



Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB
Programa de Pós-Graduação em Ciências e Sustentabilidade - PPGCS

ELIARDO SILVA PRADO

**DIAGNÓSTICO DOS EVENTOS EXTREMOS NO BRASIL E A
AVALIAÇÃO DO PLANO NACIONAL DE ADAPTAÇÃO NA BAHIA**

TEIXEIRA DE FREITAS - BA

2025

ELIARDO SILVA PRADO

**DIAGNÓSTICO DOS EVENTOS EXTREMOS NO BRASIL E A
AVALIAÇÃO DO PLANO NACIONAL DE ADAPTAÇÃO NA BAHIA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em
Ciências e Sustentabilidade da Universidade Federal do
Sul da Bahia, como parte das exigências para obtenção do
título de mestre em Ciências e Sustentabilidade.

Orientadora: Profa. Dra. Luanna Chácara Pires

Coorientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva

TEIXEIRA DE FREITAS - BA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Federal do Sul da Bahia
Sistema de Bibliotecas

P896d Prado, Eliardo Silva.
Diagnóstico dos eventos extremos no Brasil e a avaliação do Plano
Nacional de Adaptação na Bahia / Eliardo Silva Prado. Teixeira de Freitas,
2025.
95 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Sul da Bahia,
Campus Paulo Freire, Centro de Formação em Desenvolvimento
Territorial, Programa de Pós-Graduação em Ciências e
Sustentabilidade, 2025.

Orientador: Prof. Dra. Luanna Chácara Pires.

1. Desastres ambientais - Bahia. 2. Mudanças climáticas – Política
Governamental. 3. Bahia (Estado). I. Título. II. Pires, Luanna Chácara.

CDD – 363.700981

ELIARDO SILVA PRADO

DIAGNÓSTICO DOS EVENTOS EXTREMOS NO BRASIL E A AVALIAÇÃO DO PLANO NACIONAL DE ADAPTAÇÃO NA BAHIA

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Ciências e Sustentabilidade da Universidade Federal do Sul da Bahia, como parte das exigências para obtenção do título de mestre(a) em Ciências e Sustentabilidade.

Orientadora: Profa. Dra. Luanna Chácara Pires

Coorientador: Prof. Dr. João Batista Lopes da Silva

Este trabalho foi submetido à avaliação e julgado aprovado em: 19/ 05/ 2025.

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
 **FLAVIA MARIANI BARROS**
Data: 09/09/2025 15:48:05-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dra. FLÁVIA MARIANI BARROS
UESB/PPGCA

Documento assinado digitalmente
 **JOAO BATISTA LOPES DA SILVA**
Data: 10/09/2025 09:15:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. JOÃO BATISTA LOPES DA SILVA
UFSB/PPGCS

Documento assinado digitalmente
 **GERSON DOS SANTOS LISBOA**
Data: 09/09/2025 09:53:58-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Dr. GERSON DOS SANTOS LISBOA
UFG/PPGCS

Documento assinado digitalmente
 **LUANNA CHACARA PIRES**
Data: 08/09/2025 09:38:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

ORIENTADORA
Dra. LUANNA CHÁCARA PIRES
UFSB/PPGCS

TEIXEIRA DE FREITAS - BA

2025

Dedico este trabalho aos meus pais, Sr. Josué Antônio dos Santos e Dona Esmeralda Oliveira do Prado, semianalfabetos, os quais na sua simplicidade, talvez nem possam medir o quanto este título é importante, mas que foram o combustível para toda a minha jornada estudantil, não medindo esforços para que eu estivesse na escola e valorizasse as oportunidades que eles não tiveram. Amo vocês!

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora, Professora Dra. Luanna Chácara Pires, por sua orientação, paciência e apoio incondicional ao longo deste processo, uma pessoa incrível, exemplo de dedicação e amor a pesquisa.

Agradeço também aos professores do PPGCS, especialmente ao coordenador do curso, Professor Dr. João Batista Lopes da Silva, cujo profissionalismo e dedicação ao programa, tornou-se possível essa conquista.

Um agradecimento especial à minha esposa Kathleen Dutra R. Prado, por seu amor e compreensão durante esses anos, sempre acreditando em mim, encorajando-me e cuidando da nossa Catarina. Foi por vocês! Foi para garantir um futuro melhor para você minha filha.

Agradeço também aos meus amigos, em especial a Diana Aguiar, a qual me encorajou a participar da seleção e também ao Weverton Marcone, o qual muito ensinou-me através da sua experiência com a Defesa Civil.

Finalmente, agradeço à Universidade Federal do Sul da Bahia - UFSB por me proporcionar a oportunidade de realizar este MESTRADO.

PRADO, Eliardo Silva. **Diagnóstico dos Eventos Extremos no Brasil e a Avaliação do Plano Nacional de Adaptação na Bahia**. Orientador: Luanna Chácara Pires. 2025. Dissertação (Mestrado em Ciências e Sustentabilidade) – Universidade Federal do Sul da Bahia, Teixeira de Freitas, 2025.

RESUMO

Entre 2000 e 2023, eventos extremos afetaram cerca de 4 bilhões de pessoas em todo o mundo. No Brasil, os impactos desses desastres são amplificados por desigualdades socioeconômicas e vulnerabilidades territoriais, que agravam os efeitos sobre as populações expostas. Esta dissertação teve como objetivo caracterizar os eventos extremos registrados no país entre 2003 e 2023, com foco nas vulnerabilidades associadas e na implementação do Plano Nacional de Adaptação (PNA) no estado da Bahia. Os dados foram obtidos por meio do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), da plataforma Atlas Digital e de fontes oficiais dos governos estadual e federal. O estudo adota abordagem descritiva, exploratória e comparativa. A análise da estacionariedade das séries temporais foi realizada com o teste de Dickey-Fuller Aumentado (ADF), e a tendência temporal dos eventos foi avaliada com modelo de regressão de Poisson. As análises foram realizadas na linguagem R, com auxílio do ambiente RStudio. O nível de significância adotado foi de 5% ($\alpha = 0,05$), que equilibra robustez e sensibilidade na identificação de efeitos relevantes. Foram identificadas 56.472 ocorrências de desastres no período, das quais 97,12% foram associadas a fatores climáticos. Cerca de 93% dos municípios brasileiros relataram ao menos um tipo de ocorrência. Verificou-se um aumento médio anual de 4,49% nos eventos relacionados ao clima, com tendência estatisticamente significativa ($p < 0,05$). A comparação entre os dois quinquênios mais recentes indicou crescimento expressivo na frequência de eventos climatológicos ($p = 0,008$). A estiagem e a seca responderam por 43,9% dos registros, com média de 1.147 ocorrências por ano, impactando de forma mais intensa a região Nordeste. Em relação ao PNA, observou-se que 80% das diretrizes voltadas ao setor de cidades já contam com ações em andamento no estado da Bahia. Conclui-se que o avanço dos eventos extremos exige não apenas o monitoramento contínuo e o fortalecimento da resposta estatal, mas também a integração de políticas públicas com foco na redução das desigualdades e no aumento da resiliência local.

Palavras-chave: Desastres; Emergência climática; Vulnerabilidades; Mudanças Climáticas; Sustentabilidade; Políticas Públicas

PRADO, Eliardo Silva. **Diagnosis of Extreme Events in Brazil and the Assessment of the National Adaptation Plan in Bahia**. Advisor: Luanna Chácara Pires. 2025. Dissertation (Master's in Science & Sustainability) – Universidade Federal do Sul da Bahia, Teixeira de Freitas, 2025.

ABSTRACT

Between 2000 and 2023, extreme events affected approximately 4 billion people worldwide. In Brazil, the impacts of such disasters are exacerbated by socioeconomic inequalities and territorial vulnerabilities, which intensify the effects on exposed populations. This study aimed to characterize extreme events recorded in the country from 2003 to 2023, focusing on associated vulnerabilities and the implementation of the National Adaptation Plan (PNA) in the state of Bahia. Data was collected from the Integrated Disaster Information System (S2iD), the Digital Atlas platform, and official websites of the federal and state governments. The research employed a descriptive, exploratory, and comparative approach. Time series stationarity was assessed using the Augmented Dickey-Fuller (ADF) test, and a Poisson regression model was applied to evaluate the temporal trend of extreme events. Statistical analyses were performed using R (RStudio) with a 95% confidence level. A total of 56,472 disaster occurrences were identified during the study period, 97.12% of which were climate-related. Approximately 93% of Brazilian municipalities reported at least one occurrence. A significant annual increase of 4.49% in climate-related events was observed ($p < 0.05$). Comparison between the two most recent decades revealed a statistically significant increase in climatological events ($p = 0.008$). Droughts and dry spells accounted for 43.9% of all incidents, with an average of 1,147 occurrences per year, disproportionately affecting the Northeast region. Regarding the PNA, it was found that 80% of the guidelines for the urban sector had already been partially implemented in the state of Bahia. It is concluded that the increase in extreme events demands not only continuous monitoring and stronger institutional responses, but also the integration of public policies focused on reducing social inequalities and enhancing local resilience.

