

A VULNERABILIDADE BRASILEIRA AOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS: UMA ABORDAGEM SOBRE DANOS MATERIAIS NO SETOR PÚBLICO DA ECONOMIA

BRAZIL'S VULNERABILITY TO EXTREME WEATHER EVENTS: AN APPROACH TO MATERIAL DAMAGE IN THE PUBLIC SECTOR OF THE ECONOMY

Camilli Marques Luiz¹
Carlos Roberto Souza Carmo²

RESUMO:

A partir de uma amostra de pesquisa composta pelas informações de 67.230 registros contidos na Base de Dados do Atlas Digital de Desastres no Brasil – analisada por meio de estatísticas descritivas baseadas em frequências de ocorrências e valores observados, segundo os respectivos períodos de ocorrência, tipos de evento e tipos de danos causados, assim como, as naturezas desses danos – esta investigação buscou avaliar de forma exploratória a vulnerabilidade brasileira aos acidentes decorrentes de eventos climáticos extremos, sob a perspectiva dos danos materiais causados ao setor público da economia nacional. Nesse sentido, foi possível responder a diversas questões de caráter empírico, dentre elas: Quais são os tipos de eventos climáticos extremos mais frequentes no Brasil? Quais são os eventos climáticos extremos com maior impacto econômico (prejuízos) no contexto brasileiro? Em qual estação do ano ocorrem mais desastres decorrentes de eventos climáticos extremos no território brasileiro? Qual é a tendência evolutiva das ocorrências de desastres decorrentes de eventos climáticos extremos no Brasil? Qual é o valor total e médio dos prejuízos econômicos causados pelos desastres decorrentes de eventos climáticos extremos?

PALAVRAS-CHAVE: aquecimento global; efeito estufa; destruição patrimonial; público.

¹Graduanda em Ciências Contábeis pela Faculdade de Ciências Contábeis da Universidade Federal de Uberlândia, e-mail: cahluis16@gmail.com. Orcid: <https://orcid.org/0009-0009-7338-087X>.

²Doutor em Agronomia com ênfase em Energia na Agricultura pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP) (2020). Mestre em Ciências Contábeis pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo (PUC-SP) (2008). Especialização em Ciência de Dados e *Big Data Analytics* (2024). Especialização em *Data Mining* (2024). Especialização em Análise e Desenvolvimento de Sistemas em Python (2023). MBA em Controladoria e Finanças (2001). Bacharel em Ciências Contábeis (1999). Professor da Faculdade de Ciências Contábeis da Universidade Federal de Uberlândia (FACIC-UFU), e-mail: carlosjj2004@hotmail.com. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3806-9228>.

ABSTRACT:

Based on a research sample composed of information from 67,230 records contained in the Database of the Digital Atlas of Disasters in Brazil – analyzed through descriptive statistics based on frequencies of occurrences and observed values, according to the respective periods of occurrence, types of event and types of damage caused, as well as the nature of such damage – this research sought to exploratorily evaluate Brazil's vulnerability to accidents resulting from extreme climate events, from the perspective of material damages caused to the public sector of the national economy. In this sense, it was possible to answer several empirical questions, among them: What are the most frequent types of extreme climate events in Brazil? What are the extreme climate events with the greatest economic impact (losses) in the Brazilian context? In which season of the year do most disasters resulting from extreme climate events occur in Brazil? What is the evolutionary trend of occurrences of disasters resulting from extreme climate events in Brazil? What is the total and average value of economic losses caused by disasters resulting from extreme climate events?

KEY-WORDS: global warming; greenhouse effect; property destruction; public.

1 Introdução

Os eventos climáticos extremos têm se tornado cada vez mais frequentes e intensos no Brasil e no mundo, causando impactos significativos na economia, na sociedade e no meio ambiente. A vulnerabilidade brasileira a esses eventos é influenciada por uma combinação de fatores que vão desde características geográficas, climáticas, socioeconômicas até a infraestrutura.

Nesse contexto, a compreensão acerca das dimensões e dos fatores que contribuem para a exposição aos eventos climáticos extremos no Brasil é fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficazes de adaptação e mitigação. Nesse sentido, esta pesquisa buscou contribuir para a compreensão dessa questão por meio de uma análise multidimensional que considera fatores como: a evolução ao longitudinal (ao longo do tempo) e suas tendências; a distribuição das ocorrências de acidentes decorrentes de eventos climáticos extremos por tipo de dano material sofrido pelo setor público da economia brasileira; distribuição desses acidentes por tipo de evento climático extremo e os respectivos prejuízos causados; e, a distribuição dessas ocorrências ao longo das estações e meses do ano.

Para tanto, esta investigação buscou responder questões como: Quais são os tipos de eventos climáticos extremos mais frequentes no Brasil? Quais são os eventos climáticos extremos com maior impacto econômico (prejuízos) no contexto brasileiro? Em qual estação do ano ocorrem mais desastres decorrentes de eventos climáticos extremos no

território brasileiro? Qual é a tendência evolutiva das ocorrências de desastres decorrentes de eventos climáticos extremos no Brasil? Qual é o valor total e médio dos prejuízos econômicos causados por esses desastres decorrentes de eventos climáticos extremos?

Entre outras constatações, este estudo revelou que as estiagens e secas são os eventos extremos mais frequentes, as chuvas intensas têm maior impacto econômico (prejuízos), apesar de não serem as mais frequentes; o verão é a estação com mais ocorrências de desastres; na primavera ocorrem os maiores prejuízos econômicos, apesar de não ser a estação com mais ocorrências; existe um aumento na frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos ao longo dos anos, a despeito de uma redução nos respectivos prejuízos no último ano analisado, para alguns dos segmentos públicos de economia; além disso, e entre outras constatações, a pesquisa fornece informações detalhadas sobre os prejuízos econômicos totais e médios por tipo de desastre, permitindo uma análise mais aprofundada dos impactos econômicos desses eventos extremos.

A principal contribuição empírica fornecida por esta investigação é a análise detalhada e sistemática das ocorrências de desastres decorrentes de eventos climáticos extremos no Brasil, bem como a identificação dos prejuízos econômicos associados a esses eventos, para o setor público da economia brasileira. Ao utilizar uma base de dados abrangente e confiável, como o Atlas Digital de Desastres no Brasil, o estudo fornece uma visão geral clara e objetiva sobre a frequência, intensidade e impactos econômicos desses eventos ao longo do tempo.

Além disso, o estudo fornece informações valiosas sobre os prejuízos econômicos totais e médios por desastre, o que pode ser útil para políticas públicas e planejamento de mitigação de desastres. Ao analisar os dados por tipo de evento, estação do ano e região, o estudo pode ajudar a identificar áreas específicas que precisam de atenção especial para reduzir os impactos econômicos desses eventos. Em resumo, o estudo fornece uma contribuição empírica importante para entender melhor os impactos dos eventos climáticos extremos no Brasil e para desenvolver estratégias eficazes para mitigar esses impactos.

2 Referencial Teórico

O efeito estufa é um fenômeno natural responsável por aquecer a superfície da terra (Lima; Hamzagic, 2022; Bhatti *et al.*, 2024; Chen; Fu; Chang, 2021). Os gases causadores

do efeito estufa possuem capacidade de retenção do calor do sol, sendo que cada um possui potencial de retenção diferente, dessa forma, eles aumentam a temperatura terrestre, causando o aquecimento global (Lima; Hamzagic, 2022; Agache *et al.*, 2022).

