já mencionado, também poderão gerar a perda de residências, aumentando a população desabrigada e a pobreza, além de levar pessoas à morte. As culturas agrícolas e os animais domesticados para a produção de alimento e de matéria-prima estão adaptados às condições edafoclimáticas atuais das regiões onde os seres humanos os mantêm. Com as mudanças no clima ocorrerá então a redução da produção agropecuária, o que também pode acarretar em insegurança alimentar e pobreza, afetando principalmente a parcela da população que já está

em vulnerabilidade social. A agricultura familiar pode ser especialmente impactada em função da menor capacidade financeira para se adaptar às mudanças. A produção agropecuária pode ainda ser negativamente impactada pela mudança da distribuição geográfica de pragas e doenças, com os produtores rurais tendo que lidar com organismos nocivos às plantas e animais que até então conhecem (Bettioli et al. 2017).

Poderão ocorrer interferências nos processos de geração de energia, ao mesmo tempo que se prevê o aumento do consumo de energia, derivado por exemplo do uso de equipamentos para o resfriamento do ar em ambientes habitados e refrigeradores. É provável que ocorram ainda a redução da produção de bens e serviços, com efeitos sobre o PIB mundial e a redução da oferta de empregos. O que se apresenta é um cenário futuro de aumento da pobreza, redução da qualidade de vida da população e aumento na taxa de mortalidade, reduzindo a expectativa de vida.

Os meios físico, biológico e socioeconômico estão diretamente relacionados, o aumento da temperatura e a redução da precipitação pluviométrica em determinadas regiões pode levar a seca e desertificação, reduzindo a produção agropecuária e gerando insegurança alimentar, doenças e mortes, além da perda de serviços ecossistêmicos (Nunes 2008). Dessa forma, as mudanças climáticas geram impactos significativos nos mais diferentes compartimentos do meio ambiente, gerando a necessidade da população mundial se adaptar às mudanças (Furriela 2005). Todavia essa adaptação pode ocasionar no avanço da quantidade de gases do efeito estufa emitidos, pois pode ocorrer o maior uso de equipamentos que liberam esses gases. (Souza 2011, Artaxo 2022, UN 2023).

Desde o início da Revolução Industrial (1760) até o ano de 1960 estima-se que houve um aumento nos níveis de concentração de CO₂ atmosférico de 277 partes por milhão (ppm) para 317 ppm (Marengo 2007). Através de consultas no *site* da Administração Nacional Oceânica Atmosférica (NOAA), é possível observar que os níveis globais dos GEE estão aumentando excessivamente ao longo do tempo. Os dados mais recentes disponíveis na plataforma indicam que a concentração de dióxido de carbono atingiu por volta de 420 ppm em agosto de 2023 (Figura 1).

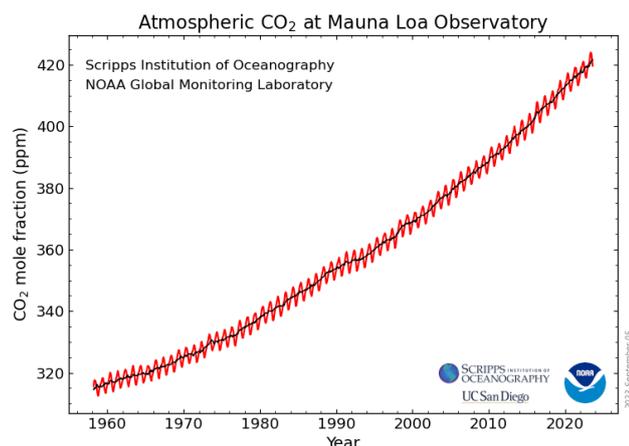


Figura 1. Concentração de CO₂ ppm do ano de 1960 a agosto de 2023. **Fonte:** NOAA (2023).

Com o aumento das emissões desses gases de efeito estufa nas últimas décadas, uma quantidade maior de calor passou a ficar retido na atmosfera, intensificando o aquecimento global (Figura 2), acarretando em mudanças no sistema climático e representando risco para o ser humano e para toda a biodiversidade (Marengo 2007, IPCC 2018). Segundo o alerta da Organização Meteorológica Mundial, no ano de 2022 a temperatura da Terra apresentou 1°C acima dos níveis pré-industriais pelo décimo ano consecutivo, com previsões de alcançar entre 1,08°C à 1,32°C acima da média, em 2023 (ONU 2022).

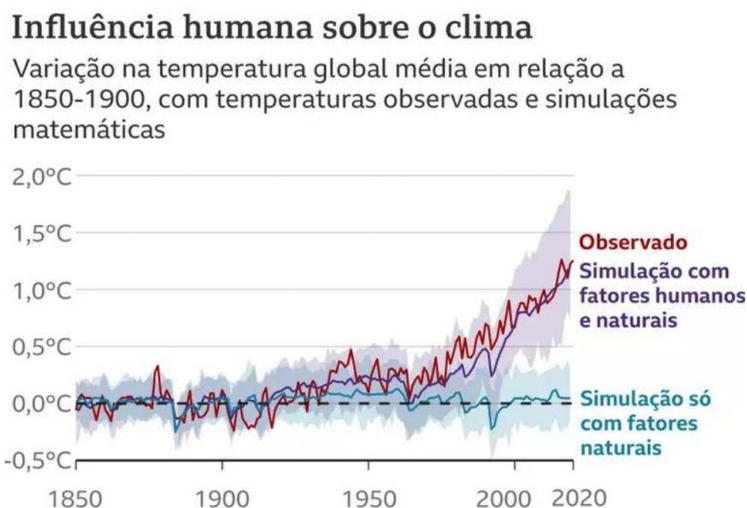


Figura 2. Aumento da temperatura global do ano de 1850 a 2020. **Fonte:** IPCC (2021).

Alguns impactos já estão sendo vivenciados nos dias atuais, gerando agravos a saúde humana e consequente diminuição na qualidade de vida, por exemplo, anomalias na

precipitação, tempestades intensas, estiagem e seca severas, incêndios florestais, ondas de calor extremos mais frequentes, variações na intensidade e frequência do El Niño, sucessivos e intensos eventos climáticos extremos e desastres naturais, entre outros impactos (IPCC 2018, Lopes 2023).

É importante ressaltar que um evento climático extremo não necessariamente irá resultar em um desastre, uma vez que o desastre natural está ligado às consequências dos eventos sobre um sistema social, mas as mudanças climáticas podem aumentar a frequência de eventos climáticos extremos e a frequência com que provocam variados danos nos sistemas biológicos e sociais (Artaxo 2022, Dias 2014). Os desastres naturais originam-se da interação entre os eventos e a forma de ocupação de uma área pelo ser humano (Saito 2015, Stieder et al. 2010). Esses desastres podem ser categorizados em hidrológicos, meteorológicos, climatológicos, geológicos, biológicos (Quadro 2), que são agravados pelas mudanças climáticas (Lopes 2023, COBRADE 2019).

Quadro 2. Classificação de desastres Naturais. Fonte: COBRADE (2019).

DESASTRES NATURAIS	
HIDROLÓGICOS	
SUBGRUPO	TIPO
Alagamento	-
Enchentes	-
Enxurradas	-
Inundações	-
METEOROLÓGICOS	
Ciclones	-
Temperaturas Extremas	Ondas de calor
	Ondas de frio
	Geadas
Tempestades	Tornados
	Tempestades de raios
	Granizo
	Chuva intensa
	Vendaval
	Nevasca
CLIMATOLÓGICOS	
Seca	Estiagem
	Seca

	Incêndio Florestal
	Baixa umidade do ar
GEOLÓGICO	
Terremoto	Tremor de terra
	Tsunami
Movimento de Massa	Deslizamento
	Corridas de massa
	Subsídências e colapsos
	Quedas, tombamentos e rolamentos
Erosão	Erosão continental
	Erosão costeira
	Erosão de margem fluvial
Atividade Vulcânica	-
BIOLÓGICO	
Infestações/Pragas	Infestações de animais
	Infestações de algas
	Outras infestações
Epidemias	Doenças infecciosas virais
	Doenças infecciosas bacterianas
	Doenças infecciosas parasíticas
	Doenças infecciosas fúngicas

As mudanças climáticas e os desastres naturais geram perdas socioambientais e econômicas significativas. Por exemplo, o aumento das precipitações e tempestades severas ocasionam inundações e movimentos de massa, gerando prejuízos à infraestrutura pública, no setor habitacional e comercial, a destruição de plantações e áreas agricultáveis (Mota et al. 2014). Além disso, estudos apontam aumento de temperatura e maior intensidade de secas em algumas regiões, afetando a agricultura e pecuária, com a redução na disponibilidade hídrica e atingindo também a biodiversidade, provocando perda de diversidade biológica e de serviços ecossistêmicos, redução de populações de animais e plantas e alterações nos ecossistemas (Neves et al. 2021).

Segundo dados do Banco Mundial no ano de 2022 os países da América Latina e do Caribe tiveram queda no PIB anual devido ao aumento dos desastres climáticos, assim como outros países do mundo também tiveram perdas significativas na economia (Banco Mundial 2022 Apud Lopes 2023). Além disso, foram realizados estudos onde estimou-se que esses

desastres climáticos causaram prejuízos bilionários aos cofres Brasileiros, sendo constatado que os setores mais afetados foram habitação e infraestrutura, comércio, agricultura, pecuária, indústria e abastecimento de água (Lopes 2023).

Também de acordo com uma notícia da CNN Brasil, as mudanças climáticas já geraram prejuízos de bilhões de reais à economia brasileira devido aos eventos extremos climáticos e desastres naturais, impactando a agricultura, pecuária, obras públicas, moradias, comércios locais e indústrias, afetando diretamente mais de 6 milhões de cidadãos (Resende 2023). Ainda, outra notícia, de Caram (2023) à Reuters, revelou que, segundo o banco mundial, as mudanças climáticas poderão levar cerca de 3 milhões de brasileiros à pobreza extrema, devido ao dano dos desastres naturais e extremos climáticos, exposição a doenças e óbitos, insegurança alimentar e redução da produtividade e disponibilidade de trabalho. Por fim, foi relatado que se não houverem medidas para frear as mudanças climáticas, cerca de 10% do PIB do Brasil será atingido, e os impactos socioeconômicos serão ainda mais graves com consequências na agricultura, abastecimento de água, mitigação de inundações e a geração de energia hidrelétrica (Caram 2023).

Ainda é importante citar que as mudanças climáticas resultam na alteração da dinâmica das doenças, com mudança e aumento na distribuição de vetores, hospedeiros e patógenos, contaminação de água e alimentos por microrganismos. Aumentando a incidência e o agravamento da dengue, malária, hepatites virais, leptospirose, entre outras (OPAS 2008).