Keywords: Disasters; Climate emergency; Climate change; Public policies; Sustainability; Vulnerabilities

LISTA DE FIGURAS

Referencial Teórico

Figura 1 – Emissões globais anuais dos principais gases de efeito estufa (GEE) entre 1924 e 2023 em gigatoneladas (Gt)..... 19

Figura 2 – Emissões de gases de efeito estufa do Brasil de 1990 a 2023 (GtCO₂e) 20

Capítulo I - CARACTERIZAÇÃO DOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS NO BRASIL ENTRE 2003 A 2023

Figura 1 - Distribuição dos desastres biológicos no Brasil antes e durante a pandemia de Covid-19 (2003-2022) 39

Figura 2 - Distribuição dos desastres no Brasil (2003-2022), segundo os do S2iD e do Atlas Digital 41

Figura 3 - Registros de Desastres no Brasil de 2003 a 2023 por Grupo COBRADE 43

Figura 4 - Taxa de crescimento anual dos eventos extremos dos grupos climatológicos, hidrológicos e meteorológicos ao longo do período estudado 43

Figura 5 - Tendência temporal dos registros de desastres na plataforma Atlas (2003 a 2023).44

Figura 6 - Distribuição Espacial dos Eventos Extremos (Climatológicos, Hidrológicos e Meteorológicos) no Brasil no Período de 2003–2023 44

Figura 7 - Distribuição Espacial dos Eventos Extremos (Climatológicos, Hidrológicos e Meteorológicos) no Brasil por Período de (2003–2013 vs. 2014-2023) 47

Figura 8 - Evolução dos registros de Chuvas intensas e Incêndio florestal no Brasil (2003–2023).....50

Capítulo II - PADRÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS DE DESASTRES NA BAHIA E O ESTÁGIO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO NACIONAL DE ADAPTAÇÃO (PNA) NO SETOR CIDADES

Figura 1 - Ocorrência anual de desastres naturais no estado da Bahia no período de 2003 a 2023 63

Figura 2 - Distribuição Espacial dos Eventos Extremos (Climatológicos, Hidrológicos e Meteorológicos) na Bahia nos Períodos de 2003–2013 e 2014–2023 67

Figura 3 - Distribuição Espacial dos Eventos Extremos na Bahia por Tipo e Período 69

Figura 4 - Dendrograma com *bootstrap* dos biomas predominantes nos municípios da Bahia com base nos indicadores de vulnerabilidade 75

Figura 5 - Dispersão dos componentes principais 1 e 2 dos biomas predominantes nos municípios baianos, em relação aos indicadores de vulnerabilidade 76

LISTA DE TABELAS

Referencial Teórico

Tabela 1 - Tabela Resumida da Classificação e Codificação Brasileira de Desastres 16

Capítulo I - CARACTERIZAÇÃO DOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS NO BRASIL ENTRE 2003 A 2023

Tabela 1 - Distribuição dos reconhecimentos de desastres nos bancos de dados oficiais do Brasil (2003 a 2023) 38

Tabela 2 - Comparação entre os registros de desastres biológicos no Brasil antes e durante a pandemia de COVID-19 (2003-2019 e 2020-2022), com base nos dados do S2iD e do Atlas 39

Tabela 3 - Comparativo de registros de desastres dos grupos Cobrade (2003 a 2023) no Brasil 41

Tabela 4 - Comparativo de registros de desastres dos grupos Cobrade (2004 a 2023) no Brasil em dois períodos (2004 a 2013 e 2014 a 2023).....45

Tabela 5 - Total de Registros por Tipo de Evento no Período de 2003 a 2023 no Brasil 49

Capítulo II - PADRÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS DE DESASTRES NA BAHIA E O ESTÁGIO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO NACIONAL DE ADAPTAÇÃO (PNA) NO SETOR CIDADES

Tabela 1 - Distribuição da frequência de eventos extremos por classes nos municípios baianos (2003–2023) 64

Tabela 2 - Indicadores de vulnerabilidade (socioeconômicos, demográficos e de

infraestrutura) por bioma predominante nos municípios
baianos.....71

Tabela 3. Distribuição dos municípios baianos segundo o percentual de cobertura de
esgotamento sanitário adequado e bioma
predominante 74

Tabela 4 - Alcance das metas do PNA 2016 pelo estado Bahia até o ano de
2024 80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADF	Dickey-Fuller Aumentado
AIC	Critério de Informação de Akaike
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CEPED/UFSC	Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina
CEMA	Conferência Estadual do Meio Ambiente
COBRADE	Codificação Brasileira de Desastres
COP	Conferência das Partes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ECP	Estados de Calamidade Pública
GEE	Gases de Efeito Estufa
GLM	Modelos Lineares Generalizados
IDH	Índice de Desenvolvimento Humano
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
MDR	Ministério do Desenvolvimento Regional
MIDR	Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional
ODS	Objetivos de Desenvolvimento Sustentável
ONU	Organizações das Nações Unidas
PDI	Plano de Desenvolvimento Integrado
PEMA	Plano Estadual de Meio Ambiente da Bahia
PESB	Plano Estadual de Saneamento Básico
PNA	Plano Nacional de Adaptação
PMRR	Plano Municipal de Redução de Riscos
PNMC	Política Nacional sobre Mudança do Clima
PPGCS	Programa de Pós-graduação em Ciências e Sustentabilidade
SE	Situações de Emergência
SR	Setor de Risco
SEDEC	Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil
SEDUR	Secretaria de Desenvolvimento Urbano
S2iD	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres
TCM	Taxa de Crescimento Médio
UNFCCC	Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	12
2. OBJETIVO GERAL.....	15
2.1. Objetivos Específicos.....	15
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
3.1 Tabela COBRADE.....	16
3.2 Mudanças Climáticas.....	17
3.3 Eventos Extremos/Catastróficos.....	22
3.4 Vulnerabilidades e Capacidade Adaptativa.....	23
3.5 Bancos de Dados S2iD e Atlas Digital.....	26
4. REFERÊNCIAS DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	28
5. CAPÍTULO 1: CARACTERIZAÇÃO DOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS NO BRASIL ENTRE 2003 E 2023.....	31
Introdução.....	32
Material e Métodos.....	33
Conclusões.....	50
Agradecimentos.....	51
Referências.....	51
6. CAPÍTULO 2: PADRÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS DE DESASTRES NA BAHIA E O ESTÁGIO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO NACIONAL DE ADAPTAÇÃO (PNA) NO SETOR CIDADES.....	53
Introdução.....	54
Material e Métodos.....	58
Resultados e Discussão.....	62
Avaliação do PNA na Bahia.....	79
Conclusões.....	84
REFERÊNCIAS.....	84
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	88
APÊNDICE A – Distribuição Espacial dos Eventos Extremos (Climatológicos, Hidrológicos e Meteorológicos) no Brasil nos Períodos de 2003–2013 e 2014–2023.....	90
APÊNDICE B – Distribuição Espacial dos Eventos Extremos na Bahia Geral e por Tipo (2003–2023).....	91
ANEXO I - CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES (COBRADE).....	92

1. INTRODUÇÃO GERAL

A ocorrência de eventos extremos tem se intensificado nas últimas décadas. Segundo dados divulgados pela Organização das Nações Unidas - ONU (2020), os primeiros 20 anos do século 21 foram marcados por um aumento considerável dos desastres climáticos, impactando mais de 4 bilhões de pessoas em escala mundial considerando os eventos distintos ao longo dos anos, sendo algumas comunidades atingidas mais de uma vez. O aumento na frequência e intensidade de incidentes como inundações, incêndios florestais, secas, alagamentos, deslizamentos de terra, ciclones, terremotos, tsunamis e outros eventos, são visíveis e amplamente reportados pela mídia em constante atualização.

Os eventos muitas vezes apontados como catastróficos são comumente classificados pela sociedade como “acidentes naturais”. Entretanto, uma abordagem científica revela que a maioria desses eventos seguem padrões determinísticos, sendo, portanto, em grande parte passíveis de previsão (FILHO; PIQUEIRA, 2013). De acordo com Gallopín (2006), esses fenômenos são classificados como eventos climáticos extremos, caracterizados por uma intensidade e/ou duração que excede o que seria considerado normal dentro da variabilidade climática de um determinado sistema socioecológico. Estes eventos extremos provocam tanto perdas e danos imediatos quanto consequências de longo prazo.

A classificação de um evento como catastrófico está intrinsecamente relacionada ao conceito de desastre. Segundo a Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012, desastre é definido como o resultado de eventos adversos, sejam eles de origem natural ou antrópica, que atingem um cenário vulnerável, ocasionando graves perturbações no funcionamento de uma comunidade ou sociedade (BRASIL, 2012). Tais perturbações envolvem perdas e danos humanos, materiais, econômicos e/ou ambientais em larga escala, ultrapassando a capacidade de resposta da comunidade afetada com seus próprios recursos.

O Brasil tem registrado um número impressionante de ocorrências de desastres nos últimos anos. Dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD, 2024) indicam que, no período de 01/01/2003 a 31/12/2023, foram contabilizados 61.405 reconhecimentos federais de Situações de Emergência (SE) e de Estados de Calamidade Pública (ECP) em todo território nacional, resultantes de eventos catastróficos. No mesmo intervalo, o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR), por meio da plataforma Atlas Digital (BRASIL, 2024), registrou a ocorrência de 56.472 desastres no Brasil, afetando todos os estados e 93% dos municípios brasileiros.

A Situação de Emergência (SE) é caracterizada quando há uma ameaça de danos, naturais ou não, que pode comprometer a saúde e os serviços públicos, tendo sua duração por tempo indeterminado. Em outras palavras, trata-se de um estado de "alerta". Já o Estado de Calamidade Pública (ECP) é decretado quando a ameaça já se concretizou ou está em curso. Nesses casos o estado ou município afetado não possui os recursos necessários para lidar com a situação de forma autônoma, demandando, portanto, auxílio imediato e direto do governo federal (LOURENÇON, 2023).

Seguindo a tendência nacional, o estado da Bahia também apresenta dados alarmantes quanto à ocorrência de desastres, ocupando a quarta posição entre os estados brasileiros com maior número de registros — atrás apenas de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Segundo a plataforma Atlas Digital (BRASIL, 2024), entre 1º de janeiro de 2003 e 31 de dezembro de 2023, foram contabilizadas 4.302 ocorrências no estado. Dos 417 municípios baianos, 409 apresentaram ao menos um registro de desastre no período analisado, o que representa 98% do total de municípios — um dado revelador da ampla vulnerabilidade do território baiano frente aos eventos climáticos extremos.