Esse fenômeno é causado por gases acumulados na atmosfera terrestre, cujos níveis de concentração se elevaram desde o período pré-industrial, e entre os principais gases estão o dióxido de carbono, metano e óxido nitroso (Bhatti *et al.*, 2024; Chen; Fu; Chang, 2021). O dióxido de carbono é o gás mais presente no efeito estufa, pois ele é o produzido em maior quantidade em decorrência das ações antropocêntricas, que são ações realizadas pelo ser humano que alteram o meio ambiente, devido a combustão de combustíveis fósseis, industrialização, urbanização e consumo energético (Rüstemoğlu; Andrés, 2016; Bhola *et al.*, 2023; Morgunova; Shaton, 2022), entre outros processos.

O aumento da temperatura causado pelo efeito estufa é responsável pelo derretimento das calotas polares e, conseqüentemente, pela elevação do nível do mar, além de elevar a frequência de eventos climáticos extremos como furacões, chuvas intensas, ondas de calor, incêndios florestais e secas (Agache *et al.*, 2022; Gregory, 2021; Churchill *et al.*, 2024). Também há consequências para a saúde dos seres humanos, como inflamações, problemas respiratórios, calcificação renal, aumento da frequência cardíaca e morte, dentre outros efeitos que são apresentados (Agache *et al.*, 2022; Amirkhani *et al.*, 2022; Bhola *et al.*, 2023).

O evento climático é conhecido como normal quando ocorre seguindo o que é esperado para a região de acordo com o padrão e histórico próprios de uma determinada localidade. Porém, o evento climático é considerado extremo quando ele acontece em áreas ou época do ano nas quais sua ocorrência é anormal, é um fenômeno climático e/ou meteorológico de grande intensidade, cujos efeitos são prejudiciais para a população, economia e meio ambiente (Seneviratne *et al.*, 2023; Bolan *et al.*, 2024; Gregory, 2021; Benincasa *et al.*, 2024). Também há eventos climáticos extremos compostos, nos quais essa situação se sucede quando acontece mais de um evento ao mesmo tempo ou na mesma região, como calor extremo e seca (Ebi *et al.*, 2021; Seneviratne *et al.*, 2023).

A frequência e a intensidade dos eventos climáticos extremos aumentaram em razão do aquecimento global causado pela emissão de gases de efeito estufa, em virtude disso, o acontecimento de acidentes decorrentes desses eventos também se elevou (Gregory, 2021; Liao *et al.*, 2024; Churchill *et al.*, 2024). A ocorrência dos desastres resultantes desse fenômeno se origina da interação entre as alterações do clima – chuvas

intensas, secas, calor, dentre outros – e a geografia do local afetado, como o relevo, altitude, umidade, bioma, entre outros fatores, causando, por exemplo, acidentes incluem inundações, incêndios florestais e deslizamentos (Gregory, 2021; Giodorno; Boudet; Gard-Murray, 2020; Seneviratne *et al.*, 2023; Khan *et al.*, 2023).

Enquanto o aquecimento global é um fenômeno mundial, os desastres decorrentes dele são eventos locais (Bhatti *et al.*, 2024; Giodorno; Boudet; Gard-Murray, 2020). O acidente decorrente de um deslizamento de terra, por exemplo, ocorre em regiões topograficamente críticas que receberam muita chuva (Ferreira, 2024; Konig; Kux; Corsi, 2022), ou seja, é a interação entre o evento climático extremo – muita chuva – e o fator do terreno mais inclinado, sem vegetação e solo com pouca aderência, e, dependendo de onde ocorre, pode afetar as áreas urbanas causando grandes consequências. As chuvas intensas também causam inundações (Ebi *et al.*, 2021; Seneviratne *et al.*, 2023), mas esse tipo de acidente acontece, por exemplo, quando elas estão associadas a um sistema de escoamento de água ineficiente, proximidade com rios, lagos, represas e normalmente ocorre em locais geograficamente mais baixos. Os incêndios florestais têm se tornado cada vez mais frequentes e são altamente prejudiciais para a saúde humana (Agache *et al.*, 2022; Delgado *et al.*, 2022; Seneviratne *et al.*, 2023), e resultam da combinação entre calor, seca, vegetação seca e vento.

Os acidentes decorrentes de eventos climáticos extremos geram grandes consequências para a sociedade, em alguns casos, até a morte (Oppermann *et al.*, 2021; Agache *et al.*, 2022). Para os seres humanos, além das doenças - respiratórias e cardiovasculares – e inflamações (Agache *et al.*, 2022; Bhatti *et al.*, 2024), também há óbitos (mortos por decorrência direta do desastre, como em casos de afogamento), feridos (lesões causadas por conta do acidente em que houve necessidade de intervenção médica e de medicamentos), enfermos (indivíduos que apresentaram processos patológicos como consequência direta dos impactos do desastre), desabrigados (pessoas que precisam de abrigo temporário devido aos danos causados por conta do infortúnio), desalojados (são aqueles que desocuparam seus lares, mas não necessitam de abrigo público), desaparecidos (pessoas que estão em situação de risco e precisam ser encontradas) e demais pessoas afetadas diretamente pelo acidente (Ebi *et al.*, 2021; Brasil, 2023a). Sendo que, no Brasil, o maior número de mortos ocorre durante eventos como tempestades e inundações, que

também são responsáveis pela maior quantidade de desaparecidos, desabrigados e desalojados, já os períodos de seca apresentam mais casos de doenças e ferimentos (Lazzari *et al.*, 2024).

Além das consequências para a saúde e sobrevivência das espécies, também há danos materiais que ocorrem em decorrência dos eventos climáticos extremos, ou seja, os prejuízos causados a bens como imóveis residenciais e instalações públicas (Ferreira, 2024). De maneira geral, os danos materiais são causados principalmente por acidentes decorrentes de muita chuva (Freitas *et al.*, 2020). Por sua vez, os prejuízos patrimoniais incluem danos em unidades habitacionais, instalações de ensino e saúde, instalações prestadoras de serviços, comércio e indústrias (Brasil, 2023a; Sainte; Cataia, 2024) e impactos a infraestrutura de transporte, o que dificulta a evacuação, mobilidade das pessoas e o respectivo resgate (Boakye *et al.*, 2022; Liu; Fang; Zhao, 2021; Potts *et al.*; 2024). Esses danos geram desemprego, redução da produção e aumento nos custos de reconstrução, entre outros efeitos (Sainte; Cataia, 2024). O setor da saúde também é amplamente afetado pelos desastres naturais, pois além dos estragos causados em suas estruturas, ocorrem interferências no fornecimento de água e energia, o que dificulta a resposta do sistema para a população e aumenta a demanda por atendimento médico (Freitas *et al.*, 2020; Potts *et al.*; 2024)

Existem também os impactos ambientais que são causados devido aos desastres climáticos. Os incêndios florestais são resultado de secas e desmatamento, além de afetar a área em que ocorrem, destruindo locais de conservação ambiental e parques, causando a contaminação no meio ambiente (Nascimento; Correa, 2024). A poluição do ar é causada por fatores naturais e ações antropogênicas, uma vez que qualquer fator que altere a condição natural do ar é um poluidor; nesse sentido, a fumaça gerada por incêndios florestais, por exemplo, além dos danos à saúde da população, contamina o ar devido a variedade de produtos químicos que ela libera (Ebi *et al.*, 2021; Lima; Hamzagic, 2022; Agache *et al.*, 2022). As secas causam diminuição dos níveis de água disponível para o uso, gerando redução do potencial hídrico e afetando a agricultura, a economia e a vida em geral; por outro lado, as inundações causam contaminação dos corpos d'água, visto que ela carrega diversas partículas contaminantes até eles (Ebi *et al.*, 2021; Agache *et al.*, 2022).