As mudanças climáticas implicam em danos à saúde e qualidade de vida. Em vista disso é importante destacar o conceito de vulnerabilidade, que de acordo com a Lei nº 12.187 de 29/12/2009 da Política Nacional sobre Mudança do Clima é definida como:

“grau de suscetibilidade e incapacidade de um sistema, em função de sua sensibilidade, capacidade de adaptação, e do caráter, magnitude e taxa de mudança e variação do clima a que está exposto, de lidar com os efeitos adversos da mudança do clima, entre os quais a variabilidade climática e os eventos extremos” (Brasil 2009).

Dessa forma, a vulnerabilidade está ligada aos eventos climáticos, bem como a outros elementos como o crescimento populacional e de áreas urbanas sem planejamento, escassez de infraestruturas e serviços adequados, ocupação em áreas de risco ligado a pobreza, além das características geográficas do local (Santos 2016).

Assim, as populações vulneráveis como as que vivem em encostas e na beira de cursos d'água, assim como pequenos agricultores, incluindo pessoas de baixa renda, negras, indígenas e quilombolas, que não possuem infraestrutura básica, são mais afetadas pois os impactos dos desastres nas áreas onde habitam geralmente apresentam maior magnitude, levando a perda de moradia, insegurança alimentar e danos relacionados a dignidade humana, como doenças e óbitos (Artaxo 2022).

Segundo estudos do Instituto Pólis, pessoas negras, mães de baixa renda chefes de família e habitantes de periferias são as mais afetadas pelas mudanças climáticas e seus impactos, uma vez que essa população vive em áreas de risco estando mais suscetível aos deslizamentos, inundações e outros desastres naturais, evidenciando o racismo e a injustiça ambiental (Klintowitz et al. 2022).

As mudanças climáticas aumentam os fatores que levam as pessoas à pobreza e as mantêm nessa situação (UN 2022). Inundações e deslizamentos podem devastar favelas, destruindo moradias e meios de subsistência. Além disso a elevação da temperatura global pode dificultar o trabalho ao ar livre, levar a escassez de água e períodos de seca intensa e outros eventos extremos impactando na produção de alimentos e insumos, elevando os preços de produtos e serviços, agravando a desigualdade (IPCC 2022).

Os eventos climáticos vêm provocando o deslocamento de milhões de pessoas em situação de vulnerabilidade, deixando-os ainda mais passíveis à pobreza. Grande parte dos refugiados são de países mais vulneráveis e menos preparados para se adaptar aos impactos das mudanças climáticas (ACNUR 2020).

Logo, pessoas em situação de vulnerabilidade são afetadas mais gravemente pelas mudanças climáticas, embora sejam os menos responsáveis por estas mudanças (Milanez & Fonseca 2011). Nesse sentido, é fundamental o debate do Racismo ambiental, Justiça ambiental e Justiça Climática, uma vez que essas ideias evidenciam as desigualdades sociais, demandas e direitos das populações vulneráveis, dessa forma estes conceitos são imprescindíveis para o planejamento da adaptação, prevenção e mitigação dos impactos das mudanças climáticas (Lopes 2023). Sendo assim, é crucial incluir nas discussões as perspectivas e soluções a partir do viés das populações que sofrem historicamente as injustiças socioambientais (Louback et al. 2022).

O planejamento urbano inadequado, através da escassez de serviços públicos e distribuição errônea da infraestrutura, colabora para a existência da injustiça socioambiental e do racismo ambiental, gerando desigualdade e vulnerabilidade (Klintowitz et al. 2022). Além disso, as populações vulneráveis são mais afetadas pelos desastres colaborando com a

reprodução das desigualdades urbanas, econômicas e sociais (UN 2022, Klintowitz et al. 2022).

A Organização Internacional do Trabalho (OIT) divulgou que 80 milhões de vagas de empregos podem deixar de existir em função das mudanças climáticas global até 2030, principalmente nos países mais pobres (OIT 2021). Assim, esta é mais uma evidência que aponta que, apesar de todos os países serem afetados pelo aumento da temperatura média do planeta, os mais pobres sentirão as consequências com maior magnitude.

Por fim, é imprescindível, colocar a jovem mulher negra periférica no centro da discussão e reposicionar as estratégias políticas na busca de possibilidades para o enfrentamento do desafio ambiental e climático a partir da perspectiva de quem mais sofre os impactos. Essa crise já afeta todo o planeta, porém é sentida com mais intensidade em populações negras, indígenas, quilombolas, periféricas e suburbanas, pessoas em situação de vulnerabilidade que sofrem historicamente as injustiças socioambientais (Sanchez et al. 2023, Louback et al. 2022).

Nesse cenário, as mudanças climáticas continuam avançando, resultando no aumento da ocorrência e intensidade de eventos climáticos extremos e desastres naturais. Através de pesquisas em diversos *sites* confiáveis, é possível observar numerosas matérias, notícias, artigos e demais estudos relatando sobre estes acontecimentos motivado pelas mudanças climáticas (Figuras 3 e 4).



Figura 3 Notícias revelando o aumento de eventos extremos devido as mudanças climáticas.
Fonte: INMET (2023).



Figura 4. Notícias de extremos climáticos. **Fonte:** MetSul (2023).

A plataforma da MetSul é atualizada diariamente, possibilitando ver a previsão do tempo semanal e mensal de algumas regiões do Brasil, mapas, gráficos, monitoramento, vídeos, além de diversas notícias de extremos climáticos e desastres ambientais geradas pelas mudanças climáticas evidenciando os impactos no meio biológico, físico e socioeconômico (MetSul 2023), como mostra a Figura 4.

Podemos citar diversos extremos climáticos e desastres ocorridos nos últimos anos como, por exemplo, incêndios florestais na Austrália entre os anos de 2019 e 2020; catástrofe climática com tempestades intensas e enchentes no Paquistão em 2022, ondas de calor em diversas regiões do planeta no ano de 2023, chuvas intensas, inundações e deslizamentos no litoral de São Paulo em 2023, chuvas intensas e enchentes no estado do Ceará em 2023, enchentes devastadoras na Líbia em 2023, seca extrema histórica no estado do Amazonas em 2023. Entre tantos outros, provocando diversos óbitos e outros impactos sociais, ecológicos e econômicos.

De acordo com informações das Nações Unidas e notícias da BBC News Brasil, a tragédia no Paquistão ocorreu após chuva recorde no país, entre os meses de julho e agosto, a intensa precipitação levou a grandes inundações em diversas áreas, destruindo casas,

plantações, estradas e outras estruturas, além de serem registrados diversos óbitos. Estima-se que esse episódio gerou ao menos 10 bilhões de dólares em danos ao Paquistão. O governo atribui o evento às mudanças climáticas (BBC News Brasil 2022, UN 2022). Segundo as Nações Unidas, “Houve pelo menos 1,7 mil mortes e 33 milhões de pessoas afetadas, com 7,9 milhões de pessoas sendo deslocadas. A inundação ocorreu logo após uma onda de calor extrema em março e abril na Índia e no Paquistão” (UN 2022). Dessa forma indicando relação com as mudanças climáticas, que resulta em danos marcantes na sociedade, economia e meio ambiente.

Posto isso, é fundamental adotar medidas e ações imediatas, colocando-as em prática urgentemente com a finalidade de frear o aquecimento global, combater a crise climática e mitigar os seus impactos que já afetam, em níveis diferentes, todo o mundo, gerando perdas significativas em todos os meios.

3.1. TRAGÉDIA NO MUNICÍPIO DE PETRÓPOLIS-RJ NO ANO DE 2022

O clima de um local é influenciado conforme o relevo, a topografia, a vegetação, o tipo de uso do solo, dentre outros fatores (Mendonça & Meresco 2007). Assim como o clima, os Desastres Naturais também variam conforme estas condições, além da vulnerabilidade e influências da falta de serviços de infraestruturas e outras ações públicas. Dessa forma uma região com diversas montanhas e morros, após níveis de chuvas intensas é propensa a ter maior ocorrência de movimentos de massa.

O município de Petrópolis-RJ, está localizado na região serrana do Estado do Rio de Janeiro. Apresenta um clima tropical de altitude, com pluviosidade média anual de 2200 mm e períodos chuvosos no verão e entre os meses de outubro e março. A interação entre a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS), frentes frias recorrentes na região, e o relevo acidentado explica o clima chuvoso da cidade (Blaudt et al. 2023).

É importante destacar que a formação da cidade é controversa, onde de acordo com o planejamento inicial a cidade deveria ser ocupada apenas ao longo do curso dos rios, entretanto, o mal planejamento urbanístico da cidade não previu o crescimento populacional, levando diversas pessoas a se estabelecerem em áreas de risco alto, em encostas e morros, suscetíveis a movimentos de massas (Figura 5; Daré et al. 2022).

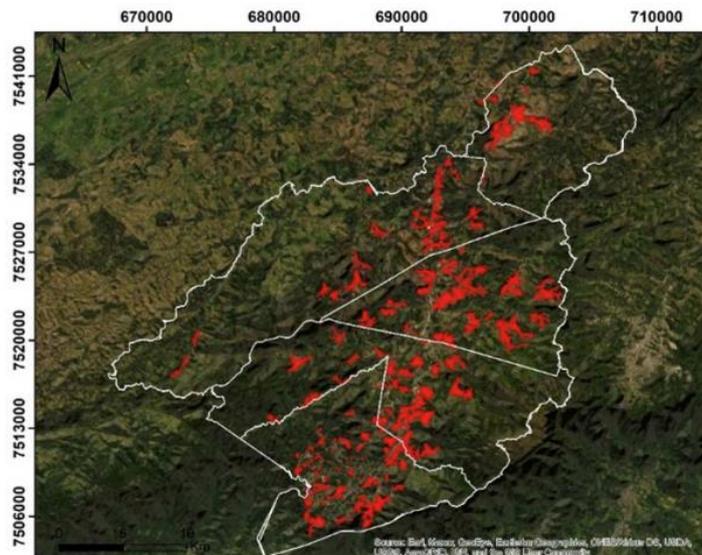


Figura 5. Demarcação de áreas de risco alto e muito alto do PMRR do município de Petrópolis. **Fonte:** Prefeitura Municipal de Petrópolis (2017).

Os dados do Plano Municipal de Redução de Riscos para o município de Petrópolis (PMRR), aponta a presença de numerosos imóveis em áreas de risco alto e muito alto, dentre elas as áreas afetadas mais gravemente pelas chuvas de 2022, como os bairros Alto da Serra, Castelanea, Chácara Flora, Centro, Caxambu entre diversos outros bairros ao longo de todo o município e seus distritos (Blaudt et al. 2023).

As inundações e movimentos de massa no município ocorrem desde o surgimento da cidade, por conta do padrão climático, da geomorfologia e pouco conhecimento sobre o comportamento fluvial das bacias da região no planejamento urbano e ocupação da cidade (Silva et al. 2019). Embora esses eventos sejam recorrentes na região, já tendo ocorrido outros desastres destrutivos levando a diversos óbitos (Figura 6) e outros impactos, não foram implementadas medidas de políticas públicas efetivas para melhorar a gestão de riscos de desastres de modo a diminuir a frequência e magnitude desses acontecimentos (Alcântara et al. 2023). Atualmente, com as mudanças climáticas, as chuvas se tornarão cada vez mais intensas e recorrentes, trazendo ainda mais riscos às populações em vulnerabilidade, criando alerta maior para a região.