Além disso, a Bahia exibe um quadro de vulnerabilidades socioambientais, decorrente de seu vasto território e de sua numerosa população, fatores que potencializam os impactos gerados pelos eventos climáticos extremos. Conforme apontado no Caderno Técnico GIRD+10 da Defesa Civil (BRASIL, 2021), as comunidades locais enfrentam múltiplas condições de fragilidade, que vão desde carências materiais até desigualdades no acesso a serviços básicos. Nesse contexto, a vulnerabilidade social se destaca como um fator central, afetando uma parcela expressiva da população baiana.

Diversos estudos têm sido conduzidos com o objetivo de ampliar a compreensão acerca dos eventos extremos. Um exemplo é o trabalho de Santos et al. (2017), no qual foram analisadas as frequências sazonais de eventos extremos de seca e chuva na região Amazônica. No período de 1979 a 2014, os autores observaram a predominância de secas extremas ao longo das quatro estações do ano. O 6º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023) destaca que o aumento da temperatura, associado à elevada umidade, poderá ultrapassar os limites fisiológicos de sobrevivência humana. Caso as emissões continuem crescendo, projeta-se que as mortes relacionadas ao calor no Brasil aumentem em 3% até 2050 e em 8% até 2090.

Diante da ocorrência destes eventos e das projeções futuras, a necessidade de adaptação se torna cada vez mais evidente. O conceito de adaptação às mudanças climáticas,

conforme descrito pelo IPCC (2018), envolve a implementação de estratégias para reduzir vulnerabilidades e gerenciar os impactos esperados dos eventos climáticos extremos e desastres.

O conceito de capacidade adaptativa, apresentado pelo IPCC (2012), corresponde a quanto um sistema, indivíduo, instituição ou qualquer outro organismo é capaz de lidar com possíveis danos, aproveitar oportunidades ou responder a consequências relacionadas a essa mudança. É a maneira como as pessoas e as organizações de uma comunidade utilizam os recursos existentes para reduzir os danos ou tornar a recuperação mais rápida e eficiente quando essa comunidade é afetada por um evento adverso. É quando uma comunidade organizada tem condições de reduzir os danos e prejuízos causados por um desastre. Assim, a vulnerabilidade de um sistema é dada pela relação entre sua sensibilidade e capacidade adaptativa diante de uma ameaça a que ele está exposto (ABE, 2018).

De acordo com o Glossário da Defesa Civil (BRASIL, 2007), vulnerabilidade é definida como a condição intrínseca ao corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude do evento ou acidente, determina os efeitos adversos, os quais são mensurados pela intensidade dos danos prováveis. Nesse sentido, a severidade de um desastre decorrente da ocorrência de um evento extremo está mais relacionada ao grau de vulnerabilidade — ou insegurança estrutural — dos cenários e das comunidades expostas do que à própria magnitude do fenômeno. Complementarmente, a Agência Brasileira de Estudos Climáticos (ABE, 2018) define vulnerabilidade como a propensão ou predisposição de um sistema a ser negativamente afetado pelas mudanças climáticas.

Os dados analisados nesta dissertação foram extraídos do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - S2iD e da plataforma Atlas Digital. Desenvolvido em 2011, o sistema S2iD é a principal ferramenta do Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil, tendo como objetivo disponibilizar dados sobre desastres — os quais são coletados, tratados e organizados — e servir como base para estudos voltados à gestão de riscos. Já o Atlas Digital tem como finalidade fornecer informações sistematizadas relacionadas às ocorrências de desastres, bem como os danos e prejuízos por eles causados.

A abordagem deste tema é relevante para o aprimoramento dos estudos sobre os eventos extremos que vêm ocorrendo e de grande importância para as sociedades em geral, pois apresenta um viés de pesquisa diretamente voltado para as demandas sociais. Diversos estudos tratam das causas associadas à intensificação dos eventos climáticos extremos — como o aquecimento global, o efeito estufa, a poluição, o desmatamento e a queima de

combustíveis fósseis —, porém, há ainda pouco foco na caracterização e na frequência desses eventos, bem como na verificação da efetiva implementação das ações adaptativas propostas institucionalmente por meio dos planos de adaptação e mitigação.

O conceito de adaptação parte do entendimento de que os eventos extremos continuarão a ocorrer, e os dados levantados neste estudo confirmam essa recorrência. Dessa forma, torna-se imprescindível que os sistemas implementem estratégias adaptativas, a fim de minimizar os impactos decorrentes desses eventos. Entre as principais ações, destaca-se a necessidade de reduzir — ou, sempre que possível, eliminar — as vulnerabilidades específicas de cada sistema.

O primeiro capítulo dessa dissertação buscou caracterizar os eventos climáticos extremos ocorridos no Brasil no período de 2003 a 2023, quantificando sua incidência com base em grupos de classificação, além de identificar possíveis tendências ao longo do tempo. Adicionalmente, comparou-se os registros desses eventos disponíveis nos bancos de dados Atlas Digital e Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), buscando identificar diferenças, lacunas ou omissões nos registros realizados por órgãos distintos.

O segundo capítulo abordou o esforço do estado da Bahia na implementação das metas estabelecidas no Plano Nacional de Adaptação, com foco no setor Estratégias de Cidades, como também analisou o comportamento espaço temporal da incidência de desastres no estado, através da elaboração de mapas temáticos por meio do software QGIS 3.40.

2. OBJETIVO GERAL

Caracterizar a ocorrência de eventos extremos no território brasileiro no período de 2003 a 2022, com foco no estado da Bahia quanto à implantação do Plano Nacional de Adaptação exclusivamente para o setor Cidades.

2.1. Objetivos Específicos

- Oferecer uma visão detalhada sobre a ocorrência de desastres no Brasil, identificando possíveis tendências ao longo do tempo;
- Identificar os tipos de vulnerabilidades predominantes no estado da Bahia;
- Analisar a implementação das metas estabelecidas no Plano Nacional de Adaptação no estado da Bahia, com foco no setor Estratégias de Cidades.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 Tabela COBRADE

A Classificação Brasileira de Desastres (COBRADE) constitui uma ferramenta essencial no Brasil para a sistematização, categorização e registro de desastres naturais e tecnológicos. Seu principal objetivo é classificar os eventos adversos que resultam em danos e prejuízos, contribuindo para o aprimoramento do monitoramento, da gestão de riscos e da formulação de políticas públicas de proteção e defesa civil (BRASIL, 2012). Os bancos de dados S2iD e Atlas Digital, utilizados nesta pesquisa, adotam a Tabela COBRADE (Tabela 1) como instrumento de padronização das informações relacionadas a desastres. A Tabela 1, a seguir, apresenta um resumo dos principais tópicos da classificação. A versão completa encontra-se disponível em anexo ao final deste trabalho (Anexo I).

Tabela 1. Resumo da Classificação e Codificação Brasileira de Desastres

Grupos	Subgrupos	Tipos
Geológico	Terremoto	Tremor de terra - Tsunami
	Emanação vulcânica	Vulcões
	Movimento de massa	Quedas, tombamentos e rolamentos - Deslizamentos - Corridas de massa - Subsidências e colapsos
	Erosão	Erosão costeira/Marinha - Erosão de margem fluvial - Erosão continental
Hidrológico	Inundações; Enxurradas; Alagamentos	Submersão de áreas - Escoamento superficial de alta velocidade - Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana
Meteorológico	Sistemas de grande escala	Ciclones - Frentes frias/Zonas de convergência
	Tempestades	Tornados - Tempestade de raios - Granizo - Chuvas intensas - Vendaval
	Temperaturas extremas	Onda de calor - Onda de frio (friagem/geadas)
Climatológico	Seca	Estiagem - Seca - Incêndio florestal - Baixa umidade do ar
Biológico	Epidemias	Doenças infecciosas virais, bacterianas, parasíticas e fúngicas
	Infestações/ Pragas	Infestações de animais, algas e outras infestações
Tecnológicos	Desastres relacionados a substâncias radioativas	Queda de satélite (radionuclídeos). Fontes radioativas em processos de produção
	Desastres relacionados a produtos perigosos	Extravasamento de produtos perigosos - Contaminação da água - Conflitos bélicos - Transporte de produtos perigosos
	Desastres relacionados a incêndios urbanos	Incêndios em plantas e distritos industriais, parques, depósitos e aglomerados residenciais
	Desastres relacionados a obras civis	Colapso de edificações - Rompimento/ colapso de barragens
	Desastres relacionados a transporte de passageiros e cargas não perigosas	Transporte rodoviário, ferroviário, aéreo, marítimo e aquaviário

Fonte: Adaptado de COBRADE (BRASIL, 2012) pelos autores.

A COBRADE constitui a base normativa para o reconhecimento da Situação de Emergência (SE) e do Estado de Calamidade Pública (ECP) no Brasil. Quando um município é afetado por um desastre, deve preencher o Formulário de Informações de Desastres (FIDE) e classificar o evento utilizando os códigos definidos pela COBRADE. Essa padronização é essencial para a formalização do pedido de reconhecimento federal da SE ou ECP, viabilizando o acesso a recursos destinados à assistência humanitária, ao restabelecimento de serviços essenciais e à reconstrução de áreas afetadas (BRASIL, 2012). A COBRADE, instituída pelo então Ministério da Integração Nacional por meio da Instrução Normativa nº 01/2012, e atualizada pela Portaria nº 260, de 2 de fevereiro de 2022, do Ministério do Desenvolvimento Regional, foi elaborada com o objetivo de alinhar o Brasil às melhores práticas internacionais, promovendo a padronização da identificação e categorização de desastres com base em normativas globais (BRASIL, 2012; BRASIL, 2022).