As consequências dos acidentes decorrentes dos eventos climáticos extremos geram prejuízos econômicos para a população, para as empresas privadas e para o setor público. Aproximadamente, são gastos US\$ 143 bilhões por ano com eventos climáticos extremos

causados pelas mudanças climáticas em todo o mundo (Newman; Noy, 2023). Em relação aos gastos governamentais, incluem-se despesas com acomodação temporária para aqueles que tiveram suas casas destruídas, reconstrução de prédios educacionais (escolas, por exemplo), reconstrução de hospitais e custos com serviços de saúde adicionais demandados devido ao evento climático extremo, custos com a reconstrução parcial ou total de estações de tratamento e distribuição de água, fornecimento improvisado de água com caminhões-tanque, reconstrução de estruturas históricas e de recreação (museu, parques, dentre outros), reconstrução da infraestrutura de transporte e energia, limpeza e remoção de destroços e lixos, entre outros (Adeel *et al.*; 2020).

Quanto aos desembolsos governamentais, a assistência médica e emergencial é amplamente afetada pelos acidentes decorrentes de eventos climáticos extremos, um levantamento dos custos de 2000 a 2015 identificou que no Brasil foram gastos quase R\$4 bilhões com o setor de saúde, e, ao longo desse período, os anos 2000, 2004 e 2012 apresentaram os maiores valores gastos, mas, nem sempre os custos elevados estão relacionados com a recorrência de eventos e sim com sua intensidade, sendo que, dentre os tipos de desastres (climatológicos, meteorológicos, hidrológicos e geológicos) os desastres hidrológicos são responsáveis por 88,5% dos custos totais nessa pesquisa (Freitas *et al.*; 2020). Um estudo sobre o impacto das inundações ocorridas no Rio Grande do Sul sobre a geração de energia elétrica estimou que os prejuízos superaram R\$ 1 bilhão, 44 empreendimentos de geração de energia do estado foram impactados, houve rompimento de barragens de usinas hidroelétricas e diversos danos com os sistemas de automação e comunicação, comprometimento da estrutura da casa de máquinas e sistema de conexão com as distribuidoras de energia locais, dentre outros (Oliveira; Ouriques; Castro, 2025).

Uma pesquisa realizada no Irã identificou que o governo iraniano gastou aproximadamente US\$ 29 bilhões em desastres durante o intervalo de 1920 a 2020, dos quais 40% foram utilizados para a recuperação após o evento climático extremo, e esse estudo ainda identificou que a seca custou mais que os demais desastres, sendo responsável por mais de US\$ 14 bilhões, o que corresponde a 47,74% do total gasto de US\$ 29 bilhões (Seddighi; Seddighi, 2020). No Japão, no ano de 2011 os custos devidos aos terremotos e tsunamis que ocorreram naquele ano superaram US\$ 300 bilhões, esse

valor se deve principalmente à maior assistência governamental que ocorreu após o desastre, em função da recuperação dos danos (Noy *et al.*, 2023).

Devido aos altos custos de recuperação após a ocorrência dos desastres decorrentes de eventos climáticos extremos, algumas medidas estão sendo tomadas para a preparação das pessoas e da infraestrutura para melhorar a resposta e a reconstrução após o evento climático extremo. Algumas tecnologias como sensoriamento remoto, radares e imagens de satélite são usadas para monitoramento desses eventos, de forma a distribuir a informação rapidamente para a população, facilitando a evacuação, o salvamento de vidas e preservação da infraestrutura (Krichen *et al.*; 2024). Além disso, para mitigar os danos estruturais, foram desenvolvidos modelos e ferramentas para avaliação do risco de danos causados pelos eventos climáticos extremos, e essa análise dos riscos é incluída no projeto de construção, o que pode evitar perdas financeiras e de vidas (Ji-Myong *et al.*; 2021).

3 Metodologia de Pesquisa

A amostra desta pesquisa foi constituída a partir das informações de 67.230 registros contidos na Base de Dados do Atlas Digital de Desastres no Brasil (Brasil, 2023b) referentes às quantidades, aos tipos de ocorrências e valores dos prejuízos (R\$1.000,00) produzidos por acidentes/desastres decorrentes de eventos climáticos extremos ocorridos no Brasil. Os dados com informações quantitativas sobre as ocorrências desses acidentes estão disponíveis integralmente ao longo do período que vai de 1991 (inclusive) até 2023 (inclusive) (Brasil, 2023a). Contudo, os dados econômico-financeiros (valores monetários) referentes aos prejuízos causados pelos acidentes decorrentes de eventos climáticos extremos só começaram a ser registrados na Base de Dados do Atlas Digital de Desastres no Brasil a partir de 1995 (Brasil, 2023a).

Logo, nesta investigação, as análises de dados referentes às características das ocorrências de acidentes decorrentes de eventos climáticos extremos em si abrangem todo o período de cobertura do Atlas Digital de Desastres no Brasil (Brasil, 2023a): 1991 até 2023. Contudo, as análises referentes aos prejuízos (valores monetários em R\$1.000,00) decorrentes de tais acidentes abrangem somente o período de 1995 até 2023, para este estudo exploratório-descritivo.

Todas as informações econômico-financeiras (valores monetários) disponibilizadas na Base de Dados do Atlas Digital de Desastres no Brasil (Brasil, 2023b) – referentes ao período de 1995 até 2023, portanto, integrantes a amostra desta pesquisa – são atualizadas

pelo “Índice Geral de Preços - Disponibilidade Interna” (IGP-DI) para a moeda de dezembro de 2023 (Brasil, 2023a). Esse procedimento é feito pelo próprio Atlas Digital de Desastres no Brasil (Brasil, 2023a) como forma de apresentar tais valores em moeda de poder aquisitivo de uma mesma data, no caso.

Para análise daqueles 67.230 registros contidos na Base de Dados do Atlas Digital de Desastres no Brasil (Brasil, 2023b) integrantes da amostra desta pesquisa foram utilizadas estatísticas descritivas (gráficos e tabelas) baseadas nas respectivas frequências de ocorrências (mediante análises longitudinais) e valores observados (totais e médios), segundo os respectivos períodos de ocorrência (anual, mensal e estações do ano), tipos de evento e tipos de danos causados, assim como, as naturezas desses danos.