Figura 6. Número de óbitos registrados em eventos de chuvas intensas e desastres naturais já ocorridos no município de Petrópolis-RJ, entre os anos de 1966 a 2022. **Fonte:** Adaptado de Prefeitura Municipal de Petrópolis Apud Blaudt et. al. (2023).

O crescimento populacional desordenado, sem intervenção pública levou a ocupação em áreas vulneráveis aos riscos, onde diversas pessoas vivem em encostas e morros, como o morro da oficina (Figura 7), um dos pontos mais afetados na tragédia de 2022. Assim, uma soma de fatores como o aumento da expansão urbana não planejada, mau uso do solo com superfícies com menor capacidade de infiltração, aliado a falta de políticas públicas e as fortes chuvas em consequências das mudanças climáticas saturando o solo, podem ter sido a causa da tragédia que assolou o município (Alcântara et al. 2023).

A tragédia ocorreu no dia 15 de fevereiro de 2022, quando uma chuva extrema atingiu o município de Petrópolis-RJ. De acordo com dados de monitoramento do CEMADEN, foram registrados 260 mm de chuva em um intervalo de poucas horas, o que saturou a fina camada de solo nas encostas, provocando movimentos de massa, além de inundações em diversos pontos da cidade (Blaudt et al. 2023).



Figura 7. Deslizamento no Morro da Oficina no bairro Alto da Serra após a tragédia de 2022, no município de Petrópolis-RJ. **Fonte:** Mariana Rocha (2022).

Segundo a Secretaria de Defesa Civil do Município de Petrópolis, foram registradas em torno de 6.300 ocorrências na cidade, cerca de 241 óbitos registrados, imensuráveis perdas materiais (Figura 8 e 9), diversas pessoas desabrigadas e desalojadas, além de indivíduos desaparecidos (Blaudt et al. 2023). Além dos danos físicos e socioambientais, houve grande perda econômica no município. De acordo com estudos da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan), estima-se a perda de mais de R\$ 660 milhões, equivalente a cerca de 2% do PIB do município em impactos diretos do evento, atingindo as áreas de moradia, comerciais, de produção, administrativa e setores públicos (Salles et al. 2022). Entretanto, um levantamento do Banco Mundial pôde prever prejuízo bilionário ao somar todos os danos e perdas decorrente da tragédia de 2022, apontando um prejuízo maior que o estimado em outros estudos (Siqueira et al. 2022).



Figura 8. Escombros no bairro Vila Felipe após a tragédia de 2022 em Petrópolis-RJ.

Fonte: Mariana Rocha (2022).

A partir de levantamentos geomorfológicos da região, sabe-se que diversos pontos do município são suscetíveis a desastres naturais, como movimentos de massas, inundações e alagamentos, em vista dos eventos climáticos extremos estarem se tornando mais recorrentes e intensos, com elevados níveis de chuva se condensando em curto espaço de tempo, é urgente colocar em prática ações eficientes para evitar ou minimizar a magnitude dos danos (Blaudt et al. 2023).

Dessa maneira é fundamental implementar políticas públicas e medidas, como o plano de ação de emergência para rápida evacuação de crianças, idosos e PcD, em caso de

movimentos de massa ou inundações, planos de fuga, melhoria nas condições urbanas, intervenções públicas auxiliando quanto a infraestrutura de habitações de pessoas vulneráveis, assistência a cidadãos de baixa renda para se reestabelecerem após esses eventos, planos de ações da Defesa Civil e demais órgãos indicando como salvaguardar a população durante e após o evento. Ademais, devido estarem exposto a maiores riscos, as pessoas que residem em áreas com alta vulnerabilidade devem ser priorizadas antes, durante e depois dos desastres (Daré et al. 2022).



Figura 9. Destroços na Vila Felipe após a tragédia de 2022, no município de Petrópolis-RJ.

Fonte: Mariana Rocha (2022).

Entretanto, segundo Manz (2022), embora exista a gestão de riscos no município, “ela está longe de ser efetivada na prática. Entre 2012 e 2014, o Brasil investia cerca de R\$2,5 bilhões anuais em prevenção de desastres. Em 2019 esse valor caiu para R\$300 milhões, sendo que apenas R\$99 milhões foram liquidados e nada foi utilizado na prevenção [...]” (Daré et al. 2022).

Portanto é válido dizer que a tragédia no município de Petrópolis-RJ no ano de 2022 resultou-se a partir da combinação de diversos fatores, dentre eles, as mudanças climáticas, a ocupação desordenada sem planejamento urbano adequado, o mau uso do solo, a falta de intervenções e ações públicas, além da falta da efetiva gestão de risco para mapeamento e prevenção aos desastres. Onde o extremo climático das fortes chuvas acima da média esperada, foi intensificado devido as alterações climáticas. Destaca-se o problema dos movimentos de massas e inundações, principalmente pela falta de ações, políticas e serviços públicos de infraestrutura, gerenciamento e prevenção de riscos, de maneira a minimizar os

danos da tragédia. Evidenciando que mesmo estes eventos sendo recorrentes no local, o município não está preparado para lidar com as mudanças climáticas e intensificação dos eventos extremos.

3.2. EXTREMOS CLIMÁTICOS E DESASTRES NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E OUTROS ESTADOS DA REGIÃO SUL DO BRASIL NO ANO DE 2023

Segundo Araújo (2012), observou-se no Brasil, um padrão nos efeitos climáticos do fenômeno El Niño em algumas regiões. Com a ocorrência do fenômeno, há um aumento da precipitação com tempestades severas na região Sul no país (Araújo 2012). A história da região do Rio Grande do Sul, indica que grandes enchentes ocorreram com ou sem a presença do El Niño ao longo dos anos, entretanto as maiores tempestades e enchentes históricas, ocorreram sob a presença do fenômeno (MetSul 2023).

Desde junho de 2023 as temperaturas da superfície do mar observadas mostraram um padrão do fenômeno El Niño, com águas quentes em grande parte do pacífico equatorial (INPE, 2023). Assim, essa água da superfície evapora com mais facilidade, formando grandes quantidades de nuvens carregadas, aumentando a ocorrência de chuvas acima da média na Região Sul, uma vez que o fenômeno interfere no padrão da circulação de ventos, impedindo que as frentes frias avancem da Região Sul para todo o Brasil (INMET 2023a).

Em meados do mês de agosto de 2023 a região sul apresentou sinais de atividade convectiva anômala, resultando na ocorrência de chuvas intensas em diversas cidades do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná, provocando variados desastres (Figura 10). Já no início de setembro de 2023 a pressão do ar baixou muito na região, assim o contraste de massas de ar quente com de ar frio acarretaram na ocorrência de ciclones extratropicais, agravando tempestades intensas, gerando inundações, movimentos de massa, rajadas de vento, tombamentos de árvores e construções e chuvas de granizo, provocando mortes, aumentando o número de desalojados e desabrigados, além de outros danos (Ismerim & Sasaki 2023).



Figura 10. Município de Lajeado-RS, atingido pela inundação após Rio Taquari atingir nível de 29,92 metros. **Fonte:** Coordenadoria Estadual de Prote o e Defesa Civil do Rio Grande do Sul (2023).

Conforme a meteorologista Maria Clara Sasaki (2023), os ciclones extratropicais são fenômenos naturais, porém o que mudou foi a intensidade dos sistemas. Segundo ela:

“As  guas dos oceanos estão mais quentes do que o normal e isso aumenta a intensidade dos ciclones extratropicais, por isso a gente tem chamado a aten o para esses sistemas que vem com rajadas de vento acima do normal, tempestades muito próximas umas das outras. A  gua mais quente serve de combustível para que essas áreas de baixa pressão ganhem intensidade” (Ismerim & Sasaki 2023).

Com isso, pode-se dizer que os ciclones extratropicais são fenômenos naturais, no entanto com o aquecimento do planeta e, conseqüentemente, dos oceanos, ocorre o aumento da intensidade e da recorrência destes fenômenos, que por sua vez são ainda mais influenciados pelo El Niño, potencializando estes eventos (INMET 2023). Como pôde se observar na Região Sul do Brasil, a ocorrência de mais de nove ciclones entre os meses de junho a novembro de 2023 (Figura 11), justificado pelo contraste térmico entre o Sul do continente e a Região Central do Brasil, que vem enfrentando temperaturas elevadas, e a intensifica o do El Niño (Trindade et al. 2023).

Os eventos que atingiram a Região Sul do país geraram inúmeros desastres, no Rio Grande do Sul o ciclone provocou fortes rajadas de ventos de 100 km/h, chuvas de granizo, inunda es, tombamentos de habita es e árvores, movimentos de massa, óbitos, perda de

produção agrícola, inclusive na agricultura familiar, entre outros danos, afetando milhares de pessoas e mais de 50 cidades do estado (Dias et al. 2023).



Figura 11. Município de Muçum-RS após passagem do ciclone e tempestades intensas.
Fonte: Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande do Sul (2023).

Segundo levantamento feito pela Confederação Nacional de Municípios (CNM), as tempestades causaram prejuízo bilionário. De acordo com a Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande do Sul houveram milhares de pessoas feridas, desabrigadas e desalojadas, além de diversos óbitos e desaparecimentos. Além desses danos ainda foi indicado prejuízos milionários nos setores habitacional, comercial, industrial, saúde e setor público (CNN 2023).

Além do mais, esses eventos ocorridos entre os meses de junho a novembro de 2023 já contabilizaram prejuízo maior que R\$ 1 bilhão no setor de agricultura e cerca de R\$ 82 milhões na pecuária no Rio Grande do Sul (CNM 2023). Ressalta-se que a região Sul do Brasil é responsável por expressiva parte da produção agrícola do país. Com a ocorrência do El Niño e eventos extremos que vem se tornando mais frequentes e intensos por conta das mudanças climáticas, há um impacto negativo na produtividade agrícola do país, gerando prejuízos sociais e econômicos de abrangência nacional (Araújo 2012).

Nesse sentido é necessário voltarmos atenção para estes desastres e adotar ações e serviços públicos eficientes de maneira a gerar mais adaptação visando a redução dos danos

destes eventos, que com o aumento da temperatura do planeta se tornarão mais frequentes e intensos. Como a implementação de sistemas agrícolas adaptados as mudanças climáticas (Assad 2021). Além de planos de gestão de riscos de modo em que os impactos na sociedade e natureza não sejam tão vastos e os prejuízos socioeconômicos sejam mínimos.

Dessa forma, podemos dizer que os recentes extremos e desastres naturais ocorrido no estado do Rio Grande do Sul foram influenciados pelo aquecimento da superfície dos oceanos e pelo fenômeno El Niño, que está sendo intensificado pelas mudanças climáticas, agravando suas fases, efeitos e os impactos causados, além de tornar estes fenômenos mais frequentes, acarretando em inúmeros eventos climáticos extremos e, conseqüentemente, desastres naturais, afetando gravemente a sociedade, a biodiversidade e a economia.