3.2 Mudanças Climáticas

As mudanças climáticas tornaram-se foco de discussões globais e têm impulsionado a realização de fóruns, comitês e acordos internacionais voltados à prevenção e mitigação dos riscos crescentes aos de fenômenos climáticos extremos, como secas, inundações e ondas de calor. Apesar dos esforços, os avanços práticos ainda são limitados, e o planeta continua sofrendo com impactos de atividades humanas, incluindo desmatamentos, poluição dos rios e mares, emissão de gases de efeito estufa que afetam o equilíbrio ambiental e intensificam a vulnerabilidade das populações em áreas de risco. Esse cenário demanda políticas públicas robustas e estratégias integradas de mitigação e adaptação que promovam resiliência e sustentabilidade para as gerações atuais e futuras.

A Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (UNFCCC, 1992) definiu mudança climática como aquela atribuível, direta ou indiretamente, à atividade humana que altera a composição da atmosfera global, somando-se à variabilidade climática natural observada ao longo de períodos comparáveis. Estudos indicam que as mudanças climáticas exercem um impacto na frequência e na intensidade de eventos extremos os quais, por sua vez, podem influenciar diretamente na ocorrência de desastres catastróficos em vários lugares do mundo, incluindo Brasil. Este contexto é especialmente relevante para o presente estudo, possibilitando uma avaliação dos efeitos das mudanças climáticas sobre a vulnerabilidade e a incidência de eventos catastróficos.

Fenômenos como o aquecimento global, provocado pela emissão dos gases de efeito estufa (GEEs), tornou-se uma preocupação pública desde a década de 1980 mediante as evidências científicas relacionando as emissões de gases de efeito estufa provenientes das atividades humanas à mudança do clima global (BRASIL, 1992). No relatório do IPCC (2018) foram apresentados os efeitos perigosos do aquecimento global acima de 1,5 °C, estimados para ocorrer entre 2030 e 2052. O último relatório do IPCC (2023) concluiu que há mais de 50% de chance de a temperatura global atingir ou ultrapassar 1,5°C até 2040.

O Efeito Estufa, fenômeno fundamental para a manutenção da vida no planeta, sendo responsável pela manutenção da temperatura na superfície terrestre, tem sido impactado pela inconsequente ação humana quanto a emissão de gases, provocados principalmente pela queima de combustíveis fósseis. Os gases primários de efeito estufa são o vapor de água (H₂O), o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) e o ozônio (O₃). Embora ocorram de forma natural na atmosfera, eles também podem ser emitidos ou gerados de forma induzida pela ação humana (Ministério do Meio Ambiente, 2018). São muitos os fatores que geram impactos negativos no clima, mas conforme descrito pelo IPCC (2013), o principal fator associado à mudança do clima na Terra é o aumento da concentração de CO₂ na atmosfera, e é com base nele que são calculados os fatores de contribuição dos demais gases para a intensificação do efeito estufa e o aquecimento global.

Frear as ações humanas que resultam em danos climáticos para o planeta é o que se configura como o grande entrave da questão, visto que, dados indicam que as ações atuais não são suficientes para alcançar as metas de limitar o aumento da temperatura global, como definido no Acordo de Paris (UNFCCC, 2022). Devido aos impactos que o aumento da concentração de GEEs gera sobre o clima, foram estabelecidos tratados internacionais para regular suas emissões e limitar o processo de aquecimento global, como o Acordo de Paris, firmado em 2015 no âmbito da UNFCCC, sucedendo o Protocolo de Quioto, assinado em 1997. Porém cada nação tem seus objetivos comuns e diferentes formas de lidar com as questões ambientais. A busca pelo desenvolvimento econômico leva a exploração dos recursos naturais valiosos disponíveis em cada país. Assim, desde o início da era industrial, por volta do ano de 1750, a atividade humana vem alterando a composição da atmosfera, levando à intensificação do efeito estufa e, conseqüentemente, a um processo de aquecimento global (IPCC, 2007).

Vale ressaltar que são vários os gases de efeito estufa (GEEs) emitidos diariamente, embora o dióxido de carbono (CO₂) seja o mais conhecido, existem outros gases com efeitos

negativos ao clima muito maior que o CO₂, a exemplo do hexafluoreto de enxofre (SF₆), um gás sintético utilizado na indústria e na medicina. Embora esteja presente em menor quantidade na atmosfera, esse é o gás que apresenta o maior potencial de aquecimento, milhares de vezes maior que o CO₂. Outro exemplo é o do metano (CH₄) cujo potencial de aquecimento é 21 vezes maior que o do dióxido de carbono. Logo, cada tonelada de metano emitida corresponde a 21 toneladas de dióxido de carbono (BRASIL, 2018).

Na Figura 1 está apresentada a evolução das emissões globais dos principais gases de efeito estufa ao longo de aproximadamente um século. São representados: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxido nitroso (N₂O), os três principais GEEs de origem antropogênica. Em 1924, o total de emissões era de 11,52 Gt, alcançando 53,82 Gt em 2023. Deste total, o CO₂ representou 80% (40,31 Gt), seguido pelo CH₄ com 20% (10,51 Gt) e pelo N₂O com 6% (3,00 Gt). Em 2023, as emissões totais atingiram 53,82 Gt, sendo o CO₂ responsável por cerca de 80% (40,31 Gt), seguido do CH₄ com 20% (10,51 Gt) e do N₂O com 6% (3,00 Gt).

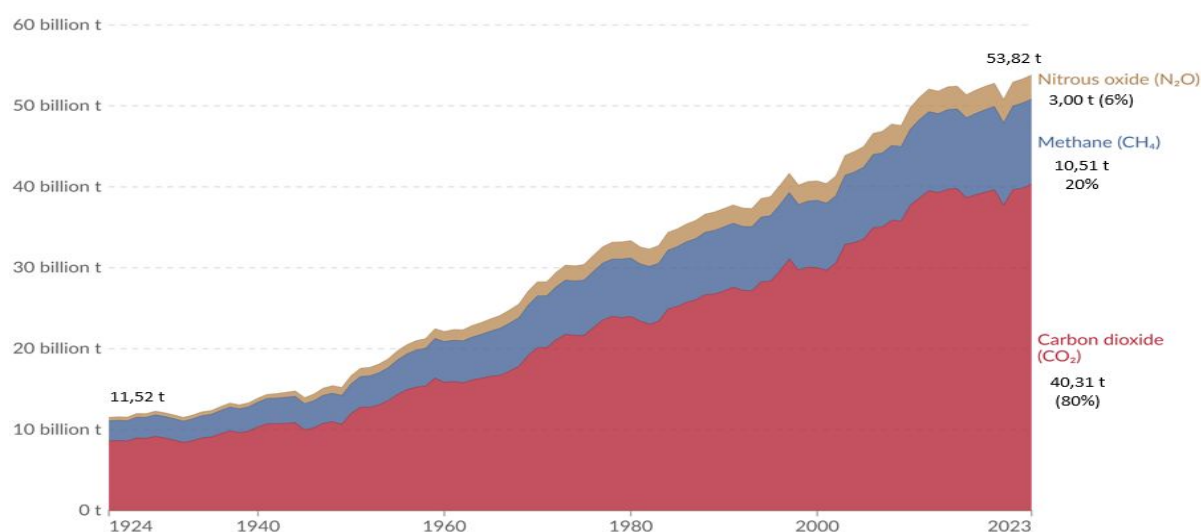


Figura 1. Emissões globais anuais dos principais gases de efeito estufa (GEE) entre 1924 e 2023, em gigatoneladas (Gt). Fonte: Jones et al. (2024) OurWorldinData.org/emissões-de-co2-e-gases-de-estufa | CC BY

Observa-se um crescimento contínuo, especialmente a partir da década de 1950, impulsionado pela industrialização, expansão da agropecuária e mudanças no uso da terra (Figura 1). A expressiva participação do CO₂ nas emissões reflete a predominância da queima de combustíveis fósseis e de processos industriais no modelo de desenvolvimento econômico adotado globalmente.

É importante salientar que as emissões variam de acordo com as atividades econômicas desenvolvidas em cada região, sendo a maior parte das emissões globais originada por países altamente industrializados, como China e EUA conforme apontam dados do Ministério do

Meio Ambiente (BRASIL, 2018). Dessa forma, os setores econômicos predominantes em cada país influenciam diretamente na quantidade de emissões. No caso do Brasil, foram emitidas 2,3 bilhões de toneladas brutas de gases de efeito estufa (GEE) em 2023 (SEEG, 2024). Desse total, segundo o SEEG, as mudanças no uso da terra responderam por 53% das emissões brutas, seguidas pela agropecuária (28%), setor de energia (16%), resíduos (4%) e processos industriais (3%).

Ressalta-se ainda a relevância da atividade agropecuária em sentido amplo, considerando-se em conjunto os setores de mudança de uso da terra e agropecuária. Somadas, essas duas atividades representaram 81% das emissões brutas de GEE no Brasil em 2023, contribuindo fortemente para a poluição climática nacional (SEEG, 2024).

Os dados totais apontam um aumento de 12,2% nas emissões de gases de efeito estufa (GEE) pelo Brasil em comparação com o ano de 2020, quando o país havia emitido 2,1 bilhões de toneladas. Trata-se do maior crescimento registrado em quase duas décadas. Essa aceleração foi mais do que o dobro da média mundial estimada para o mesmo período (SEEG, 2024). O relatório destaca, ainda, que o aumento do desmatamento — especialmente na Amazônia — foi o principal responsável pela elevação das emissões no país.

Na Figura 2 são apresentados os dados das emissões de GEE do Brasil no período de 1990 a 2023, desagregadas por setor econômico. Observa-se que o ano de 2003 registrou o maior volume de emissões da série histórica, impulsionado principalmente pelas atividades relacionadas à mudança no uso da terra e cobertura florestal. Em contraste, o ano de 2009 apresentou o menor nível de emissões. No entanto, a partir de 2009, observa-se uma retomada da tendência de crescimento, culminando em um novo pico em 2022, o que evidencia um desafio persistente na redução das emissões nacionais.