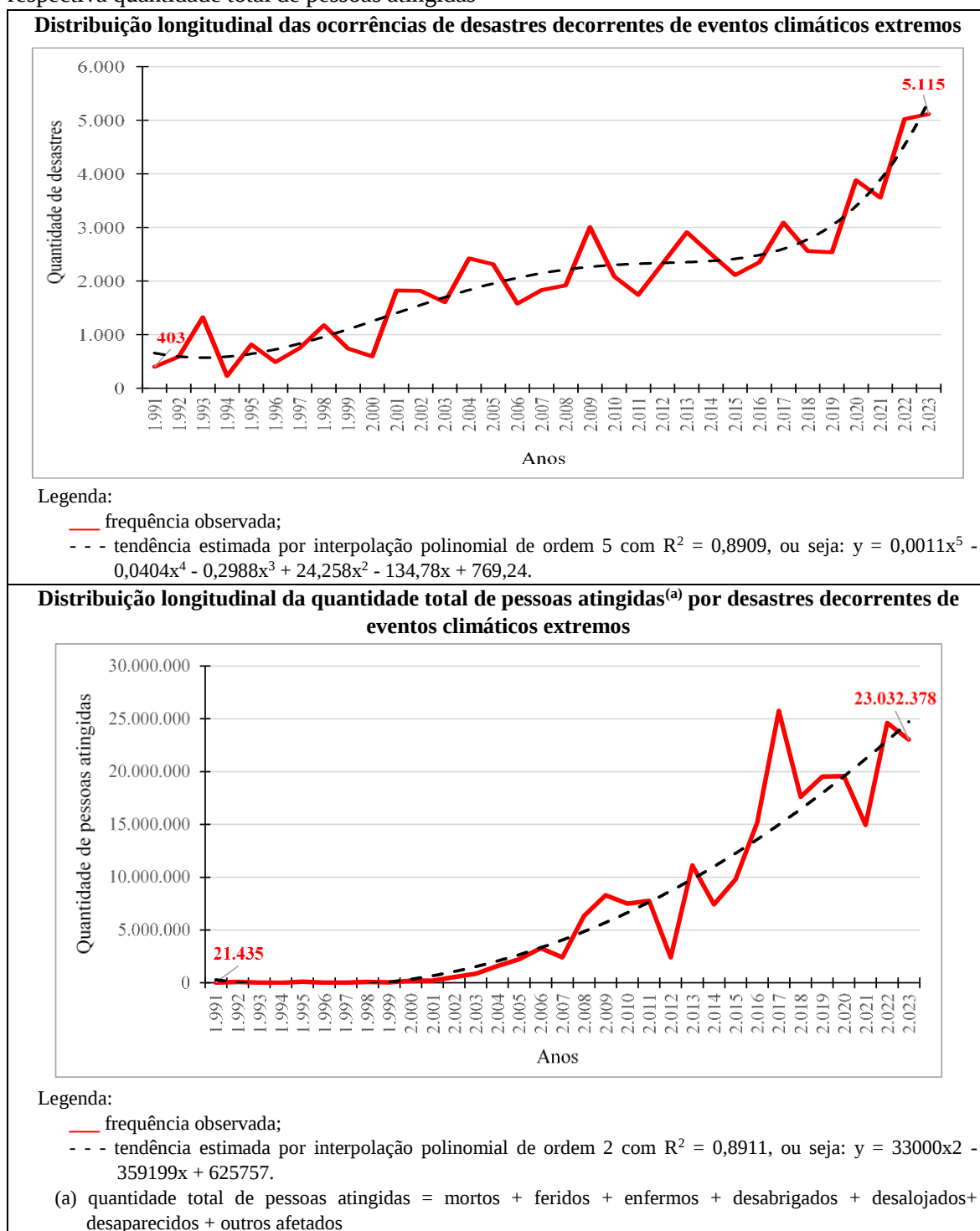
Assim, este estudo pode ser classificado como uma investigação de natureza descritiva, apoiada em métodos quantitativos aplicados na análise de dados empíricos.

4 Análise dos Dados e Discussão dos Resultados

A análise evolutiva acerca das ocorrências de desastres decorrentes de eventos climáticos extremos e a respectiva quantidade total de pessoas atingidas corrobora com Gregory (2021), Liao *et al.* (2024) e Churchill *et al.* (2024), em relação à constatação do aumento da frequência e da intensidade dos eventos climáticos extremos. Ou seja, conforme demonstrado na Figura 1, a frequência, avaliada a partir da quantidade de eventos ao longo do tempo, e a intensidade dos eventos climáticos extremos, aqui avaliada a partir da quantidade de pessoas atingidas ao longo do tempo, apresentaram crescimento, especialmente a partir do ano 2000.

Além do evidente crescimento em termos de quantidade de ocorrências e de pessoas atingidas – o que não é menos importante que a avaliação econômica acerca dos respectivos prejuízos, contudo, a presente pesquisa tem como objeto de estudo a análise sob essa perspectiva, isto é, a avaliação econômica – pôde se observar também uma tendência de crescimento em relação aos montantes dos prejuízos causados ao setor público da economia brasileira, conforme demonstrado na Tabela 1. Todavia, em alguns casos, o último ano do período analisado (2023) nesta investigação apresentou redução em relação ao ano imediatamente anterior (2022).

Figura 1 - Evolução das ocorrências de desastres decorrentes de eventos climáticos extremos e a respectiva quantidade total de pessoas atingidas^(a)



Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

Em termos públicos, exceto pelos gastos relacionados aos danos causados aos sistemas de esgotos sanitário, sistemas de transporte local/regional, sistemas de distribuição de combustíveis e sistemas de ensino, nos quais os prejuízos ocasionados por

acidentes decorrentes de eventos climáticos extremos continuaram em crescimento, nos demais segmentos do setor público da economia foram observadas reduções nesse tipo de prejuízo de 2022 para 2023. Ainda segundo as informações resumidas na Tabela 1, tanto em termos de prejuízos totais, quanto em termos de prejuízo médio por acidente, a tendência observada foi de redução nos respectivos valores de 2022 para 2023, contradizendo parcialmente – em termos de “intensidade econômica” (montantes de prejuízo) – as observações de Gregory (2021), Liao *et al.* (2024) e Churchill *et al.* (2024).

Tabela 1 – Distribuição das ocorrências de desastres decorrentes de eventos climáticos extremos e os respectivos danos materiais (prejuízos) ao setor público da economia

(continua na Tabela seguinte...)

Ano	Total de desastres (ocorrências)	Danos materiais (R\$1000)					
		Assis. méd. e emergência	Abast. de água potável	Sist. de esgotos sanit.	Sist. limp. e rec. de lixo	Sist. cont. de pragas	Distrib. de energia
1.991	403	0	0	0	0	0	0
1.992	590	0	0	0	0	0	0
1.993	1.324	0	0	0	0	0	0
1.994	231	0	0	0	0	0	0
1.995	818	0	500	0	0	0	0
1.996	490	0	10	0	0	0	0
1.997	748	0	124	0	0	0	0
1.998	1.178	0	3.725	430	297	0	422
1.999	741	323	975	25	9	0	75
2.000	595	8.321	1.748	4.047	943	0	1.072
2.001	1.824	17.176	36.786	10.240	2.378	0	10.785
2.002	1.816	5.357	132.195	2.509	1.915	0	5.621
2.003	1.606	2.577	98.759	64.878	7.861	0	16.241
2.004	2.424	58.710	127.930	103.462	26.556	0	50.921
2.005	2.314	17.825	105.414	22.225	21.791	0	16.157
2.006	1.580	7.253	395.362	10.618	9.801	0	8.030
2.007	1.831	7.707	503.020	11.262	11.165	0	24.020
2.008	1.921	21.582	467.663	18.243	15.788	0	42.109
2.009	3.005	39.208	604.800	39.191	17.071	0	70.832
2.010	2.086	111.182	505.467	52.822	20.208	0	36.998
2.011	1.740	11.410	172.612	128.688	11.684	0	34.464
2.012	2.325	15.599	592.323	12.099	5.077	1	15.229
2.013	2.911	135.256	1.241.270	466.499	151.264	32.198	25.366
2.014	2.505	90.198	376.626	443.573	94.858	14.579	28.494
2.015	2.113	66.898	505.926	35.123	21.784	2.048	14.809
2.016	2.352	61.891	390.499	217.960	52.050	20.555	11.061
2.017	3.089	164.738	3.732.861	164.984	46.554	6.210	27.047
2.018	2.560	87.795	2.142.138	48.179	28.998	2.453	6.538
2.019	2.538	87.012	1.140.457	91.837	70.240	7.540	6.239
2.020	3.880	52.334	1.030.895	113.871	68.723	6.013	43.762
2.021	3.556	68.854	1.191.732	282.635	69.102	22.400	9.766
2.022	5.021	139.433	2.175.837	254.648	262.079	23.088	43.940
2.023	5.115	101.747	924.801	332.217	132.549	13.720	41.830
Total	67.230	1.380.384	18.602.455	2.932.266	1.150.744	150.804	591.830

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

Tabela 1 – Distribuição das ocorrências de desastres decorrentes de eventos climáticos extremos e os respectivos danos materiais (prejuízos) ao setor público da economia

(...continuação da Tabela anterior)