3.3. MEDIDAS PARA MINIMIZAR AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS E SEUS IMPACTOS

As mudanças climáticas continuam avançando, resultando no aumento da ocorrência e intensidade de eventos climáticos extremos e desastres por todo o planeta. Dessa maneira é preciso agir para conter essa crise climática e mitigar seus efeitos. Para tanto, é necessário diminuir as emissões de GEE e estabilizar sua concentração na atmosfera em um nível que não afete sobretudo a segurança alimentar, reduza os riscos à saúde e segurança da população e não influencie a adaptação natural dos ecossistemas (PBMC 2014). No entanto, combater as mudanças climáticas é um desafio complexo, visto que desde a revolução industrial o modo de vida de grande parte da população mundial é baseado no consumismo, o que intensifica as atividades industriais, energéticas, agrícolas e a pecuária (Pereira & Horn 2009). Além do mais, a maior parte dessas atividades humanas atualmente é dependente de combustíveis fósseis, que emitem quantidades exorbitantes de gases de efeito estufa, acarretando no aquecimento global (Neto 2010).

Dessa forma, o estilo de vida atual de uma parcela significativa da população favorece as mudanças climáticas, tornando a reversão desse quadro um grande desafio para a humanidade. Essa alteração já está causando efeitos importantes sobre os ecossistemas e organizações socioeconômicas, acarretando em diversos impactos ao redor do planeta (Artaxo 2022). Nesse sentido é urgente pensar e adotar medidas para conter as mudanças climáticas, mas também formas de mitigar os impactos causados por ela.

O uso de combustíveis que não elevem a concentração de GEE na atmosfera é uma alternativa. O número de veículos elétricos ou híbridos em circulação está crescendo, o que pode ser útil no combate ao aquecimento global. A redução do consumo de energia e adoção de fontes de energia limpa também são ações importantes, podendo ser adotado o aumento da produção de energia eólica e solar, por exemplo. Reflorestamentos podem auxiliar na redução de GEE no ar, pois as árvores fixam o carbono atmosférico, que passa a constituir parte do corpo das plantas.

Os impactos dos extremos climáticos que estão sendo vivenciados diariamente ilustram de forma exemplar e trágica como a humanidade ainda está despreparada frente às mudanças climáticas, demonstrando a falta de ações políticas para um desenvolvimento urbano mais igualitário, seguro e eficiente do ponto de vista da população, que promova melhorias nas infraestruturas e serviços ofertados, colaborando com a mitigação e adaptação do meio urbano às mudanças climáticas (Klintowitz et al. 2022).

Posto isto, para mitigar os impactos da crise climática, ofertando os devidos direitos aos cidadãos, é necessário que as autoridades públicas criem e executem o planejamento ambiental priorizando as populações vulneráveis. Neste ponto, é essencial que esta parcela da população participe no planejamento deste enfrentamento das mudanças climáticas. É essencial que esses cidadãos sejam estimulados a participar do enfrentamento da crise climática, que deve incluir a promoção da melhoria dos serviços públicos (Costa & Balieiro 2023).

A busca por alternativas vem sendo feita com intensidade em territórios periféricos. A ausência de políticas públicas em favelas, subúrbios e comunidades faz com que os próprios moradores criem iniciativas para enfrentar os desafios que a crise climática e ambiental apresenta. Como exemplos de alternativas podemos citar a Horta das Crianças, localizada na comunidade Vila Brasilândia no estado de São Paulo. Consiste em um espaço que promove a educação ambiental por meio de brincadeiras ecológicas, interação entre a comunidade na discussão do acesso à terra e projetos ambientais, através de plantios, uso de água de nascente, colheita coletiva e distribuição de alimentos orgânicos livres de agrotóxicos para a população da comunidade local (Sanchez et al. 2023). Além dessa, podemos citar o programa hortas cariocas, o programa consiste em hortas comunitárias instaladas em escolas municipais e em comunidades vulneráveis, onde tem como objetivos o combate a insegurança alimentar, promovendo o acesso a alimentos saudáveis e orgânicos, geração de renda para a população vulnerável, dar uso a áreas sujeitas a usos indesejados como lixão, além de promover a

educação ambiental por meio da agroecologia, compostagem, plantio de mudas entre outras atividades ambientais (Correia 2018). Entre diversas outras ações e projetos socioambientais.

Ações como estas são importantes no combate a injustiça climática e racismo ambiental diante do cenário atual, uma vez que além de combater a insegurança alimentar e demais prejuízos, promove a educação ambiental para estes cidadãos, possibilitando o entendimento da interação entre sociedade e natureza, as mudanças climáticas e seus impactos em níveis desiguais e a posição destas populações em meio a desigualdade, propiciando que possam cobrar serviços e políticas públicas descentes e segurança no enfrentamento dos eventos extremos e seus efeitos, reivindicando seus direitos básicos fundamentais assegurados pelo Artigo 225 da Constituição Federal de 1988. Além de capacitá-los incentivando o aumento de iniciativas e ações de enfrentamento a essa injustiça e as mudanças climáticas.

A partir da educação ambiental ficam elucidadas problemáticas que atravessam grande parte da sociedade, como a crise climáticas e seus impactos (Toaldo & Meyne 2013). Em vista disso, é fundamental a disseminação da educação ambiental para que seja possível o combate às mudanças climáticas e seus efeitos (Quadro 3). Pois a partir da educação é possível entender o meio ambiente em sua totalidade, as questões ambientais, a relação do ser humano com a natureza, garantindo a democratização das informações ambientais, estimulando consciência crítica a problemática socioambiental e a responsabilidade na preservação do equilíbrio do meio ambiente, entre outros princípios (Brasil 1999).

Quadro 3. Prováveis impactos ambientais consequentes das mudanças climáticas global e algumas possíveis medidas mitigadoras.

IMPACTOS	Medidas Mitigadoras
Alterações e perda de habitats naturais e na disponibilidade de recursos	Educação Ambiental; Reflorestamento; Estratégias <i>in situ</i> e <i>ex situ</i>
Aumento no número vetores transmissores de doenças	Redução da emissão de GEE; Reflorestamento; Recuperação da biodiversidade
Maior ocorrência de incêndios florestais	Educação Ambiental; Reflorestamento; Políticas públicas; Sistemas agrícolas e agropecuários sustentáveis
Mortandade de indivíduos de variados grupos taxonômicos	Educação Ambiental; Reflorestamento; Estratégias <i>in situ</i> e <i>ex situ</i>
Mudanças na composição de espécies	Educação Ambiental; Reflorestamento; Estratégias <i>in situ</i> e <i>ex situ</i>
Perda de biodiversidade	Educação Ambiental; Reflorestamento; Estratégias <i>in situ</i> e <i>ex situ</i>

Alterações em processos ecológicos e perda de serviços ecossistêmicos	Reflorestamento; Estratégias <i>in situ</i> e <i>ex situ</i>
Mudanças na distribuição geográfica de espécies	Educação Ambiental; Estratégias <i>in situ</i> ; Reflorestamento
Acidificação e aquecimento dos oceanos	Redução da emissão de GEE; Tecnologias emergentes
Aumento da frequência de ocorrência de alagamentos e inundações	Educação ambiental; Políticas públicas; Replanejamento territorial
Alteração da qualidade do ar	Redução na emissão de GEE; Reflorestamento; Fontes de energia renovável; Tecnologias emergentes;
Anomalias na precipitação pluviométrica	Redução na emissão de GEE; Reflorestamento
Maior frequência de tempestades intensas	Redução na emissão de GEE; Reflorestamento; políticas públicas de gestão de risco e adaptação
Aumento de descargas elétricas	Reflorestamento; políticas públicas de gestão de risco e adaptação
Aumento de estiagem e seca extrema	Redução na emissão de GEE; Reflorestamento;
Aumento na ocorrência de Tornados	Políticas Públicas de gestão de risco;
Aumento no nível do oceano	Redução na emissão de GEE; Reflorestamento; Fontes de energia renovável
Derretimento de geleiras e calotas polares	Redução na emissão de GEE; Reflorestamento; Fontes de energia renovável
Desertificação de regiões	Educação Ambiental; Reflorestamento; Recuperação da biodiversidade
Maior frequência de enxurradas	Reflorestamento; Recuperação da biodiversidade; Políticas Públicas de gestão de risco
Maior frequência e intensidade de fenômenos climáticos como El Niño e outros	Redução na emissão de GEE; Reflorestamento
Maior ocorrência e intensidade de Eventos climáticos extremos e desastres naturais	Redução na emissão de GEE; Reflorestamento; políticas públicas de gestão de risco
Movimentos de massa	Educação Ambiental; Bom uso do solo; Reflorestamento; políticas públicas de gestão de risco
Mudanças na umidade relativa do ar	Redução na emissão de GEE; Reflorestamento; Tecnologias emergentes
Temperaturas extremas	Redução na emissão de GEE; Reflorestamento; Tecnologias emergentes
Mudanças em características químicas e físicas do solo	Mudança no uso do solo; Reflorestamento; Recuperação da biodiversidade

Alteração da qualidade de água	Reflorestamento; Recuperação da biodiversidade
Agravos a saúde humana	Educação Ambiental; Reflorestamento; Recuperação da Biodiversidade; políticas públicas
Aumento da pobreza	Políticas Públicas; Hortas comunitárias; Adaptação de empregos
Aumento de desabrigados e refugiados	Redução na emissão de GEE; políticas públicas
Crise na produção agrícola e agropecuária	Sistemas agrícolas e agropecuários sustentáveis
Diminuição de insumos agrícolas	Sistemas agrícolas sustentáveis; Biotecnologias
Redução da produção agropecuária	Sistemas agrícolas e agropecuários sustentáveis; Reflorestamento; Biotecnologias
Alterações na incidência de pragas e doenças em plantas cultivadas	Reflorestamento; Recuperação da Biodiversidade; Sistemas agrícolas sustentáveis
Aumento do consumo de energia	Educação Ambiental, Expansão da matriz energética
Impactos na geração de energia	Expansão da matriz energética; Tecnologias emergentes
Diminuição de qualidade de vida	Redução na emissão de GEE; Recuperação da Biodiversidade
Diminuição na produção de alimentos	Sistemas agrícolas e agropecuários sustentáveis, biotecnologias
Impactos na agricultura familiar	Sistemas agrícolas sustentáveis; Políticas Públicas; Biotecnologias
Insegurança alimentar	Sistemas agrícolas e agropecuários sustentáveis; Biotecnologias; Hortas comunitárias; políticas públicas
Maior risco para ribeirinhos e pessoas em vulnerabilidade social	Educação Ambiental; Reflorestamento; Recuperação da biodiversidade
Menor disponibilidade de água para consumo	Educação ambiental; Reflorestamento; Recuperação da biodiversidade
Redução da produção de bens e serviços/ Efeitos sobre o PIB mundial	Recuperação da biodiversidade, Redução na emissão de GEE; Sistemas agrícolas e agropecuários sustentáveis; políticas públicas
Redução da oferta de empregos	Educação Ambiental; Adaptação de empregos; políticas públicas
Óbitos por desastres naturais, estresse térmico e outros ligados as mudanças climáticas	Reflorestamento; Políticas públicas; Adaptação

Referência: Almeida & Vargas (2017); Assad (2021); Brasil (1999); Costa & Pereira, J. (2019); Schembergue (2017); Pereira & Lima (2018); Santos & Oliveira (2021); Ramalho et. al (2022); Carmo (2021); Fonseca et. al (2017); Toaldo & Meyne (2013); OPAS (2008); OIT (2021).