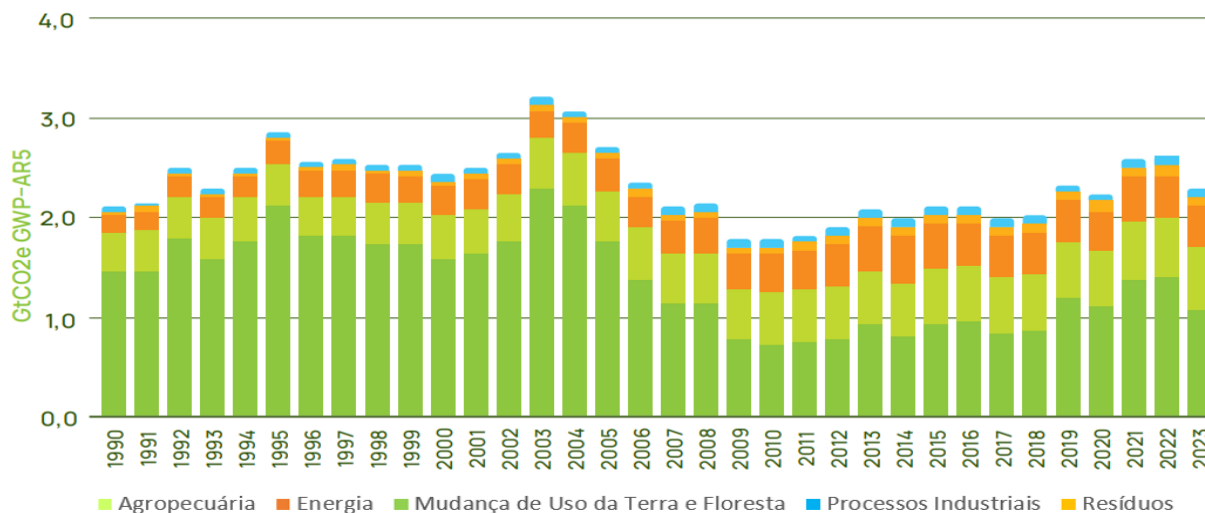


Figura 2. Emissões de gases de efeito estufa do Brasil de 1990 a 2023 (GtCO₂e).

Fonte: SEEG (2024)

Os dados apresentados na Figura 2 indicam dificuldades no cumprimento dos compromissos assumidos pelo Brasil no âmbito da Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187/2009. A PNMC previa a redução das emissões projetadas de gases de efeito estufa para o ano de 2020 entre 36,1% e 38,9%, com um limite máximo de 2,068 GtCO₂e. A meta, no pior cenário, foi tecnicamente alcançada, uma vez que, em 2020, o Brasil emitiu 2,047 GtCO₂e, valor aproximadamente 1% inferior ao teto estabelecido. No entanto, esse resultado mostrou-se temporário, pois, em 2021, as emissões voltaram a crescer, evidenciando a dificuldade em manter reduções consistentes e em cumprir metas climáticas de longo prazo. A análise por setor econômico demonstra que as emissões provenientes da mudança no uso da terra e das florestas seguem como as principais responsáveis, o que reforça a urgência de políticas públicas mais eficazes de gestão territorial e preservação ambiental, capazes de promover reduções significativas e duradouras nas emissões nacionais de GEE.

A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), por meio dos planos setoriais regulamentados pelo Decreto nº 7.390/2010, estabeleceu como meta a redução da taxa de desmatamento na Amazônia para até 3.925 km² anuais até 2020. No entanto, dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) indicam que, em 2020, o desmatamento atingiu 10.851 km² — um valor aproximadamente 180% superior à meta prevista (SEEG, 2024). A expectativa era de que a PNMC contribuísse para alinhar as emissões brasileiras aos níveis observados entre os países do G20. Contudo, o Brasil permanece entre os maiores emissores globais de gases de efeito estufa. Segundo o relatório do SEEG (2024), com base nos dados do CAIT/WRI, o país ocupa a sétima posição mundial em emissões líquidas,

representando 3% do total global. À frente do Brasil estão China (25,2%), Estados Unidos (12%), Índia (7%), União Europeia (6,6%), Rússia (4,1%) e Indonésia (4%).

Em 2019, o Senado Federal avaliou a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC) e concluiu que os planos setoriais careciam de monitoramento adequado, o que inviabilizava a análise de sua efetividade na redução das emissões. Esse cenário contribui para a permanência do Brasil entre os maiores emissores globais de gases de efeito estufa (GEE). Em 2021, as emissões brasileiras totalizaram 2,4 GtCO₂e, representando um aumento de 12,2% em relação a 2020 — ano em que os níveis haviam permanecido dentro da meta. Esse crescimento revela uma tendência preocupante de alta, evidenciando a necessidade de fortalecer os sistemas de monitoramento e assegurar uma atuação governamental mais eficaz para reverter a trajetória das emissões no país.

3.3 Eventos Extremos/Catastróficos

A ocorrência de eventos extremos, especialmente os relacionados ao clima, tem se tornado cada vez mais frequente no Brasil e no mundo. Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU, 2020), os primeiros 20 anos do século XXI foram marcados por um aumento significativo nos desastres climáticos, afetando mais de 4 bilhões de pessoas em todo o planeta. Esses eventos podem provocar perdas sociais, econômicas e ambientais expressivas. Já no início do século, o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2001) alertava que fenômenos extremos, como secas, enchentes, ondas de calor e frio, furacões e tempestades estavam se intensificando e produzindo impactos devastadores em diversas regiões do globo.

As mudanças climáticas influenciam diretamente a frequência e a intensidade de eventos extremos. Segundo Gallopín (2006), esses eventos são definidos como manifestações climáticas cuja intensidade e/ou duração excedem os padrões considerados normais dentro da variabilidade climática de um sistema socioecológico. Tais eventos geram perdas e danos imediatos e de longo prazo, e incluem chuvas intensas, secas prolongadas, ondas de calor, ressacas, ciclones e furacões, que frequentemente resultam em enchentes, deslizamentos, incêndios florestais e outros desastres. Em síntese, as mudanças no clima desencadeiam impactos em cadeia que afetam diferentes regiões do planeta de formas distintas, interferindo na dinâmica da vida terrestre (BRASIL, 2018).

A classificação de um evento como extremo está relacionada à sua magnitude e aos efeitos destrutivos que provoca em determinada área. Esses impactos incluem perda de vidas

humanas, danos estruturais e materiais, deslocamento de comunidades, prejuízos à agricultura, destruição de infraestrutura e consequências negativas para a saúde pública e a economia. Diante de eventos climáticos de grande escala, é comum que estados e municípios decretem Situação de Emergência ou Estado de Calamidade Pública, evidenciando o rompimento da normalidade e a gravidade dos danos ocasionados. Tais eventos são, portanto, caracterizados como catastróficos.

Entre 2003 e 2023, o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) registrou 13.904 reconhecimentos de Estado de Calamidade Pública (ECP) e 47.501 de Situação de Emergência (SE), totalizando 61.405 ocorrências no Brasil. A SE corresponde a um cenário de ameaça iminente ou já presente que compromete parcialmente a normalidade da vida pública, exigindo atenção e medidas preventivas. Por sua vez, o ECP representa uma condição de desastre instaurado, cujos impactos ultrapassam a capacidade de resposta do ente federativo, demandando apoio direto do governo federal (LOURENÇON, 2023).

Entender e caracterizar os eventos extremos no Brasil é uma abordagem valiosa para desenvolver estratégias mais eficazes de prevenção e resposta, uma vez que:

O conhecimento dos fenômenos climáticos e dos desastres naturais e tecnológicos a que nosso território está sujeito é fundamental para a efetividade de uma política de redução de riscos, objetivo primordial da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil. Ciente disso, tem-se avançado na construção de bancos de dados e no enriquecimento deles para que essas informações estejam disponíveis e atualizadas (CEPED/UFSC, 2012).

A caracterização dos eventos extremos pode considerar diversos aspectos, como a frequência por grupo de desastres. A Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) organiza os desastres em seis grupos: geológicos, hidrológicos, meteorológicos, climatológicos, biológicos e tecnológicos. A análise da frequência desses tipos de eventos permite identificar possíveis correlações quanto ao período, à localização geográfica, à intensidade, entre outros fatores, contribuindo para a definição das principais características dos desastres e das áreas com maior risco.

Segundo Birkmann e Teichman (2010), o risco de desastre resulta de uma relação complexa entre perigos e condições de vulnerabilidade às quais uma sociedade está exposta, envolvendo múltiplas dimensões dinâmicas: física, social, ecológica, econômica, cultural e institucional.

3.4 Vulnerabilidades e Capacidade Adaptativa

A análise das vulnerabilidades de uma comunidade em relação aos eventos climáticos extremos tem se tornado um tema central no contexto das mudanças climáticas. A combinação entre fatores socioeconômicos, condições ambientais precárias e exposição a riscos naturais coloca comunidades em situações de maior fragilidade, exigindo ações eficazes para minimizar impactos e fortalecer a capacidade adaptativa.

O Caderno Técnico GIRD+10 da Defesa Civil (BRASIL, 2021) ressalta que as comunidades estão sujeitas a diferentes condições que ampliam suas vulnerabilidades. A vulnerabilidade física refere-se, por exemplo, à localização de moradias e equipamentos públicos — como escolas e unidades de saúde — em áreas de risco, além da precariedade nas construções. Já a vulnerabilidade econômica está associada à escassez de recursos financeiros, ao desemprego e à desvalorização dos produtos agrícolas.

A vulnerabilidade ambiental compreende fatores como o desmatamento de encostas, a poluição de mananciais, o esgotamento do solo por práticas agrícolas inadequadas, queimadas e o descarte irregular de resíduos. Já a vulnerabilidade social está relacionada à forma como os indivíduos se organizam e interagem na comunidade, manifestando-se em diferentes dimensões.