Ano	Danos materiais (R\$1000)						
	Sistemas de telecom.	Transp. local/regional	Distrib. de combustíveis	Segurança pública	Ensino	Total	Média (por desastre)
1.991	0	0	0	0	0	0	0,00
1.992	0	0	0	0	0	0	0,00
1.993	0	0	0	0	0	0	0,00
1.994	0	0	0	0	0	0	0,00
1.995	0	750	0	0	0	1.250	1,53
1.996	0	0	0	0	0	10	0,02
1.997	0	5.762	0	0	0	5.886	7,87
1.998	44	14.279	0	0	0	19.197	16,30
1.999	26	4.054	0	0	337	5.823	7,86
2.000	389	12.916	0	0	3.713	33.149	55,71
2.001	744	73.132	0	0	11.615	162.856	89,29
2.002	1.062	57.466	0	0	2.791	208.917	115,04
2.003	4.037	95.770	100	0	11.861	302.084	188,10
2.004	2.012	117.426	10	0	33.657	520.685	214,80
2.005	6.918	178.678	1.805	0	41.633	412.446	178,24
2.006	2.529	80.829	1.753	0	18.008	534.182	338,09
2.007	2.051	190.844	0	0	28.741	778.810	425,35
2.008	3.146	119.989	0	0	48.712	737.232	383,78
2.009	11.733	279.981	25	0	135.321	1.198.162	398,72
2.010	3.762	148.884	4	0	43.491	922.818	442,39
2.011	13.917	428.497	0	0	18.909	820.181	471,37
2.012	2.042	112.523	4	95	32.070	787.060	338,52
2.013	6.362	599.675	11.170	53.575	135.204	2.857.839	981,74
2.014	15.898	943.842	33.914	28.418	122.713	2.193.113	875,49
2.015	1.587	257.198	4.276	8.552	38.819	957.021	452,92
2.016	3.454	547.242	1.759	4.887	47.904	1.359.262	577,92
2.017	2.670	577.254	24.217	7.235	74.689	4.828.459	1.563,11
2.018	4.756	199.026	7.348	8.990	29.701	2.565.919	1.002,31
2.019	1.019	579.602	7.811	7.642	55.627	2.055.026	809,70
2.020	10.453	168.168	4.973	3.960	44.169	1.547.320	398,79
2.021	5.760	526.075	9.524	61.159	52.509	2.299.517	646,66
2.022	10.094	551.505	20.714	34.703	136.448	3.652.487	727,44
2.023	6.495	1.046.633	20.793	13.851	152.357	2.786.993	544,87
Total	122.959	7.918.000	150.199	233.067	1.320.999	34.553.706	513,96

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

Em relação à distribuição das ocorrências de desastres decorrentes de eventos climáticos extremos e os respectivos danos materiais (prejuízos) ao setor público da economia, por tipo de evento, as informações resumidas na Tabela 2 revelam que em montantes totais de prejuízos as estiagens e secas são mais representativas, porém, em termos médios por evento, as chuvas intensas apresentam maior representatividade. Ou seja, devido à quantidade de eventos (30.705 ocorrências ao longo do período analisado), as estiagens e secas produzem um valor médio menor, contudo, são bem mais frequentes

que as ocorrências de chuvas intensas (6.718 ocorrências). Essa evidência indica as consequências materiais negativas (prejuízos) decorrentes de estiagem e seca apresentam maior amplitude, podendo atingir muito mais cidadãos que a chuvas intensas que, por outro lado, trazem consigo consequências mais expressivas (em termos monetários) para o setor público da economia brasileira.

Tabela 2 – Distribuição das ocorrências de desastres decorrentes de eventos climáticos extremos e os respectivos danos materiais (prejuízos) ao setor público da economia, **por tipo de evento**

Tipos de evento climático extremo	Total de desastres (ocorrências)	Danos materiais (R\$1000)	
		Total	Média (por desastre)
Alagamentos	1.873	1.015.545	542,20
Chuvas Intensas	6.718	5.057.759	752,87
Doenças infecciosas	275	109.401	397,82
Enxurradas	9.599	4.165.615	433,96
Erosão	685	340.512	497,10
Estiagem e Seca	30.705	18.606.386	605,97
Granizo	2.078	200.753	96,61
Incêndio Florestal	2.067	16.957	8,20
Inundações	6.183	3.276.865	529,98
Movimento de Massa	1.562	765.028	489,77
Onda de Calor e Baixa Umidade	174	115	0,66
Onda de Frio	243	14.118	58,10
Outros	688	322.254	468,39
Rompimento/Colapso de barragens	28	15.568	555,99
Tornado	105	34.935	332,72
Vendavais e Ciclones	4.247	611.896	144,08
Total	67.230	34.553.706	513,96

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

Apesar do estudo do clima terrestre envolver as complexas interações dos sistemas oceano-atmosfera-litosfera, pode se afirmar que a chuva é um fator relevante, pois contribui para o balanço hídrico e térmico, entre outros (Silva; Maier, 2019). E, nesse sentido, a precipitação ocorre em diferentes escalas no espaço e no tempo, contudo, é fato que as mudanças climáticas observadas nos últimos séculos vêm causando impactos ambientais em decorrência da distribuição das chuvas e, por sua vez, nas variações de temperatura (Silva; Maier, 2019).

Com temperaturas mais elevadas e maior precipitação, o verão foi a estação com maior número de ocorrências de acidentes decorrentes de eventos climáticos extremos, conforme descrito pelas informações contidas na Tabela 3. Por outro lado, a primavera traz consigo a transição do inverno para o verão, apresentando os maiores de prejuízos

decorrentes de acidentes causados por eventos climáticos extremos, tanto em valores totais quanto em valores médios por acidente, apesar de não ser a estação com maior quantidade de ocorrências dessa natureza, conforme demonstrado na Tabela 3.

Tabela 3 – Distribuição das ocorrências de desastres decorrentes de eventos climáticos extremos e os respectivos danos materiais (prejuízos) ao setor público da economia, **por estação e mês do ano**