Assim, a educação pode provocar mudanças de comportamentos e modificar ações, estimulando alternativas relevantes para a sociedade. Dessa forma, entende-se que a educação ambiental, o acesso e o entendimento de tópicos como efeito estufa, aquecimento global, mudanças climáticas, sustentabilidade, entre outros, é imprescindível a todos, sendo uma das principais ferramentas para o enfrentamento às mudanças climáticas e injustiças ambientais. A partir da capacitação, principalmente das novas gerações, os tornando conscientes das necessidades ecológicas para o meio ambiente equilibrado é possível traçar medidas de combate à crise climática (UNICEF 2023).

Através da educação ambiental e consequente conscientização da sociedade, é possível ocasionar uma mudança nos hábitos de grande parte da população que são prejudiciais ao meio ambiente, como hábitos consumistas, alimentares, desperdício de água, excesso de uso de energia, descarte inadequado de resíduos, queimadas, entre outros hábitos maléficos (Toaldo & Meyne 2013).

Há diversas formas de promover a educação ambiental, por exemplo, através de matéria no currículo escolar, brincadeiras ecológicas, histórias, teatros, museu (Figura 12), filmes, livros, além de ações como mutirões de limpeza de rios e suas margens, reflorestamentos com o plantio de mudas nativas em determinados ecossistemas, explicando a importância para o equilíbrio ecológico e no combate as mudanças climáticas, ações de conscientização ambiental frente ao desmatamento, queimadas, aumento de GEE, entre outras ações.



Figura 12. Painéis da exposição principal do Museu do Amanhã. **Fonte:** Arquivo pessoal.

O Museu do Amanhã localiza-se no município do Rio de Janeiro-RJ e trata-se de uma alternativa de atividade educadora e acessível a diversas realidades sociais. O museu consiste em um ambiente que abarca ideias e questionamentos acerca das expressivas mudanças ambientais que ocorrem atualmente e os possíveis cenários futuros, abordando o avanço das ações humanas que impactaram o modo de vida da população, a biodiversidade e o clima global, podendo colaborar para ampliar o conhecimento do visitante e o seu entendimento sobre a realidade atual, com consequências sobre as suas atitudes (Museu do Amanhã 2023). Mostrando a importância da propagação de conhecimentos sobre o meio ambiente no enfrentamento da crise ambiental e climática. Elucidando que a partir da educação ambiental é possível frear as mudanças climáticas e mitigar diversos impactos causados por ela.

Para além de fomentar a educação ambiental é de extrema importância desenvolver outras medidas para diminuir as mudanças climáticas, assim podemos citar a importância de modificar a forma de agricultura tradicional, que é responsável por uma parcela relevante das emissões mundiais de GEE, além de ser responsável por grande parte do desmatamento e mau uso do solo. Dessa forma é imprescindível alterar a agricultura tradicional para sistemas

agrícolas sustentáveis, com a agroecologia e agroflorestas, entre outros. Ou seja, modificar para práticas de manejo que aproveitem a biodiversidade, os serviços ecossistêmicos e os processos ecológicos naturais como base, aumentando a diversidade e capacidade das culturas e da pecuária de se adaptar as mudanças climáticas, além de aumentar a produção agrícola e agropecuária, produzindo alimentos não contaminados por agrotóxicos, fazendo bom uso do solo, reduzindo as emissões de GEE, o desmatamento e outras práticas insustentáveis (Assad 2021).

Assim é importante que a alteração para estes sistemas sustentáveis seja incentivada, dando maiores condições de investimento, maiores oportunidades entre outras ações. Entretanto, o desafio das diferenças socioeconômicas são o maior entrave para essa modificação, uma vez que grande parte dos produtores agrícolas são de baixa renda ou de extrema pobreza, assim uma importante parcela destes setores precisará de apoio governamental para adotar ações adaptadas as mudanças climáticas, incluindo apoio financeiro e assistência técnica, possibilitando a mudança dos sistemas em todas as classes (Schembergue 2017).

Aliados à educação ambiental, alteração de sistemas agrícolas para sustentáveis e consequente bom uso do solo, o reflorestamento é uma ferramenta eficaz e essencial na minimização das mudanças climáticas e mitigação dos seus efeitos (Costa & Pereira 2019). Uma vez que o reflorestamento possibilita a recuperação de diversas áreas degradadas por atividades humanas, revertendo os danos ambientais causados pelo desmatamento, exploração inadequada e outras atividades. Assim, restaurando ecossistemas e habitats essenciais outrora perdidos, promovendo a proteção da biodiversidade e conservação dos recursos naturais (Pereira & Lima 2018).

Ademais, uma área reflorestada contribui significativamente para a captura de carbono da atmosfera e consequente redução do efeito estufa, já que o processo de retirada de dióxido de carbono da atmosfera ocorre por meio da fotossíntese das plantas e pela absorção do solo e oceanos. Dessa forma as florestas além do papel fundamental na regulação climática, contribuem diretamente na redução do efeito estufa e do aquecimento global, minimizando as mudanças climáticas e seus impactos (Santos & Oliveira 2021).

Ainda podemos citar que o a educação ambiental aliada ao reflorestamento, possibilita a restauração e conservação da biodiversidade de flora e fauna propiciando melhora na qualidade da água, ar e solo ocasionando melhor infiltração de água no solo, auxiliando na diminuição de enchentes, além de colaborar com a capacidade produtiva e combate de pragas

e doenças em plantações favorecendo a agricultura. Ainda reforçando a educação ambiental (Almeida & Vargas 2017).

Nesse sentido a recuperação e conservação da biodiversidade é imprescindível, para mitigação das mudanças climáticas e seus impactos. Para isso é possível adotar estratégias *ex situ* e *in situ*. A conservação *in situ*, preservando as comunidades bióticas em seu habitat natural, visando manter populações viáveis das espécies e a sua diversidade genética, sendo possível realizar intervenções pretendendo atingir esses fins, essas estratégias são adotadas geralmente em unidades de conservação, mas também em Terras Indígenas, Áreas de Preservação Permanente e Reserva Legal (Almeida & Vargas 2017). Já a *ex situ* consiste na conservação das espécies e de recursos genéticos fora de seu habitat natural, podendo ser mantidos indivíduos, células germinativas ou material genético em condições artificiais (José et al. 2019).

Desde a revolução industrial, os combustíveis fósseis são a base de grande parte das atividades humanas, como geração de energia, atividades industriais, agrícolas, pecuária, transportes, entre outras atividades. Essas atividades realizadas a partir do uso de combustíveis fósseis acarreta no aumento de GEE na atmosfera e conseqüentemente no agravamento do efeito estufa e aquecimento global (Furriela 2005). Assim é um grande desafio desatrelar essas atividades aos combustíveis fósseis, entretanto com o aumento da preocupação ambiental por parte da população, as empresas estão revendo suas estratégias de negócios e comunicação, para passar uma imagem “verde”. Dessa forma tornando as atividades não tão dependentes de fontes não renováveis, diminuindo a dependência de combustíveis fósseis, melhorando suas imagens para investidores (Santos 2019).

Para além disso, o setor de geração de energia é responsável por grande parte das emissões de gases de efeito estufa, uma vez que a matriz energética mundial é predominantemente a partir de fontes não renováveis, principalmente como derivados do petróleo, carvão mineral e gás natural. Agravando as mudanças climáticas e seus efeitos (Barros 2007). Em decorrência dos extremos climáticos e catástrofes climáticas que assolam o mundo, é urgente a ampliação da matriz energética, com acréscimo de fontes de energia renováveis e menos poluentes (Souza 2018).

Embora ainda não exista uma fonte de energia totalmente limpa, as fontes renováveis são pouco poluentes e menos agressivas ao meio ambiente, dentre elas podemos citar a energia: solar, eólica, hidráulica, biomassa, geotérmica e maremotriz. A ampliação da matriz energética e o aumento do uso de energias renováveis podem diminuir as emissões de GEE, além de ser relevante a diversificação dessa matriz, diminuindo o risco de desabastecimento, a

energia limpa ainda reduz o impacto ambiental no fornecimento de eletricidade necessária para as diversas atividades humanas (Ramalho et al. 2022).

Assim a expansão da matriz energética, com energias de fontes renováveis é crucial e eficiente no enfrentamento as mudanças climáticas, pois por serem oriundas de recursos naturais renováveis e de fácil aquisição, como sol e vento, são mais baratas que as tradicionais, além de diminuir a produção de dióxido de carbono e conseqüentemente o aquecimento global, para produção de energia, exigindo menor intervenção no meio ambiente para produção, auxiliando também na redução de impactos ambientais.

O setor de transportes num geral é responsável por elevada emissão de GEE, onde os veículos em sua maioria são abastecidos principalmente por gasolina e diesel, entre outros combustíveis fósseis poluentes. Agravando ainda mais as mudanças climáticas e seus impactos. Dessa forma demonstrando a necessidade do desenvolvimento e uso de combustíveis limpos, como os biocombustíveis, hidrogênio, solar, eletricidade, entre outros, no enfrentamento as mudanças climáticas. Dentre os combustíveis limpos se destacam o hidrogênio e a eletricidade, onde estudos apontam que estes serão a fonte base para uma sociedade sustentável, uma vez que o hidrogênio ao entrar em combustão produz água, sendo um combustível não poluente, além de poder ser produzido a partir da eletrólise e processos biológicos como a fermentação anaeróbica (Silva 2016, Barroso et al. 2022). Sendo assim, visando minimizar o aquecimento global e combater as mudanças climáticas, são imprescindíveis o desenvolvimento e o fomento do uso de combustíveis limpos pelos veículos existentes, reduzindo a emissão de GEE.

Ainda podemos citar a conferência das partes (COP), que consiste no órgão supremo da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), que juntam representantes, organizações e atores não estatais em reuniões principalmente sobre mudanças climáticas, perda de biodiversidade e desertificação (UNFCCC s.d). Essas conferências são uma ferramenta de extrema importância para a redução das mudanças climáticas, pois são norteadoras de ações, acordos e outros instrumentos em conjunto entre diversos países, visando o combate as mudanças climáticas e seus impactos (CETESB 2013).