A dimensão política refere-se à baixa participação popular e à dificuldade de acesso à informação. A institucional diz respeito à limitação dos governos locais em aplicar leis que protejam os recursos naturais e assegurem a segurança da população. A organizativa envolve a ausência de mecanismos eficazes de mobilização e organização comunitária para enfrentamento coletivo dos problemas.

A vulnerabilidade educativa relaciona-se à insuficiência dos programas educacionais em promover a cultura de prevenção e a gestão de riscos. Por fim, a vulnerabilidade ideológica está associada a crenças, mitos e valores que alimentam uma visão fatalista sobre os desastres. O reconhecimento dessas múltiplas dimensões da vulnerabilidade é essencial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de mitigação de riscos.

Uma sociedade vulnerável é aquela cujas características aumentam a suscetibilidade aos danos provocados por desastres. A Instrução Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012 (BRASIL, 2012), define desastre como o resultado de eventos adversos — naturais ou antrópicos — que incidem sobre um cenário vulnerável, provocando grave perturbação no funcionamento de uma comunidade ou sociedade. Esses eventos envolvem perdas humanas, materiais, econômicas e ambientais significativas, superando a capacidade local de resposta com recursos próprios.

O risco de desastre pode ser compreendido como a relação entre a probabilidade de ocorrência de um evento adverso e o grau de vulnerabilidade do sistema receptor aos seus efeitos (BRASIL, 2007). Nesse sentido, o risco refere-se à possibilidade de que um sistema seja negativamente impactado pelas mudanças climáticas (ABE, 2018).

O termo “evento” designa a concretização ou alteração de um conjunto específico de circunstâncias. Quando um fenômeno previsto — como chuva intensa, deslizamento de terra ou acidente com produtos perigosos — de fato ocorre, ele deixa de ser uma ameaça potencial e passa a ser um evento real. A depender da extensão dos danos causados, esse evento pode assumir a condição de evento adverso, caracterizado por seus impactos significativos sobre a sociedade e o meio ambiente. A Defesa Civil define evento adverso como uma ocorrência desfavorável, prejudicial ou imprópria, que acarreta danos e prejuízos, constituindo-se no fenômeno causador de um desastre (BRASIL, 2007).

É importante compreender que o risco de desastre é determinado pela ameaça que o sistema está exposto. Uma ameaça se refere à possível ocorrência de eventos físicos naturais ou induzidos pelo homem que podem causar perdas, danos ou prejuízos sobre vidas, propriedades, infraestruturas e o meio ambiente, por exemplo (IPCC, 2012). É definida também como a estimativa da ocorrência e magnitude de um evento adverso, expressa em termos de probabilidade estatística de concretização do evento (ou acidente) e da provável magnitude de sua manifestação (BRASIL, 2007).

Diante do cenário de sensibilidades, vulnerabilidades, ameaças e riscos, o principal desafio da sociedade e dos agentes políticos é desenvolver soluções que reduzam a vulnerabilidade social e minimizem os impactos dos eventos extremos — ou, sempre que possível, os evitem. Nesse contexto, o relatório do IPCC (2012) já destacava o conceito de adaptação às mudanças climáticas, entendido como a capacidade de um sistema, indivíduo, instituição ou organização de lidar com danos potenciais, aproveitar oportunidades ou responder às consequências da mudança do clima.

A adaptação diz respeito à forma como comunidades e instituições mobilizam seus recursos para reduzir prejuízos ou acelerar a recuperação diante de eventos adversos. Comunidades organizadas, portanto, tendem a apresentar maior capacidade de resposta e menor nível de impacto em situações de desastre. Nesse sentido, a vulnerabilidade de um sistema resulta da relação entre sua sensibilidade e sua capacidade adaptativa frente a uma ameaça à qual está exposto (ABE, 2018).

A estratégia de adaptação interage diretamente com a gestão de desastres, ao envolver a compreensão das causas desses fenômenos e a busca por formas eficazes de mitigação. Trata-se da capacidade de conviver, da melhor maneira possível, com os efeitos das mudanças climáticas (IPCC, 2014). A adaptação contribui para o aumento da resiliência do sistema, que se refere à sua capacidade de lidar com um dano, tendência ou distúrbio, respondendo ou reorganizando-se de forma que se mantenham suas funções, identidades e estruturas essenciais, além de sua capacidade de adaptação, aprendizado e transformação (IPCC, 2014).

Os relatórios mais recentes do IPCC continuam a destacar a importância da adaptação, como o IPCC (2023), o descreveu que a adaptação pode melhorar a enfrentar o desafio climático, bem como produzir co-benefícios valiosos e que o planejamento e a implementação da adaptação progrediram em todos os setores e regiões, com benefícios documentados e eficácia variável.

A ameaça, a vulnerabilidade, a capacidade adaptativa e resiliência são conceitos importantes para compreender os desastres e entender como reduzir o seu risco. O termo resiliência é utilizado na administração de desastres para caracterizar comunidades que têm a capacidade de retornar ao seu equilíbrio após sofrer algum tipo de desastre.

3.5 Bancos de Dados S2iD e Atlas Digital

Em âmbito mundial, o principal banco de dados sobre desastres naturais é o *Emergency Disaster Database* (EM-DAT), enquanto no Brasil a base oficial é o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), mantido pelo governo federal e essencial para o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil. Desenvolvido em 2011, o S2iD tem o objetivo de disponibilizar os dados acerca dos desastres, que são coletados e tratados, e servir de ferramenta útil na elaboração de estudos sobre a temática da gestão do risco. O S2iD foi criado a partir de uma integração entre a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC) – atualmente integrante do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR) – e o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED/UFSC).

Castro (1999) destaca que os bancos de dados sobre desastres naturais são fundamentais para contabilidade dos principais eventos naturais extremos e avaliação de suas consequências como danos humanos, econômicos e ambientais. Para Alexandre (2021), analisar a qualidade das informações disponíveis sobre desastres faz-se necessário para entender as limitações da

sistematização de dados os quais, quando ausentes nos registros e na publicitação, impedem que os sujeitos afetados sejam vistos e ouvidos.

O S2iD é uma ferramenta usada para cadastro de planos de contingência, ocorrências de desastres e solicitação de reconhecimento federal e de recursos para ações de resposta e recuperação, entre outras ações. Toda solicitação de repasse de recursos junto ao governo federal inerentes a situação de emergência, desastres e situação de calamidade deve ser feita por meio do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD). Segundo dados do Ministério da Integração do Desenvolvimento Regional (MIDR), todos os estados brasileiros estão habilitados, 91% dos municípios já usam o sistema para cadastrarem os seus planos de contingência, as ocorrências de desastres e solicitar o reconhecimento federal e recursos para ações de resposta e recuperação (BRASIL, 2023).

O uso contemporâneo de registros nacionais de risco como ferramenta de gestão aplicada ao setor público tem se mostrado relevante para a avaliação de riscos e a disseminação de conhecimento entre as autoridades governamentais de forma ampla e sistematizada (HISCOCK; JONES, 2017). No Brasil, o S2iD cumpre esse papel ao reunir, em uma única plataforma, informações essenciais para a gestão de riscos e desastres, promovendo transparência nas ações do poder público e oferecendo uma base de dados padronizada e abrangente sobre o tema.

Dentre as diversas funcionalidades oferecidas pela plataforma, para fins desta pesquisa, foram utilizadas informações referentes às ocorrências e à gestão de riscos e desastres com base em dados oficiais. Segundo o Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR, BRASIL, 2023), a plataforma disponibiliza a consulta à Série Histórica, a qual reúne os principais registros dos Reconhecimentos Federais de Situação de Emergência e Estado de Calamidade Pública emitidos pela Defesa Civil Nacional desde 2013.

O S2iD também possibilita o acesso direto aos dados da plataforma Atlas Digital, cujo principal objetivo é fornecer informações sistematizadas sobre as ocorrências de desastres, bem como os danos e prejuízos decorrentes. O Atlas Digital foi criado por meio de uma cooperação técnica entre o Banco Mundial e a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por meio do Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (Ceped/UFSC). É importante destacar que há uma diferença quantitativa entre o total de registros no Sistema S2iD e no Atlas Digital. O S2iD contabiliza o número de reconhecimentos federais de Situação de Emergência (SE) e Estado de Calamidade Pública (ECP) solicitados por cada município, conforme o impacto do desastre em seu território —

critério necessário para a obtenção de repasses financeiros. Já o Atlas Digital registra o evento catastrófico de forma única; ou seja, um mesmo evento pode atingir diversos municípios e, conseqüentemente, gerar múltiplos registros de SE e ECP no S2iD, embora corresponda a um único evento no Atlas.

4. REFERÊNCIAS DA FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

ALEXANDRE, P. S. S. **Desastres Socioambientais no Brasil**. Uma breve análise sobre a sistematização da informação em banco de dados. Universidade Federal Fluminense – UFF. Campos dos Goytacazes – RJ, 2021.

BIRKMANN, J.; von TEICHMAN, K. **Integrating disaster risk reduction and climate change adaptation**: Key challenges—scales, knowledge, and norms. *Sustainability Science*, 5(2), 171-184. doi:10.1007/s11625-010-0108-y, 2010.

BRASIL. **Caderno Técnico de Gestão Integrada de Riscos e Desastres. GIRD+10**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR. Defesa Civil. 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/Caderno_GIRD10_.pdf. Acesso em: 01 Mar. 2025.

BRASIL. **Lei Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMCI. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2009. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm. Acesso em: 15 Fev. 2025.

BRASIL. **Convenção sobre Mudança do Clima**. Brasília: Ministério da Ciência e Tecnologia, 1992. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/proclima/wp-content/uploads/sites/36/2014/08/Convencaomudancadoclima.pdf>. Acesso em: 17 dez. 2023.