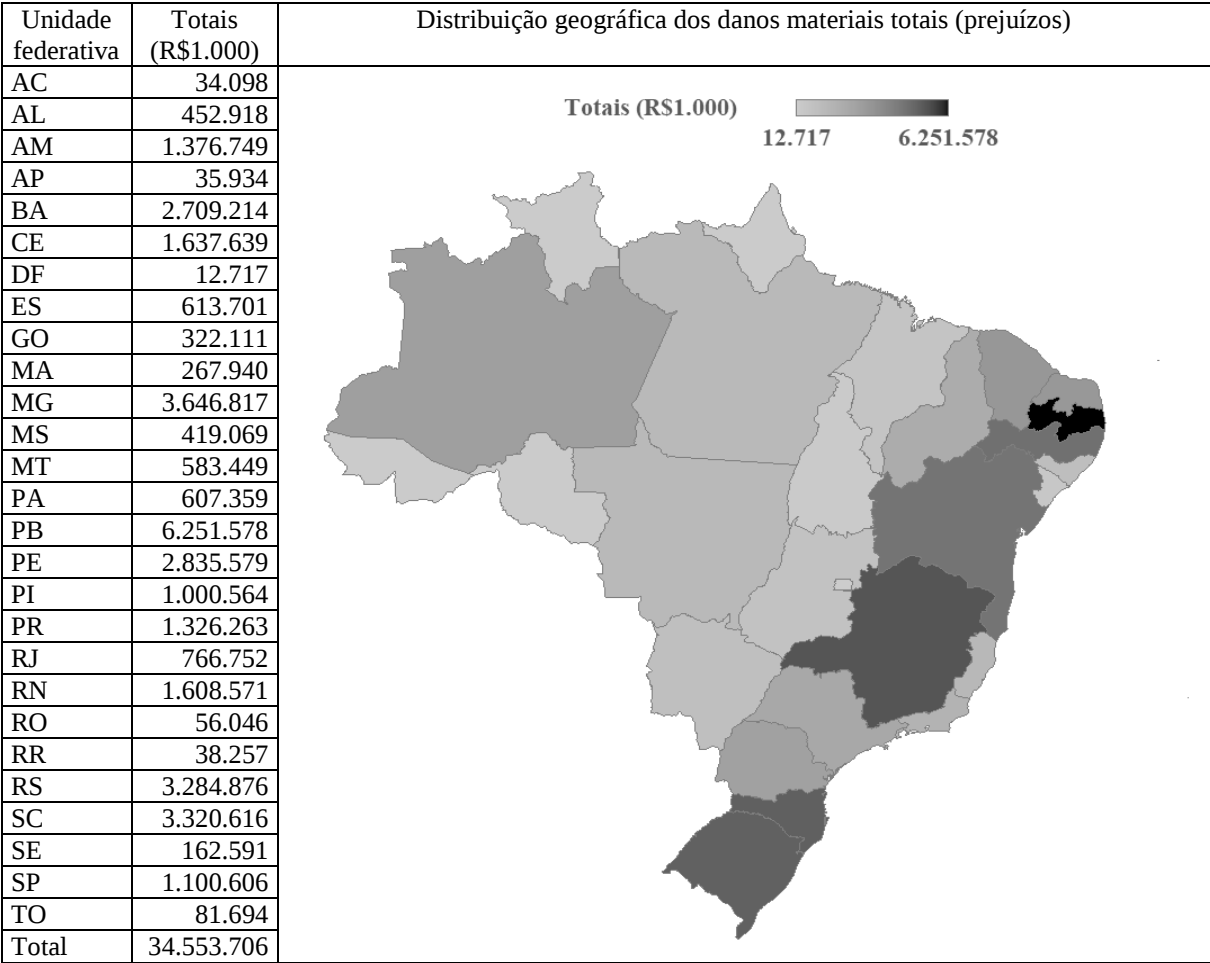
Estação do ano	Total de desastres (ocorrências)	Danos materiais (R\$1000)		Mês do ano	Total de desastres (ocorrências)	Danos materiais (R\$1000)	
		Total	Média (por desastre)			Total	Média (por desastre)
Verão	23.006	9.542.804	414,80	1	9.702	3.991.842	411,45
				2	6.346	1.702.654	268,30
				3	6.958	3.848.308	553,08
Outono	15.960	9.350.104	585,85	4	6.080	4.159.178	684,08
				5	5.906	3.345.778	566,50
				6	3.974	1.845.149	464,31
Inverno	12.427	5.445.713	438,22	7	3.972	1.485.036	373,88
				8	3.511	1.586.601	451,89
				9	4.944	2.374.075	480,19
Primavera	15.837	10.215.085	645,01	10	5.820	3.029.480	520,53
				11	4.990	4.461.001	893,99
				12	5.027	2.724.603	541,99
Total	67.230	34.553.706	513,96		67.230	34.553.706	513,96

Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

Em termos mensais, os meses de verão (janeiro, fevereiro e março) são notadamente os meses com o maior número de ocorrências de acidentes decorrentes de eventos climáticos extremos. E isso contribui significativamente para a redução do prejuízo médio por acidente, uma vez que no cálculo dessa média o denominador é maior, conforme pode ser observado na Tabela 3. Por outro lado, nos meses da primavera (outubro, novembro e dezembro), esse prejuízo médio se eleva consideravelmente em função do valor total observado. Isso, por sua vez, pode ser um indício de que os acidentes ocorridos nesse período apresentam maior “intensidade econômica”.

Por fim, a distribuição territorial dos danos materiais (prejuízos) em termo totais e ao longo do período analisado, descrita na Figura 2, revelou que as unidades federativas localizadas ao longo da costa brasileira tendem a sofrer mais as consequências desastres decorrentes de eventos climáticos extremos. Contudo, estados do interior do Brasil, como Minas Gerais (MG) por exemplo, também estão sujeitos a prejuízos de montantes significativos, conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Distribuição territorial dos danos materiais (prejuízos) totais causados por desastres decorrentes de eventos climáticos extremos (1995 até 2023)



Fonte: elaborado pelos autores, com base nos dados da pesquisa.

5 Considerações Finais

A análise dos dados sobre desastres decorrentes de eventos climáticos extremos no Brasil revelou um aumento significativo na frequência e intensidade desses eventos ao longo dos anos, o que ocorreu também em termos econômicos, assim como acontece com a quantidade de ocorrências e pessoas atingidas. Esse crescimento apresentou-se mais intenso ao longo das duas últimas décadas, especialmente a partir do ano 2000, o que é preocupante e destaca a necessidade de políticas públicas eficazes para mitigar os impactos desses desastres.

Os prejuízos econômicos causados por esses eventos são significativos sob qualquer perspectiva, mas, especialmente em relação aos danos materiais ao setor público

da economia, os prejuízos médios por desastre têm aumentado, o que sugere que os eventos climáticos extremos estão se tornando mais intensos e destrutivos.

A análise por tipo de evento climático extremo revelou que as estiagens e secas são os eventos mais frequentes, mas as chuvas intensas têm maior impacto econômico, em termos de prejuízos. As estiagens e secas produziram um valor médio menor de prejuízo por evento, mas são bem mais frequentes que as ocorrências de chuvas intensas. Por outro lado, as chuvas intensas apresentam maior representatividade em termos de prejuízo médio por evento.

A análise por estação do ano revelou que o verão é a estação com mais ocorrências de desastres, mas a primavera apresenta os maiores prejuízos econômicos. No verão foram observadas 23.006 ocorrências, enquanto a primavera contou com 15.837 ocorrências, mas apresentou prejuízos econômicos totais e médios por desastre mais elevados. Isso sugere que os eventos climáticos extremos que ocorrem durante a primavera têm maior "intensidade econômica".

Em resumo, a análise dos dados sobre desastres decorrentes de eventos climáticos extremos no Brasil revelou um aumento significativo na frequência e intensidade desses eventos, como a teoria adjacente já sinalizava. Porém, essa constatação também foi confirmada do ponto de vista econômico. A identificação dos tipos de eventos e estações do ano mais propensos a causar prejuízos econômicos pode ajudar a informar políticas públicas e planejamento de mitigação de desastres, visando reduzir os impactos desses eventos no Brasil.

Diante das muitas outras direções que o estudo ora proposto poderia tomar, dependendo dos objetivos e interesses dos pesquisadores, para sua continuidade sugere-se, por exemplo, a realização de análises de vulnerabilidade regional, na qual, realizar-se-iam análises detalhadas das regiões mais vulneráveis a eventos climáticos extremos no Brasil, identificando os fatores que contribuem para essa vulnerabilidade e propondo estratégias de adaptação e mitigação específicas para cada região analisada. Também poderiam ser investigadas e propostas modelagens de cenários futuros, de forma a avaliar os possíveis impactos econômicos e sociais, identificando áreas que precisam de atenção especial para se adaptar às mudanças climáticas. Por fim, poderiam ser realizadas análises regionais e temporais acerca das políticas públicas e respostas governamentais atuais para lidar com eventos climáticos extremos no Brasil, identificando lacunas e oportunidades para

melhoria, de forma a realizar proposições para o fortalecimento da resiliência do país a esses eventos.

Referências

ADEEL, Z.; ALARCÓN, A. M.; BAKKENSEN, L.; FRANCO, E.; GARFIN, G. M.; MCPHERSON, R. A.; MÉNDEZ, K.; ROUDAUT, M. B.; SAFFARI, H.; WEN, W. Developing a comprehensive methodology for evaluating economic impacts of floods in Canada, Mexico and the United States. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, [s. l.], v. 50, p. 1-13, nov. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101861>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420920313637>. Acesso em: 12 out. 2025.