Algumas COP com ações e acordos marcantes como: O protocolo de Kyoto adotado na COP 3 com o compromisso de reduzir as emissões de GEE nos países industrializados; a COP 15 definindo o objetivo de manter o aquecimento global abaixo de 2°C, além de os países desenvolvidos ajudarem financeiramente os países em desenvolvimento para mitigação e adaptação as mudanças climáticas; a COP 21 com o acordo de Paris, que consiste em manter

o aquecimento global abaixo de 2°C em comparação com a era pré-industrial além de esforços para limita-lo a 1,5°C. Além de outros acordos importantes no combate as mudanças climáticas (UNFCCC 2023). A partir desse norte, é possível traçar e adotar políticas públicas mais efetivas para restringir as emissões de GEE, principalmente pelos países desenvolvidos, uma vez que são os maiores emissores. Além de ações que incentivem a educação ambiental, aumento de áreas de conservação, o reflorestamento, alteração do sistema agrícola e pecuário para sistemas sustentáveis, expansão da matriz energética, desenvolvimento e uso de combustíveis limpos, fiscalização, capacitação e combate a incêndios florestais e desmatamentos, entre outras ações (PBMC 2014).

Nesse sentido é fundamental a adoção de políticas públicas eficientes no combate as mudanças climáticas e seus impactos, com ações que incentivem a redução dos GEE nos meios de produção, transição energética, educação ambiental, reflorestamento, programas estratégicos de proteção da saúde, sistema de vigilância de doenças, além do replanejamento urbanístico, acesso a saneamento básico e medidas efetivas em gestão de risco para mapeamento e prevenção aos desastres, principalmente em áreas vulneráveis, fazendo com que os extremos climáticos e seus danos sejam reduzidos (IPCC 2014, OPAS 2008).

O avanço da tecnologia aliada aos estudos contribui para a minimização das mudanças climáticas, onde cada vez mais a somatização de pesquisas e levantamentos de dados facilita na compreensão acerca do tema, possibilitando a inovação de ideias para mitigar seus efeitos. Desde a promoção da educação ambiental, reflorestamento como estratégia de absorver CO₂ da atmosfera, expansão da matriz energética aumentando a geração de energia por fontes renováveis, desenvolvimento e uso de combustíveis limpos em transportes, alteração do modelo tradicional de agricultura e agropecuária para sistemas sustentáveis, até o desenvolvimento de equipamentos tecnológicos de captura de CO₂ do ar (Gambhir & Tavoni 2019).

As tecnologias emergentes que removem os GEE da atmosfera ou impedem que sejam liberados, são instrumentos inovadores que sendo instalados em fontes pontuais em atividades poluidoras, captura as emissões dessas atividades, assim poderão ajudar na contenção e diminuição do efeito estufa e consequente aquecimento global (Gutknecht & Charles 2019). Entretanto ainda existem controvérsias sobre essa tecnologia, pois são equipamentos caros, ajudam a perpetuar a dependência e grande uso de combustíveis fósseis, ainda existem incertezas sobre seus impactos, além de acarretar em consequências danosas se os produtos químicos utilizados na fabricação e no descarte dos solventes no final de sua vida útil não forem manuseados de maneira ambientalmente responsável (Gambhir & Tavoni 2019).

Sendo assim essas tecnologias ainda precisam ser mais desenvolvidas e avaliadas, reduzindo seus efeitos negativos, para que num futuro próximo estes equipamentos aliados a outras estratégias de mitigação anteriormente citadas, sejam implementadas reduzindo o aquecimento global e os seus impactos.

Assim a redução dos níveis de GEE na atmosfera é fundamental para mitigar as mudanças climáticas e seus efeitos. Adotando ações abordadas ao longo do presente trabalho é possível atingir esse objetivo, mitigando os diversos possíveis impactos consequentes das mudanças climáticas outrora descritos (Quadro 1 e 2).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As mudanças climáticas ocorrem por causas naturais e antrópicas, entretanto as atividades humanas pós revolução industrial, são as principais causas dessas mudanças, já que a partir da intensificação das ações antrópicas pôde-se constatar o aumento nos níveis de concentração de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera ao longo do tempo. A elevada emissão de GEE provocou que mais calor ficasse retido na atmosfera, intensificando o aquecimento global resultando em mudanças no sistema climático, causando riscos para os seres humanos e a biodiversidade do planeta.

O presente trabalho expôs alguns dos possíveis impactos gerados pelas mudanças climáticas, atingindo os meios biológicos, físicos e socioeconômicos, abordando recentes desastres naturais e eventos climáticos extremos ocorridos que foram influenciados sobretudo pelas alterações climáticas, além dos outros fatores, respaldando que populações em situações de vulnerabilidade são mais afetadas pelas mudanças climáticas e seus diversos impactos. O estudo ainda apontou algumas potenciais medidas mitigadoras para o enfrentamento desta crise climática.

Além disso através das informações levantadas, pode-se observar como os países estão despreparados frente as mudanças climáticas, onde faltam políticas públicas, ações de gestão de riscos e planejamento urbanístico para adaptação ao cenário atual. Além de ações efetivas para redução da emissão dos GEE, fomentando a transição das atividades antrópicas atuais para atividades sustentáveis nos diversos setores, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis.

Dessa forma é possível concluir que o modo de vida atual de grande parte da população, fundamentado no consumo exacerbado de recursos naturais e de energia, obtida principalmente por fontes não renováveis é insustentável, acarretando no agravamento das mudanças climáticas e seus impactos que assolam o mundo, em níveis diferentes. Nesse sentido é urgente que medidas mitigadoras sejam implementadas de maneira efetiva, para que ainda seja possível minimizar as mudanças climáticas e seus efeitos.

5. REFERÊNCIAS

Agência Brasil (2023). El Niño: pesquisadores preveem mais calor no Sudeste e Centro-Oeste. Efeitos do evento climático devem persistir até abril de 2024. Empresa Brasil de Comunicação. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2023-11/el-nino-pesquisadores-preveem-mais-calor-no-sudeste-e-centro-oeste>. Acessado em 07 de novembro de 2023.

Agência da CNM de notícias (2023). Tempestades no Rio Grande do Sul já causaram 46 mortes e prejuízos aumentam para R\$ 3 bi, destaca levantamento da CNM. Confederação Nacional de Municípios. Disponível em: <https://www.cnm.org.br/comunicacao/noticias/ciclone-no-rio-grande-do-sul-ja-causou-46-mortes-e-prejuizos-aumentam-para-r-3-bi-destaca-levantamento-da-cnm>. Acessado em: 07 de novembro de 2023.

Agência da ONU para Refugiados – ACNUR (2020). A mudança climática é a crise de nosso tempo e impacta também os refugiados. ACNUR. Disponível em: <https://www.acnur.org/portugues/2020/12/10/a-mudanca-climatica-e-a-crise-de-nosso-tempo-e-impacta-tambem-os-refugiados/>. Acessado em: 18 de outubro 2023

Agência Senado (2023). Protocolo de Kyoto. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/entenda-o-assunto/protocolo-de-kyoto> Acesso em: 26 out. 2023.

Alcântara E. et. al (2023). Deadly disasters in southeastern South America: flash floods and landslides of February 2022 in Petrópolis, Rio de Janeiro. Disponível em: <https://doi.org/10.5194/nhess-23-1157-2023>. Acessado em: 26 de outubro de 2023.

Almeida FS et. al (Org.) (2020) Impactos Ambientais de grandes empreendimentos no Brasil. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Autografia.

Almeida FS, Garrido FSRG, Almeida AA (2017) Avaliação de impactos ambientais: uma introdução ao tema com ênfase na atuação do Gestor Ambiental. Diversidade e Gestão 1: 70-87.

Almeida FS, Pereira SH, Vassar, MPB, Garrido FSRG (2023) Impactos Ambientais Causados por Empreendimentos em Unidades de Conservação da Natureza na Região Sudeste do Brasil. Biodiversidade Brasileira 13: 1-21.

Almeida FS, Vargas AB (2017) Bases para a gestão da biodiversidade e o papel do Gestor Ambiental. Diversidade e Gestão 1: 10-32.

Alves LC, Figueiredo ALA, Lopes TS, Marchiori JJP, Garrido FSRG, Almeida FS (2020) Degradação do rio Paraíba do Sul no Município de Três Rios: causas e consequências. Revista Brasileira de Gestão Ambiental 14(2): 248–259. Disponível em:

<https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/RBGA/article/view/7555>. Acesso em: 25 de outubro de 2023.

Araújo PHC (2012) Eventos climáticos extremos: Os efeitos dos fenômenos El Niño e La Niña sobre a produtividade agrícola das regiões nordeste e sul do Brasil. Dissertação de Pós-Graduação. Universidade Federal de Viçosa. Disponível em: <https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/68/1/texto%20completo.pdf>. Acessado em: 22 set. 23.

Artaxo P (2022). Mudanças climáticas: caminhos para o Brasil. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.5935/2317-6660.20220067>.

Ascom Ufal, Lapis (2018). Lapis afirma que El Niño afetará economia do Nordeste em 2019. Disponível em: <https://ufal.br/ufal/noticias/2018/11/lapis-afirma-que-el-nino-afetara-economia-do-nordeste-em-2019> Acessado em: 22 de setembro de 2023.

Barcellos C et al. (2009). Mudanças climáticas e ambientais e as doenças infecciosas: cenários e incertezas para o Brasil. Epidemiol. Serv. Saúde, v.18, n. 3, 285-304. Disponível em: <https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p8-12>. Acessado em: 23 de setembro de 2023.

Barros EV (2007). A matriz energética mundial e a competitividade das nações: Bases de uma nova Geopolítica. Engevista, v.9, n.1, p. 47-56, UFF, Departamento de Engenharia de Produção.

Barroso AMR et. al. (2022). Obtenção do Hidrogênio Verde a partir de energias renováveis. Revista Arte, Ciência e Tecnologia.

BBC News Brasil (2022). Mais de 1,1 mil mortes e um terço do país inundado: a tragédia das chuvas no Paquistão. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-62722477>. Acessado em: 19 de outubro de 2023.

Bettiol W et. al. (2017). Aquecimento global e problemas fitossanitários. 1. ed. Brasília. Embrapa. 488p.

Blaudt LM et. al. (2023). Desastre ocorrido em Petrópolis no verão de 2022: aspectos gerais e dados da defesa civil. Revista Geociências UNESP. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/download/17210/12759/>. Acessado em: 26 de outubro de 2023.

Brasil (1981). Política Nacional do Meio Ambiente. Lei N° 6.938, de 31 de agosto de 1981. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L6938.htm Acessado: 15 set. 2023.

Brasil (1986). Resolução CONAMA n° 1, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=8902> Acessado em: 15 de setembro de 2023.

Brasil (1988). Constituição Da República Federativa Do Brasil De 1988. Art. 225. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acessado em: 15 de setembro de 2023

Brasil (2009). Fundo Nacional sobre Mudança do Clima. Lei Nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12114.htm. Acessado em: 21 set. 23.

Brasil (2009). Política Nacional sobre Mudança do Clima. Lei Nº 12.187, de 29 dezembro de 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2009/Lei/L12187.htm. Acessado em: 21 set. 23.