BRASIL. **S2iD - Sistema Integrado de Informações sobre Desastres**. Brasília: Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional – MIDR, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/sistema-integrado-de-informacoes-sobre-desastres>. Acesso em: 11 Jan. 2025.

BRASIL. **Glossário de Defesa Civil 2007**. Estudos de riscos e medicina de desastres. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Brasília: Ministério da Integração Nacional – MIN, 2007b. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec>. Acesso em: 03 Fev. 2025.

BRASIL. **Instrução Normativa nº. 1, de 24 de agosto de 2012**. Brasília: Ministério da Integração Nacional – MIN, 2012. Disponível em: <http://www.integracao.gov.br/defesa-civil/legislacoes>. Acesso em: 06 de abr. 2024.

BRASIL. **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR, 2024. Disponível em: <http://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/downloads.xhtml>. Acesso em: 03 Fev. 2025.

BRASIL. **Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE) Frente à Mudança do Clima**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente – MMA, 2018. Disponível em: https://cooperacaobrasil-alemanha.com/Mata_Atlantica/Apostila_AbE.pdf. Acesso em: 28 Dez. 2024.

CASTRO, A. **Manual de Planejamento em Defesa Civil**. Brasília: Ministério da Integração Nacional. 1999. Disponível em: <https://defesacivil.se.gov.br/manual-de-planejamento-em-defesa-civil/>. Acesso em: 15 nov. 2024.

CEPED UFSC. CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ESTUDOS E PESQUISAS SOBRE DESASTRES. **2ª Edição do Atlas Brasileiro de Desastres Naturais – 1991 a 2012 – S2ID**. Florianópolis: CEPED, 2012. s/p. Disponível em: <https://www.ceped.ufsc.br/atlas-brasileiro-de-desastres-naturais-1991-a-2012/>. Acesso em: 05 dez. 2023.

COBRADE. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. Brasil, 2024. Disponível em: <https://educacao.cemaden.gov.br/midiateca/classificacao-e-codificacao-brasileira-de-desastres-cobra-de/>. Acesso em: 12 Jan. 2025.

FILHO, J. F. J; PIQUEIRA, J. R. C. **Engenharia das catástrofes: entre o determinístico e o imponderável**. Estudos Avançados, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142013000100013>. Acesso em: 18 de fev. 2024.

GALLOPÍN, G. C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. *Global Environmental Change*, v.16, p.293-303, 2006.

HISCOCK, K.; JONES, A. **Assessing the extent to which the UK's national risk register supports local risk management**. Sustainability, 9(11), 1991. doi:10.3390/su9111991, 2017.

IPCC, 2001: **Climate Change 2001: The Scientific Basis**. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

IPCC, 2007: **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, RK e Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, 104 pp.

IPCC, 2012: **Gerenciando os Riscos de Eventos Extremos e Desastres para Avançar a Adaptação às Mudanças Climáticas (SREX)**. Em: Gerenciando os Riscos de Eventos Extremos e Desastres para Avançar a Adaptação às Mudanças Climáticas. Um Relatório Especial dos Grupos de Trabalho I e II do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). [Field, CB, V. Barros, TF Stocker, D. Qin, DJ Dokken, KL Ebi, MD Mastrandrea, KJ Mach, GK Plattner, SK Allen, M. Tignor e PM Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA.

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, RK Pachauri e LA Meyer (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, 151 pp.

IPCC, 2018: **Resumo para formuladores de políticas. Em: Aquecimento global de 1,5°C**. Um relatório especial do IPCC sobre os impactos do aquecimento global de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais e as trajetórias globais de emissão de gases de efeito estufa relacionadas, no contexto do fortalecimento da resposta global à ameaça das mudanças climáticas,

desenvolvimento sustentável e esforços para erradicar a pobreza. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA, pp. 3-24, doi: 10.1017/9781009157940.001.

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 [H.-O. Pörtner, DC Roberts, M. Tignor, ES Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA, 3056 pp., doi: 10.1017/9781009325844.

IPCC, 2023: **Mudanças Climáticas 2023: Relatório de Síntese**. Contribuição dos Grupos de Trabalho I, II e III para o Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas [Core Writing Team, H. Lee e J. Romero (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, 184 pp., doi: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.

JONES, M. W.; GLEN, P. P.; THOMAS, G.; ROBBIE, M. A.; CLEMENS, S.; JOHANNES, G.; RICHARD, A. H.; PIERRE, F.; JULIA, P.; CORINNE, Q. **National Contributions to Climate Change Due to Historical Emissions of Carbon Dioxide, Methane and Nitrous Oxide**. Scientific Data. Zenodo, November 13, 2024. <https://doi.org/10.5281/zenodo.14054503>. Disponível em: <https://ourworldindata.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions>. Acesso em: 08 de Abr. 2025.

LOURENÇON, J. **O que significa e qual a diferença entre estado de emergência e calamidade pública?** JUSBRASIL, 2023. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/o-que-significa-e-qual-a-diferenca-entre-estado-de-emergencia-e-calamidade-publica/827134513>. Acesso em: 29 nov. 2023.

ONU. **ONU revela aumento "impressionante" de emergências climáticas em 20 anos**. Nações Unidas, 2020. Disponível em: <https://news.un.org/pt/story/2020/10/1729332>. Acesso em: 08 dez. 2023

SANTOS, S. R. Q.; SANSIGOLO, C. A.; NEVES, T. T. A. T.; CAMPOS, T. L. O. B.; SANTOS, A. P. P. Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.2. 2017. 468-478.

SEEG. **Análise das emissões de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil**. Brasília, 2023. Disponível em: <https://seeg.eco.br/linha/>. Acesso em: 15 de Jan. 2025.

UNFCCC. **Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento**. Rio de Janeiro, Brasil. 1992. Disponível em: <https://unfccc.int/process/the-convention/history-of-the-convention>. Acesso em: 12 de Dez. 2024.

UNFCCC. **Conferência do Clima do Egito, COP 27**. UNFCCC, Sharm el-Sheikh, Egito. 2022. Disponível em: <https://unfccc.int/cop27>. Acesso em: 06 de mar. 2025.

5. CAPÍTULO 1: CARACTERIZAÇÃO DOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS NO BRASIL ENTRE 2003 E 2023

Eliardo Silva Prado¹; João Batista Lopes da Silva²; Luanna Chácara Pires³;

¹Mestrando em Ciências e Sustentabilidade - campus Paulo Freire PPGCS/UFSB. Bacharel em Administração. E-mail: eliardoprado@hotmail.com.

²Docente da Universidade Federal do Sul da Bahia - campus Paulo Freire PPGCS/UFSB; Doutor em Engenharia Agrícola. E-mail: silvajbl@ufsb.edu.br

³Docente da Universidade Federal do Sul da Bahia - campus Paulo Freire PPGCS/UFSB; Doutora em Zootecnia. E-mail: luanna@ufsb.edu.br

Resumo: Objetivou-se caracterizar os eventos climáticos extremos no Brasil entre 2003 e 2023, quantificando sua incidência por grupo de classificação e períodos, identificando possíveis tendências ao longo do tempo e divergências de dados. Utilizando e comparando os dados da plataforma Atlas Digital e do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), foi realizado um estudo descritivo exploratório e comparativo. A plataforma Atlas Digital apontou 56.472 registros de desastres no período, sendo 97,12% das ocorrências relacionadas ao clima. Destaca-se ainda que 93% dos municípios brasileiros reportaram algum tipo de ocorrência. Evidenciou-se que os eventos relacionados ao clima têm aumentado em uma proporção de 4,49% ao ano sendo estatisticamente significativo ($p < 0,05$). Constatou-se ainda estatisticamente um aumento relevante nas ocorrências de eventos nos últimos 10 anos em relação aos 10 anos anteriores, destacando o grupo de eventos climatológicos ($p = 0,008$). Em relação aos tipos de incidentes, o evento estiagem e seca destacou-se como o evento principal, representando 43,9% dos incidentes registrados no país e com uma média de 1.147 ocorrências por ano, tendo a região nordeste como a mais impactada.

Palavras-chave: Clima, Desastres Naturais, Estiagem e Seca, Atlas Digital.

Abstract: The aim of this study was to characterize extreme climate events in Brazil between 2003 and 2023, quantifying their incidence by classification group and period, identifying possible trends over time and data divergences. Using and comparing data from the Atlas Digital platform and the Integrated Disaster Information System (S2iD), an exploratory and comparative descriptive study was carried out. The Atlas Digital platform indicated 56,472 disaster records in the period, with 97.12% of occurrences being climate-related. It is also noteworthy that 93% of Brazilian municipalities reported some type of occurrence. It was evident that climate-related events have increased at a rate of 4.49% per year, being statistically significant ($p < 0.05$). A statistically significant increase in the occurrence of events in the last 10 years was also found in relation to the previous 10 years, highlighting the group of climatological events ($p = 0.008$). Regarding the types of incidents, drought stood out as the main event, representing 43.9% of the incidents recorded in the country and with an average of 1,147 occurrences per year, with the northeast region being the most impacted.

Keywords: Climate, Natural Disasters, Drought and Dry Season, Digital Atlas.

Introdução

O Brasil pode não figurar entre os países mais suscetíveis a desastres naturais de grande magnitude, como furacões,

vulcões e terremotos, mas a frequência de eventos climáticos extremos tem mostrado um crescimento preocupante. A elevação na incidência de catástrofes no Brasil reflete uma tendência global de aumento

desses eventos. Segundo o EM-DAT (2024), aproximadamente 4.690.191.154 pessoas foram impactadas por desastres naturais nos últimos 24 anos, considerando eventos distintos ao longo dos anos. Desses, cerca de 1,7 bilhões enfrentaram desastres hidrológicos, como inundações, tsunamis e maremotos. Além disso, outros tipos de desastres estão se tornando cada vez mais frequentes e severos, exacerbados pela mudança climática e pela incerteza nas condições meteorológicas. A crescente incidência e intensidade desses eventos têm sido amplamente documentadas pela mídia, refletindo uma tendência alarmante que demanda a implementação de medidas concretas para mitigar seus efeitos.