AGACHE, I.; SAMPATH, V.; AGUILERA, J.; AKDIS, C. A.; AKDIS, M.; BARRY, M.; BOUAGNON, A.; CHINTHRAJAH, S.; COLLINS, W.; DULITZKI, C.; ERNY, B.; GOMEZ, J.; GOSHUA, A.; JUTEL, M.; KIZER, K. W.; KLINE, O.; LABEAUD, A. D.; PALI-SCHÖLL, I.; PERRETT, K. P.; PETERS, R. L.; PLAZA, M. P.; PRUNICKI, M.; SACK, T.; SALAS, R. N.; SINDHER, S. B.; SOKOLOW, S. H.; THIEL, C.; VEIDIS, E.; WRAY, B. D.; TRAILD-HOFFMANN, C.; WITT, C.; NADEAU, K. C.. Climate change and global health: a call to more research and more action. **Allergy**, [s. l.], v. 77, issue 5, p. 138-1407, May 2022. DOI: <https://doi.org/10.1111/all.15229>. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/all.15229>. Acesso em: 09 out. 2024.

AMIRKHANI, M.; GHAEMIMOOD, S.; SCHREEB, J. V.; EL-KHATIB, Z.; YAYA, S.. Extreme weather events and death based on temperature and CO2 emission – A global retrospective study in 77 low-, middle- and high-income countries from 1999 to 2018. **Preventive Medicine Reports**, [s. l.], v. 28, e-article 101846, August 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2022.101846>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221133552200153X?via%3Dihub>. Acesso em: 01 nov. 2024.

BENINCASA, E.; BETZ, F.; GATTINI, L.. How do firms cope with losses from extreme weather events? **Journal of Corporate Finance**, [s. l.], v. 84, e-article 102508, February 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2023.102508>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0929119923001578?via%3Dihub>. Acesso em: 23 nov. 2024.

BHATTI, U. A.; BHATTI, M. A.; TANG, H.; SYAM, M. S.; AWWAD, E. M.; SHARAF, M.; GHADI, Y. Y.. Global production patterns: Understanding the relationship between greenhouse gas emissions, agriculture greening and climate variability. **Environmental Research**, [s. l.], v. 245, e-article 118049, 15 March 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.118049>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013935123028530?via%3Dihub>. Acesso em: 08 out. 2024.

BHOLA, V.; HERTELENDY, A.; HART, A.; ADNAN, S. B.; CIOTTONE, G. Escalating costs of billion-dollar disasters in the US: Climate change necessitates disaster risk reduction. **The Journal of Climate Change and Health**, [s. l.], v.10, e-article 100201, mar-abr 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.joclim.2022.100201>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667278222000906?via%3Dihub>. Acesso em: 05 nov. 2024.

BOAKYE, J.; GUIDOTTI, R.; GARDONI, P.; MURPHY, C. The role of transportation infrastructure on the impact of natural hazards on communities. **Reliability Engineering & System Safety**, [s. l.], v. 219, e-article 108184, mar. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ress.2021.108184>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0951832021006682>. Acesso em: 27 jan. 2025.

BOLAN, S.; PADHYE, L. P.; JASEMIZAD, T.; GOVARTHANAN, M.; KARMEGAM, N.; WIJEKARA, H.; AMARISI, D.; HOU, D.; ZHOU, P.; BISWAL, B. K.; BALASUBRAMANIAN, R.; WANG, H.; SIDDIQUE, K. H.; RINKLEBE, J.; KIRKHAM, M.; BOLAN, N. Impacts of climate change on the fate of contaminants through extreme weather events. **Science of The Total Environment**, [s. l.], v. 909, e-article 168388, jan. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168388>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972307016X?via%3Dihub>. Acesso em: 23 nov. 2024.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR). Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. **Atlas digital de desastres no Brasil**: base de dados do atlas digital de desastres no Brasil - manual de aplicação. Brasília: MIDR, 2023a. Disponível em: https://atlasdigital.mdr.gov.br/arquivos/Atlas_Digital_Desastres_Manual_Aplicacao.pdf. Acesso em: 23 fev. 2025.

BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR). Secretaria de Proteção e Defesa Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. **Atlas digital de desastres no Brasil**: base de dados do atlas digital de desastres no Brasil - consulta realizada em: 06 fev. 2025-16h46. Brasília: MIDR, 2023b. Disponível em: <https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/downloads.xhtml>. Acesso em: 23 fev. 2025.

CHEN, X.; FU, Q.; CHANG, C. What are the shocks of climate change on clean energy investment: A diversified exploration. **Energy Economics**, [s. l.], v. 95, p. 1-12, mar. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105136>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140988321000414?via%3Dihub>. Acesso em: 08 nov. 2024.

CHURCHILL, S. A.; MUNYANYI, M. E.; TRINH, T.; WIKLUND, J. From disastrous heat waves to extreme rains: Effects of weather shocks on entrepreneurship. **Business Venturing Insights**, [s. l.], v.21, p. 1-14, jun 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbvi.2024.e00469>. Disponível em:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352673424000210?via%3Dihub>. Acesso em: 04 nov. 2024.

DELGADO, R. C.; SANTANA, R. O. de; GELSLEICHTER, Y. A.; PEREIRA, M. G.. Degradation of South American biomes: What to expect for the future? **Environmental Impact Assessment Review**, [s. l.], v. 96, e-article 106815, September 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2022.106815>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195925522000816?via%3Dihub>. Acesso em: 09 jan. 2025.

EBI, K. L.; VANOS, J.; BALDWIN, J. W.; BELL, J. E.; HONDULA, D. M.; ERRETT, N. A.; HAYES, K.; REID, C. E.; SAHA, S.; SPECTOR, J.; BERRY, P. Extreme Weather and Climate Change: Population Health and Health System Implications. **Annual Review of Public Health**, [s. l.], v. 42, p. 293-315, abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-012420-105026>. Disponível em: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-publhealth-012420-105026>. Acesso em: 08 jan. 2025.

FERREIRA, M. L. Extreme rain event highlights the lack of governance to face climate change in the Southeastern coast of Brazil. **Geography and Sustainability**, [s. l.], v. 5, issue 1, p. 29-32, March 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geosus.2023.11.001>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666683923000676?via%3Dihub>. Acesso em: 07 jan. 2025.

FREITAS, C. M.; SILVA, I. V. M.; XAVIER, D. R.; SILVA, E. L.; BARCELLOS, C. Desastres naturais e seus custos nos estabelecimentos de saúde no Brasil no período de 2000 a 2015. **Cadernos de saúde pública**, [s. l.], v. 36, p. 1-12, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1590/0102-311X00133419>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/H6jYR8CFdwjJktM9bvgr9wK/abstract/?lang=pt>. Acesso em: 30 jan. 2025.

GIORDONO, L.; BOUDET, H.; GARD-MURRAY, A.. Local adaptation policy responses to extreme weather events. **Policy Sciences**, [s. l.], v. 53, p. 609–636, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11077-020-09401-3>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11077-020-09401-3>. Acesso em: 23 nov. 2024.

GREGORY, R. P. Climate disasters, carbon dioxide, and financial fundamentals. **The Quarterly Review of Economics and Finance**, [s. l.], v. 79, p. 45-58, February 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.qref.2020.12.008>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1062976920301782?via%3Dihub>. Acesso em: 01 nov. 2024.

JI-MYONG, K.; BAE, J.; SON, S.; SON, K.; YUM, S.-G. Development of model to predict natural disaster-induced financial losses for construction projects using deep learning techniques. **Sustainability**, [s. l.], v.13, p. 2-12, May 2021. DOI:

<https://doi.org/10.3390/su13095304>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/9/5304>.