Candal L et. al. (2022). Ocupação desordenada contribuiu com tragédia de Petrópolis, diz meteorologista. CNN Brasil. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/ocupacao-desordenada-contribuiu-com-tragedia-de-petropolis-diz-meteorologista/>. Acessado em: 2 de novembro de 2023.

Caram B (2023). Choques Climáticos podem levar 3 milhões de brasileiros à pobreza extrema, diz Banco Mundial. Reuters. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/mudancas-climaticas-podem-levar-3-milhoes-a-pobreza-extrema-no-brasil-diz-banco-mundial/>. Acessado em 30 de outubro de 2023.

Carmo IIV (2021). O papel dos Instrumentos de Gestão Territorial na prevenção e mitigação dos incêndios florestais: o caso do incêndio de Pedrogão Grande. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10362/124290>. Acessado em 17 de novembro de 2023.

Classificação e Codificação Brasileira de Desastres – COBRADE (2019). Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec/DOCU_cobrade.pdf. Acessado em: 28 de setembro de 2023.

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2013). Conferência das Partes (COP) Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/conferencia-das-partes-cop/>. Acessado em: 17 de novembro de 2023.

Coordenadoria Estadual de Proteção e Defesa Civil do Rio Grande do Sul (2023). Retomada pós-enchente no Vale do Taquari une órgãos estaduais. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br/retomada-pos-enchente-no-vale-do-taquari-une-orgaos-estaduais>. Acessado em: 07 de novembro de 2023.

Costa AC, Balieiro H (2023) Os impactos das mudanças climáticas para a juventude negra brasileira, Diálogos socioambientais: racismo ambiental 6(17): 22-23.

Daré EF et. al. (2022). Petrópolis: não foi um desastre natural! Chuva em excesso não pode ser considerada única causa da tragédia na cidade serrana, apontam especialistas da Unicamp. Jornal da UNICAMP. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2022/02/22/petropolis-nao-foi-um-desastre-natural>. Acessado em: 02 de novembro de 2023.

De Moraes OL (2013). Extremos climáticos e desastres naturais. Revista Opiniões. Disponível em: <https://florestal.revistaopinioes.com.br/revista/detalhes/9-extremos-climaticos-e-desastres-naturais/>. Acesso em 28 de setembro de 2023.

Dias J et al (2023). Número de mortes provocadas por chuva na semana passada é o maior em ocorrências do tipo no RS em 40 anos. Casa Militar Defesa Civil RS. Disponível em: <https://www.defesacivil.rs.gov.br/numero-de-mortes-provocadas-por-chuva-na-semana-passada-e-o-maior-em-ocorrencias-do-tipo-no-rs-em-40-anos>. Acessado em: 07 de novembro de 2023.

Dias MAFS (2014). Eventos climáticos extremos. Revista USP, v. 103, p. 33-40, 2014. Disponível em: [10.11606/issn.2316-9036.v0i103p33-40](https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i103p33-40)

Fonseca MT et. al (2017). Queimadas e incêndios florestais na Amazônia brasileira: porque as políticas públicas têm efeito limitado?. *Ambiente & Sociedade*, 20(4), 19–38. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc0232r1v2042017> Acessado em: 17 de novembro de 2023.

Freire JLM, Lima JRA, Cavalcanti EP (2011). Análise de Aspectos Meteorológicos sobre o Nordeste do Brasil em Anos de El Niño e La Niña. Revista Brasileira de Geografia Física. Disponível em: http://150.165.83.109/enilson/artigos/Enil_2011_n03.pdf. Acessado em: 22 set. 23.

Furriela RB (2005). Introdução à Mudança Climática Global: Desafios atuais e futuros. Disponível em: https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2005/03/introduc%CC%A7a%CC%83o_a%CC%80_mudanc%CC%A7a_cli%CC%81tica_global_de.pdf

Gambhir A, Tavoni M (2019). Direct Air Carbon Capture and Sequestration: How It Works and How It Could Contribute to Climate-Change Mitigation. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2019.11.006>. Acessado em: 17 de novembro de 2023.

GIONGO RLP, GIONGO RCP (2009). Saúde e segurança no meio ambiente do trabalho como garantia constitucional ao meio ambiente ecologicamente equilibrado. Revista FAE, v.12, n.2.

Guimarães MM (2019). Avaliação dos efeitos biológicos da acidificação dos oceanos associados a presença do fármaco losartan. Math. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Paulo Disponível em: <https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/59153>. Acessado em: 17 de novembro de 2023.

Gutknecht V, Charles L (2019). CO₂ Capture from Air: A Breakthrough Sustainable Carbon Source for Synthetic Fuels. Maus, W. (eds) Zukünftige Kraftstoffe. ATZ/MTZ-Fachbuch. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-662-58006-6_10. Acessado em: 17 de novembro de 2023.

Hatje V, Costa MF, Cunha LC (2013). Oceanografia E Química: Unindo Conhecimentos Em Prol Dos Oceanos E Da Sociedade. Química Nova, V. 36, N. 10, P. 1497–1508.

INPE (2023). Boletim mensal nº.01. Painei el niño 2023-2024. Disponível em: https://portal.inmet.gov.br/uploads/notastecnicas/el-niño-2023_boletim-setembro.pdf.

Acessado em: 06 de novembro de 2023.

Instituto Nacional de Meteorologia (2023a). Notícias de extremos climáticos. INMET. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/noticias?noticias=eventos%20extremos>. Acessado em: 21 de setembro de 2023

Instituto Nacional de Meteorologia (2023b). O que é e quais os impactos do el niño? Entenda agora. INMET. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/o-que-é-e-quais-os-impactos-do-el-niño-entenda-agora>. Acessado em 06 de novembro de 2023.

Instituto Nacional de Meteorologia (2023c). O que é e como se forma um ciclone. Entenda agora. INMET. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/o-que-é-e-como-se-forma-um-ciclone-entenda-agora>. Acessado em: 06 de novembro 2023.

IPCC (2007): ‘Impacts, Adaptation and Vulnerability’, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change -2007; [M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 900pp.

IPCC (2014). Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas. ‘Alterações Climáticas 2014 Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade’ Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas. Disponível em: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ar5_wg2_spmport-1.pdf. Acessado em: 19 set. 2023

IPCC (2018). Aquecimento Global de 1,5°C - Relatório especial do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC) sobre os impactos do aquecimento global de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais e respectivas trajetórias de emissão de gases de efeito estufa, no contexto do fortalecimento da resposta global à ameaça da mudança do clima, do desenvolvimento sustentável e dos esforços para erradicar a pobreza. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/07/SPM-Portuguese-version.pdf>. Acessado em: 19 set 2023

IPCC (2022). Mudanças Climáticas 2022: Impactos, Adaptação e Vulnerabilidade. Contribuição do Grupo de Trabalho II para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Disponível em: https://report.ipcc.ch/ar6/wg2/IPCC_AR6_WGII_FullReport.pdf. Acessado em: 16 de outubro de 2023

IPEA (2011). Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios / editores: Ronaldo Seroa da Motta ... [et al.]. Brasília: Ipea, 2011. 440p

<https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3162/1/Mudan%C3%A7a%20do%20clima%20no%20Brasil....pdf>

Ismerim F, Sasaki MC (2023). Entenda o que causou o maior desastre natural do RS nos últimos 40 anos. CNN Brasil. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/entenda-o-que-causou-o-maior-desastre-natural-do-rs-nos-ultimos-40-anos/>. Acessado em: 07 de novembro de 2023.

José SCBR et. al (2019). Conservação ex situ de recursos genéticos. *Recursos genéticos. o produtor pergunta, a Embrapa responde*. p.66 – 91. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/204196/1/conservacao-ex-situ.pdf>.

Acessado em 20 de novembro de 2023.

Klintowitz D et. al. (2022). Racismo Ambiental e Justiça Socioambiental nas cidades. Instituto Pólis. Disponível em: <https://polis.org.br/estudos/racismo-ambiental/>. Acessado em: 17 de outubro de 2023.

Lopes KFP (2023). Desastres naturais no contexto das mudanças climáticas. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Direito. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/handle/123456789/53069>. Acessado em: 28 de setembro de 2023.

Louback AC et. al (2022). Quem precisa de Justiça Climática no Brasil? Observatório do Clima. 190 p. Disponível em: https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2022/08/Quem_precisa_de_justica_climatica-DIGITAL.pdf. Acessado em: 31 de setembro de 2023.

Marchiori JJP, Almeida FS (2020). Agricultura. In: Almeida FS. Impactos Ambientais de grandes empreendimentos no Brasil. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Autografia Edição e Comunicação Ltda. p. 35-45.

Marengo JA (2001). Mudanças Climáticas globais e regionais: Avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenário climáticos do futuro Disponível: http://mtc-m16b.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/iris@1915/2005/05.25.18.19/doc/Marengo_mudancas%20climaticas%20globais%20e%20regionais.pdf. Acessado em 27 de setembro de 2023.

Marengo JA (2007). Mudanças climáticas globais e seus efeitos sobre a biodiversidade: caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do século XXI / José A. Marengo – Brasília: MMA. 212p. 2007. 2a edição.

Mattei TF, Cunha MS (2021). Emissão de gases do efeito estufa no Brasil: análise de curto e longo prazo. Revista em Agronegócio e Meio Ambiente – RAMA. Disponível em: <https://doi.org/10.17765/2176-9168.2021v14n4e8809>

Mattos CR (2023). Impactos ambientais de Distritos Industriais. Trabalho de Conclusão de Curso. (Graduação em Gestão Ambiental) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Mendonça F, Meresco I (2007). Climatologia Noções Básicas e Climas do Brasil. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

MetSul (2023). El Niño acompanha maioria das grandes enchentes de Porto Alegre. MetSul. Disponível em: <https://metsul.com/el-nino-acompanha-maioria-das-grandes-enchentes-de-porto-alegre/>. Acessado em: 02 de novembro de 2023.

MetSul (2023). *Últimas Notícias*. MetSul Meteorologia. Disponível em: <https://metsul.com/analises/>. Acessado em: 02 de novembro de 2023.

Milanez B, Fonseca IF (2011). Justiça climática e eventos climáticos extremos: Uma análise da percepção social no Brasil. Revista Terceiro Incluído - ISSN 2237-079X – NUPEAT– IESA–UFG, v.1, n.2, p.82 – 100. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/teri/article/download/17842/10673>.

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Adaptação à Mudança do Clima. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/informma/item/237-adapta%C3%A7%C3%A3o-%C3%A0-mudan%C3%A7a-do-clima.html>. Acessado em: 27 set. 23

MMA – Ministério do Meio Ambiente. Efeito Estufa e Aquecimento Global. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/informma/imudatem/195-efeito-estufa-e-aquecimento-global.html>. Acessado em: 19 set. 23.

Mota J et. al. (2014). Economia das Mudanças Climáticas. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Diretoria de Estudos Regionais e Urbanos – DIRUR, Coordenação de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Disponível em: https://ceteb.sp.gov.br/aguas-subterraneas/wp-content/uploads/sites/36/2014/05/economia_mudancas_climaticas.pdf

Museu do Amanhã (2023). Sobre o Museu. Disponível em: <https://museudoamanha.org.br/pt-br/sobre-o-museu>.