KHAN, M. T. I.; ANWAR, S.; SARKODIE, S. A.; YASEEN, M. R.; NADEEM, A. M.. Do natural disasters affect economic growth? The role of human capital, foreign direct investment, and infrastructure dynamics. **Heliyon**, [s.l.], v. 9, issue 1, e-article 12911, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e12911>. Disponível em: [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(23\)00118-4?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844023001184%3Fshowall%3Dtrue](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(23)00118-4?_returnURL=https%3A%2F%2Flinkinghub.elsevier.com%2Fretrieve%2Fpii%2FS2405844023001184%3Fshowall%3Dtrue). Acesso em: 09 jan. 2025.

KONIG, T.; KUX, H.; CORSI, A. Landslide risk management using the mathematical model trigs. **Geosciences**, São Paulo, v. 41, p. 243-254, mai. 2022. DOI: <https://doi.org/10.5016/geociencias.v41i1.16290>. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/geociencias/article/view/16290>. Acesso em: 11 jan. 2025.

KRICHEN, M.; ABDALZAHER, M. S.; ELWEKEIL, M.; FOUDA, M. M. Managing natural disasters: an analysis of technological advancements, opportunities, and challenges. **Internet of Things and Cyber-Physical Systems**, [s. l.], v.4, p. 99-109, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.iotcps.2023.09.002>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667345223000500>. Acesso em: 14 fev. 2025.

LAZZARI, D.; GARCEZ, A.; POLTOZI, N.; POZZI, G.; BRITO, C. Identification of extreme weather events and impacts of the disasters in Brazil. **Atmospheric and Oceanic Physics**, [s. l.], v. 1, p. 1-23, set. 2024. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2409.16309>. Disponível em: <https://arxiv.org/abs/2409.16309>. Acesso em: 18 jan. 2025.

LIAO, W.; LIU, D.; XUE, X.; WU, Y.; XUE, F.; CHANG, K. Power generation expansion planning considering natural disaster scenarios under carbon emission trajectory constraints. **Applied Energy**, [s. l.], v. 361, e-article 122832, 1 May 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2024.122832>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261924002150?via%3Dihub>. Acesso em: 06 jan. 2025.

LIMA, L. J. B.; HAMZAGIC, M. Gases de efeito estufa e poluição do ar: semelhanças e diferenças. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, [s. l.], v. 6, p. 112-144, set. 2022. DOI: <https://doi.org/10.32749/nucleodoconhecimento.com.br/meio-ambiente/gases-de-efeito-estufa>. Disponível em: <https://www.nucleodoconhecimento.com.br/meio-ambiente/gases-de-efeito-estufa>. Acesso em: 04 out. 2024.

LIU, C.; FANG, D.; ZHAO, L. Reflection on earthquake damage of buildings in 2015 Nepal earthquake and seismic measures for post-earthquake reconstruction. **Structures**, [s. l.], v. 30, p. 647-658, abr. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.12.089>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352012421000175>. Acesso em: 28 jan. 2025.

MORGUNOVA, M.; SHATON, K. The role of incumbents in energy transitions: Investigating the perceptions and strategies of the oil and gas industry. **Energy Research & Social Science**, [s. l.], v. 89, e-article 102573, jul. 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.erss.2022.102573>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214629622000780?via%3Dihub>. Acesso em: 08 nov. 2024.

NASCIMENTO, S. M. do; CORREA, S. A. Emergência climática na Amazônia: agroecologia e conhecimentos tradicionais contra os modelos empresariais de conservação. **Novos Cadernos NAEA**, Belém, v. 27, n. 1, p. 93-124, jan-abr. 2024. DOI: <http://dx.doi.org/10.18542/ncn.v27i1.16022>. Disponível em: <https://periodicos.ufpa.br/index.php/ncn/article/view/16022>. Acesso em: 31 jan. 2025.

NEWMAN, R.; NOY, E. The global costs of extreme weather that are attributable to climate change. **Nature Communications**, [s. l.], n. 14, p. 1-13, set. 2023. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41467-023-41888-1>. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41467-023-41888-1>. Acesso em: 11 fev. 2025.

NOY, I.; OKUBO, T.; STROBL, E.; TVEIT, T. The fiscal coats of earthquakes in Japan. **International Tax and Public Finance**, [s. l.], v. 30, p. 1225-1250, out. 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10797-022-09747-9>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10797-022-09747-9>. Acesso em: 12 fev. 2025.

OLIVEIRA, S. L. de; OURIQUES, R. Z.; CASTRO, V. L. L. de. Ocorrência crescente de eventos climáticos extremos e evidência da vulnerabilidade de aproveitamentos energéticos no sul do Brasil. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, [s. l.], v. 23, n. 2, p. e8911, 2025. DOI: 10.55905/oelv23n2-030. Disponível em: <https://ojs.observatoriolatinoamericano.com/ojs/index.php/olel/article/view/8911>. Acesso em: 13 fev. 2025.

OPPERMANN, E.; KJWLLSTROM, T.; LEMKE, B.; OTTO, M.; LEE, J. K. W. Establishing intensifying chronic exposure to extreme heat as a slow onset event with implications for health, wellbeing, productivity, society and economy. **Currente Opinion in environmental Sustainability**, [s. l.], v. 50, p. 225-235, junho 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2021.04.006>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877343521000634>. Acesso em: 16 jan. 2025.

POTTS, J.; TIEDMANN, H. R.; STEPHENS, K. K.; FAUST, K. M.; CASTELLANOS, S.. Enhancing power system resilience to extreme weather events: a qualitative assessment of winter storm Uri. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, [s. l.], v. 103, e-article 104309, 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2024.104309>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212420924000712?via%3Dihub>. Acesso em: 31 jan. 2025.

RÜSTEMOĞLU, H.; ANDRÉS, A. R. Determinants of CO₂ emissions in Brazil and Russia between 1992 and 2011: A decomposition analysis. **Environmental Science & Policy**, [s. l.], v.58, p. 95-106, abril 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2016.01.012>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1462901116300120?via%3Dihub>. Acesso em: 08 out. 2024.

SAINTE, G.; CATAIA, M. Vulnerabilidade socioterritorial e eventos geográficos: o caso do Haiti. **Geografia em Questão**, [s. l.], v. 17, p. 193-226, abril 2024. DOI: <https://doi.org/10.48075/geoq.v17i02.29799>. Disponível em: <https://e-revista.unioeste.br/index.php/geoemquestao/article/view/29799>. Acesso em: 28 jan. 2025.

SEDDIGHI, H.; SEDDIGHI, S. How much the Iranian government spent on disasters in the last 100 years? A critical policy analysis. **Cost Eff Resour Alloc**, [s. l.], v. 18, p. 1-11, out. 2020. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12962-020-00242-8>. Disponível em: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12962-020-00242-8>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SENEVIRATNE, S. I.; ZHANG, X.; ADNAN, M.; BADI, W.; DERECHYNSKI, C.; DI LUCA, A.; GHOSH, S.; ISKANDAR, I.; KOSSIN, J.; LEWIS, S.; OTTO, F.; PINTO, I.; SATOH, M.; VICENTE-SERRANO, S. M.; WEHNER, M.; ZHOU, B. Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In: **Climate change 2021: the physical science basis**. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2023, p. 1513–1766. Disponível em: <https://doi.org/10.1017/9781009157896.013>. Acesso em: 24 nov. 2024.

SILVA, T. da R.; MAIER, E. L. Precipitação em Rio Grande-RS, Brasil (1913 – 2016): análise descritiva e da variabilidade. In: Ana Cristina Roque (e outros organizadores). **Saindo da zona de conforto: a interdisciplinaridade das zonas costeiras**. Rio de Janeiro: FGEL-UERJ, 2019. Cap. 10. p. 150-16.