Nações Unidas Brasil (2022). Eventos climáticos extremos mostram necessidade de mais ações em 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/213450-eventos-climaticos-extremosmostram-necessidade-de-mais-acoes-em-2023>. Acesso em 29 de setembro de 2023.

National Oceanic and Atmospheric Administration (2023). Disponível em: <https://gml.noaa.gov/ccgg/trends>. Acessado em: 24 set. 2023.

Neto TP (2010). Ecopolítica das Mudanças Climáticas: O IPCC e o Ecologismo dos Pobres. Rio de Janeiro, 2010. 155 p. Disponível em: <https://static.scielo.org/scielobooks/x9z8z/pdf/tilio-9788579820496.pdf>. Acesso em: 27 set. 2023.

Neves E, Sampaio J, Ferraz R (2021). Efeito das mudanças do clima, seca no Brasil é a mais intensa da história. Veja. Disponível em: https://veja.abril.com.br/agenda_verde/efeito-das-mudancas-do-clima-seca-no-brasil-e-a-mais-intensa-da-historia/. Acessado em: 18 de outubro de 2023.

Nunes LH (2008). Desafios do clima: Mudanças climáticas: impactos físicos e socioeconômicos. Câmara dos Deputados, Edições Câmara 5: p. 66-82. Disponível em: <http://bd.camara.leg.br/bd/handle/bdcamara/564>.

OIT – Organização Internacional do Trabalho (2021) Investir em educação sobre o clima a fim de treinar melhor a força de trabalho para um futuro mais verde. Disponível em: https://www.ilo.org/brasilia/noticias/WCMS_782126/lang--pt/index.htm Acessado em: 15 nov. 2023

ONU – Organização das Nações Unidas (2023). Causas e Efeitos das Mudanças Climáticas. Disponível em: <https://www.un.org/pt/climatechange/science/causes-effects-climate-change#:~:text=As%20mudan%C3%A7as%20clim%C3%A1ticas%20aumentam%20os,o%20trabalho%20ao%20ar%20livre>. Acessado em: 25 set. 2023

ONU – Organização das Nações Unidas (2023). O que são as mudanças climáticas. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/175180-o-que-s%C3%A3o-mudan%C3%A7as-clim%C3%A1ticas>. Acessado em: 27 set. 2023

OPAS – Organização Pan-Americana da Saúde – Ministério da Saúde (2008). Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil. Brasília. Disponível em: https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/mudancas_climaticas_ambientais_efeitos.pdf. Acessado em: 18 de novembro de 2023.

Pereira AC, Lima EP (2018). Reflorestamento e Conservação da Biodiversidade: Uma Revisão Bibliográfica. Cadernos de Ecologia Aplicada, 17(3), 112-125.

Pereira AOK, Horn LFDR (Org.) (2009). Relações de consumo: meio ambiente. Caxias do Sul: Educs, 232 p.

Prefeitura Municipal de Petrópolis (2017). Plano Municipal de Redução de Riscos. Disponível em: <https://sig.petropolis.rj.gov.br/cpge/pmrr.html>. Acessado em: 26 de outubro de 2023.

Primack RB, Rodrigues E (2001) Biologia da conservação. Londrina: Editora Rodrigues.

Queiroz MA (2016). As influências do ser humano no meio ambiente e seus reflexos no âmbito jurídico. Revista Jus Navigandi, 21 (4570) Disponível em: <https://jus.com.br/artigos/45582/as-influencias-do-ser-humano-no-meio-ambiente-e-seus-reflexos-no-ambito-juridico> Acesso em:

Ramalho DAS et. al. (2022). Tipos de energias renováveis e não renováveis. Trabalho de conclusão de curso. (Graduação em Engenharia de Produção) – Centro Universitário de Barra Mansa. Disponível em: <http://aete.ubm.br:8081/repositorio/handle/123456789/334>

Resende L (2023). 5,8 milhões de brasileiros foram afetados pelas chuvas e secas em 2023. CNN Brasil. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/nacional/58-milhoes-de>

[brasileiros-foram-afetados-pelas-chuvas-e-secas-em-2023/](#). Acessado em: 30 de outubro de 2023.

Saito S (2015). Desastres naturais: conceitos básicos. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em http://www3.inpe.br/crs/crectalc/pdf/silvia_saito.pdf. Acessado em: 20 de setembro de 2023.

Salles S (2022). Petrópolis perdeu pelo menos R\$ 665 milhões no PIB com tragédia, diz Firjan. CNN Brasil. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/economia/petropolis-perdeu-pelo-menos-r-665-milhoes-no-pib-com-tragedia-diz-firjan/>. Acessado em: 02 de novembro de 2023.

Sanchez LE (2008). Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos. São Paulo: Oficina do Textos.

Santos AB, Oliveira CD (2021). A Contribuição do Reflorestamento na Redução das Emissões de Gases do Efeito Estufa. Revista Brasileira de Meio Ambiente, 15(2), 45-58.

Santos FM (2019). Transição energética: Enquadramento E Desafios. Revista Videre, vol. 11, nº 22, p. 143-5, Disponível em: 10.30612/videre.v11i22.11217. Acessado em 15 de novembro de 2023.

Santos RB (2016). Vulnerabilidade socioambiental e de saúde dos municípios do estado do Espírito Santo frente aos impactos das mudanças climáticas. Dissertação (Mestrado em Saúde Coletiva, concentração em Epidemiologia) Programa de Pós-graduação em Saúde Coletiva. Centro de Pesquisas René Rachou. Fundação Oswaldo Cruz. Belo Horizonte. Disponível em: <https://www.arca.fiocruz.br/handle/icict/15089>.

Silva IA (2016). Hidrogênio: Combustível do Futuro. Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde, 20(2),122-126. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=26046651010>. Acessado em 17 de novembro de 2023.

Silva RC, Paula BL (2009). Causa do aquecimento global: antropogênica versus natural. Disponível em: https://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v5/pdf-v5/TD_V-a4.pdf. Acessado em: 20 de set de 2023

Silva RTB, Costa SL (2018). As consequências socioambientais provenientes da cultura do consumismo, como formas de um retrocesso ao preceito constitucional de um meio ambiente ecologicamente equilibrado. Revista de Direito Econômico e Socioambiental 9(3): 324-346.

Silva SEL et. al (2019). Caracterização da dinâmica da paisagem geomorfológica com foco ao risco de inundação no alto curso do Piabanha do distrito sede do município de Petrópolis-RJ. Departamento de Geografia e Meio ambiente. PUC Rio. Disponível em: https://www.puc-rio.br/ensinopesq/ccpg/pibic/relatorio_resumo2019/download/relatorios/CCS/GEO/GEO-Stephany%20Emiliane%20Lopes%20da%20Silva.pdf. Acessado em: 02 de novembro de 2023.

Siqueira E (2022). Tragédia de 2022: prejuízo do setor privado pode ser mais de 1,6 bilhão. Tribuna De Petrópolis. Disponível em: https://tribunadepetropolis.com.br/noticias/tragedia-de-2022-prejuizo-com-setor-privado-pode-ser-mais-de-r-16-bilhao/#goog_rewarded.

Acessado em: 02 de novembro de 2023.

Sou Petrópolis (2022). Após as tragédias, fotógrafa de Petrópolis evidencia em imagens a realidade dos bairros atingidos. Disponível em: <https://soupetropolis.com/2022/08/19/apos-as-tragedias-fotografa-de-petropolis-evidencia-em-imagens-a-realidade-dos-bairros-atingidos/>.

Acessado em: 26 de outubro de 2023.

Sou Petrópolis (2022). Morro da Oficina – Antes e depois - @maridcrocha. Disponível em: <https://soupetropolis.com/2022/08/19/apos-as-tragedias-fotografa-de-petropolis-evidencia-em-imagens-a-realidade-dos-bairros-atingidos/morro-da-oficina-antes-e-depois-maridcrocha/>.

Acessado em: 26 de outubro de 2023.

Souza EC (2011) Mudanças climáticas, mortalidade e adaptação no Brasil. 2011. Tese de Doutorado em Economia e Gerenciamento do Agronegócio; Economia das Relações Internacionais; Economia dos Recursos - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. Disponível em: <https://locus.ufv.br/handle/123456789/142>. Acessado em: 10 de outubro de 2023

Souza ES (2018). Determinantes das emissões de CO2 nos países signatários do Protocolo de Quioto: o impacto da energia renovável e não renovável. Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Ciências Contábeis. Universidade de Brasília. Brasília. <https://repositorio.unb.br/handle/10482/34871>

Strieder A et al. (2010). Desastres naturais e eventos extremos. Conselho em revista CREA-RS. Rio Grande do Sul. p.33. Disponível em: <https://www.crea-rs.org.br/site/arquivo/revistas/ed68.pdf>. Acesso em: 29 set. 2023.

Távora FL, França FF, Lima JRPA (2022) Impactos das mudanças climáticas na agropecuária brasileira, riscos políticos, econômicos e sociais e os desafios para a segurança alimentar e humana. Textos para Discussão. Núcleo de Estudos e Pesquisa da Colsetoria Legislativa. Senado Federal, Brasília. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/publicacoes/estudos-legislativos/tipos-de-estudos/textos-para-discussao/td313> Acesso em: 15 nov. 2023.

Toaldo AM., Meyne LS (2013). A educação ambiental como instrumento para a concretização do desenvolvimento sustentável. *Revista Eletrônica Do Curso De Direito Da UFSM*, 8, 661–673. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/198136948393>. Acessado em 17 de novembro de 2023.

Trindade P et. al. (2023). Contraste térmico e El Niño: especialistas explicam sequência de 9 ciclones no RS em 3 meses. G1RS. Disponível em: <https://g1.globo.com/rs/rio-grande-do-sul/noticia/2023/09/28/contraste-termico-e-el-nino-especialistas-explicam-sequencia-de-9-ciclones-no-rs-em-3-meses.ghtml>. Acessado em: 07 de novembro de 2023.

UN – Nações Unidas (2022). Enchentes no Paquistão deixam 1,2 mil mortos e cenário pode piorar. ONU News. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2022/09/1800161>. Acessado em: 06 nov. 2023

UNFCCC - Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (2023). Conferência das Partes (COP). Disponível em: <https://unfccc.int/process/bodies/supreme-bodies/conference-of-the-parties-cop>. Acessado em: 06 nov. 2023.

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância (2023) Importância da educação ambiental: o papel das escolas na educação climática. Disponível em: <https://www.unicef.org/brazil/blog/importancia-da-educacao-ambiental> Acesso em: 8 dez. 2023.

Xavier DR et. al. (2014). Eventos climáticos extremos e consequências sobre a saúde: o desastre de 2008 em Santa Catarina segundo diferentes fontes de informação. Ambiente & Sociedade, v. 17, n. 4, p. 273–294. Acessado em: <https://doi.org/10.1590/1809-4422ASOC1119V1742014>