Marengo (2024) relata que um evento climático extremo é definido como uma situação rara em um determinado local e época do ano. Gallopín (2006) os define como aqueles caracterizados por intensidade e duração anormais dentro da variabilidade de um sistema socioecológico, resultando em perdas imediatas e de longo prazo. Os eventos extremos, frequentemente classificados como desastres naturais, têm causas identificáveis e previsíveis, sendo fortemente influenciados por mudanças climáticas e ocupação do solo (Filho & Piqueira, 2013). Para Marengo (2009), os eventos extremos podem ser referidos como grandes desvios de um estado climático moderado que possuem potencial de destruição: chuvas intensas, vendavais e furacões, grandes secas.

A Normativa nº 01, de 24 de agosto de 2012, do Ministério da Integração Nacional (2012) amplia a definição de desastres, caracterizando-os como eventos adversos, sejam naturais ou provocados pelo homem, que afetam cenários vulneráveis e excedem a capacidade de resposta das comunidades com recursos próprios. Nesse contexto, Paez (2023) enfatiza o papel estratégico das cidades no enfrentamento das mudanças climáticas, destacando que os impactos do aquecimento global, como ondas de calor e

secas prolongadas, têm se intensificado, especialmente em áreas urbanas.

O Brasil tem registrado um número impressionante de ocorrências de desastres, com destaque para os eventos relacionados ao clima, que representam a maior parcela. De acordo com dados oficiais da plataforma Atlas Digital (2023), entre 01/01/2003 e 31/12/2023, foram contabilizados 56.472 desastres no país, dos quais 97,1% estão relacionados a fenômenos climáticos. Criada por meio de uma cooperação técnica entre o Banco Mundial e a Universidade de Santa Catarina (UFSC), por meio do Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (Ceped/UFSC), a plataforma tem como principal objetivo fornecer informações sistematizadas relacionadas às ocorrências de desastres, além dos danos e prejuízos associados em todo território nacional. A partir de 2022, sua gestão foi transferida para o Departamento de Articulação e Gestão, da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, do Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR). Desta forma, oficializando os dados históricos sobre desastres no país, fornecendo fonte única e oficial.

No mesmo período, o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) registrou 61.405 reconhecimentos federais de Situações de Emergência (SE) e de Estados de Calamidade Pública (ECP) no Brasil, abrangendo desastres ocorridos em todos os estados e em 5.262 municípios. Vinculado ao Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR), o S2iD é uma ferramenta essencial para o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil. Desenvolvido em 2011, seu objetivo é disponibilizar dados sistematizados sobre desastres, permitindo sua coleta e tratamento e utilização na elaboração de estudos sobre a temática de gestão de riscos. A criação do S2iD resultou de uma integração entre a Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil (SEDEC), atualmente vinculada ao

Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR), e o Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres da Universidade Federal de Santa Catarina (CEPED/UFSC).

A compreensão dos extremos climáticos tem sido amplamente investigada. Santos *et al.* (2017) analisaram a frequência de eventos extremos de seca e chuva na Amazônia entre 1979 e 2014, identificando uma predominância de secas em todas as estações. Obregon & Marengo (2007) projetam que, até o final do século XXI, o Brasil enfrentará um aumento na intensidade de extremos de temperatura e precipitação, impulsionado pelo crescimento das emissões de gases de efeito estufa. Marengo (2024) aponta que as tendências observadas de mudanças nos extremos usando alguns dos índices climáticos extremos na América do Sul, de 1901 a 2018, mostram uma intensificação das ondas de calor e chuvas intensas ou ausentes, levando a inundações, deslizamentos de terra e secas em vastas regiões da América do Sul. A quarta comunicação nacional do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (BRASIL, 2020) aponta que as médias anuais de temperaturas máximas no Brasil devem superar a média global, enquanto os padrões de precipitação sofrerão alterações nos próximos anos. Caso as emissões de gases de efeito estufa e o aquecimento global continuem em ascensão, essas mudanças serão ainda mais intensas, incluindo alterações no regime das estações chuvosas e um aumento na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos ao longo do século XXI.

O tema selecionado para investigação apresenta uma grande relevância, uma vez que a compreensão e a caracterização dos eventos climáticos extremos no Brasil, com base em dados confiáveis, oferecem uma abordagem valiosa para o desenvolvimento de

estratégias preventivas e respostas eficazes diante dos desastres. O conhecimento aprofundado sobre fenômenos climáticos, bem como desastres naturais e tecnológicos que afetam o território brasileiro, é fundamental para a formulação e implementação de políticas públicas voltadas à redução de riscos, alinhadas aos principais objetivos da Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (CEPED/UFSC, 2012).

Este artigo tem como objetivo caracterizar os eventos climáticos extremos ocorridos no Brasil no período de 2003 a 2023, quantificando sua incidência com base em grupos de classificação, além de identificar possíveis tendências ao longo do tempo. Adicionalmente, pretende comparar os registros desses eventos disponíveis nos bancos de dados Atlas Digital e Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), buscando identificar diferenças, lacunas ou omissões nos registros realizados por órgãos distintos.

Material e Métodos

Local e Período da Pesquisa

Este estudo analisou dados de abrangência nacional para identificar a incidência e padrões dos eventos meteorológicos, climatológicos e hidrológicos extremos ocorridos no Brasil ao longo do período de 01/01/2003 a 31/12/2023. A análise baseou-se em dados secundários oficiais disponibilizados pelo Atlas Brasileiro de Desastres Naturais e pelo Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), garantindo uma visão abrangente e sistemática dos eventos registrados. Foram considerados registros completos e consolidados de ocorrências em todo o território nacional, assegurando a padronização e a comparabilidade das informações coletadas. Os dados do Atlas e do S2iD podem ser acessados através dos

endereços eletrônico <https://s2id.mi.gov.br/> e <https://atlasdigital.mdr.gov.br/>.

O Brasil, com sua extensão continental de 8.510.418 km², abrange 26 estados e o Distrito Federal, totalizando 5.570 municípios, e conta com uma população estimada de 203.062.512 pessoas, de acordo com o censo demográfico mais recente, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) em 2022. Em relação às condições climáticas, predominam os climas tropical, equatorial e subtropical, que variam conforme as regiões e refletem a diversidade geográfica e ambiental do território brasileiro.

Método

Este estudo adotou uma abordagem observacional de corte transversal, analisando a frequência e a correlação de eventos climáticos extremos no Brasil em um período pré-determinado (2003 a 2023). Essa abordagem permitiu examinar os dados registrados em um intervalo de tempo específico, possibilitando a identificação de padrões, tendências e relações entre variáveis associadas aos eventos extremos.

Foram caracterizados e quantificados os eventos extremos dos grupos de desastres climatológicos, hidrológicos e meteorológicos, que correspondem a 97,12% de todos os registros de desastres apontados pela plataforma Atlas Digital no período de 01/01/2003 a 31/12/2023. A escolha desse intervalo de 21 anos justifica-se pela série histórica de dados da plataforma S2iD, cuja base de registros tem início em 2003. O ano de 2024 não foi contemplado na análise, pois, até o momento da finalização deste artigo, os dados referentes a esse ano ainda não estavam disponíveis para consulta na plataforma Atlas Digital.

Os dados coletados das plataformas Atlas Digital e S2iD, foram submetidos a uma análise descritiva-exploratória. O estudo avaliou os desastres ocorridos por

ano, tendo em algumas análises o período dividido em dois grupos de 10 anos. O primeiro grupo abrangendo os eventos ocorridos no período de 2004 a 2013 e o segundo grupo abrangendo o período de 2014 a 2023. Desta forma foi excluído o ano de 2003 para que os dois grupos tivessem o mesmo espaço de tempo, sendo 10 anos cada.

Os eventos pertencentes aos grupos geológicos, biológicos e tecnológicos não foram caracterizados, pois juntos representam apenas 2,9% de todos os registros de desastres apontados pela plataforma Atlas Digital.

Optou-se pelo uso do Atlas Digital devido à sua abordagem única de registro de desastres, considerando cada evento de forma individualizada. Esse critério contrasta com o sistema S2iD, no qual os registros são vinculados à emissão de decretos que estabelecem a Situação de Emergência (SE) ou o Estado de Calamidade Pública (ECP). Como esses decretos possuem validade temporária, um mesmo evento pode gerar múltiplos registros no sistema S2iD, potencialmente comprometendo a precisão na contabilização de ocorrências.

Análise Comparativa entre os bancos de dados Atlas Digital e S2iD foi realizada através da aplicação de testes estatísticos que possibilitarão identificar as possíveis divergências ou similaridades. Realizou-se a análise da estacionariedade para verificar o comportamento estacionário ou não da série. A investigação de associações entre os grupos comparando as médias, avaliando se as diferenças observadas são estatisticamente significativas, como também a avaliou-se a Taxa de Crescimento Médio (TCM) para analisar o crescimento na incidência de eventos extremos apresentada nos dois bancos de dados.

Para ilustrar o comportamento espaço temporal, construiu-se mapas temáticos por meio do software QGIS 3.40, considerando o período geral da

pesquisa, como também períodos distintos: 2003–2013 e 2014–2023.

Análises Estatísticas

Para verificar a aplicabilidade de modelos paramétricos, aplicou-se o teste de normalidade de *Shapiro-Wilk*, que avalia a aderência dos dados a uma distribuição normal, na qual os valores de uma variável se distribuem em torno de uma média. Embora fenômenos naturais e sociais frequentemente sigam esse padrão, a verificação deve ser feita com o teste estatístico adequado. Optou-se pelo *Shapiro-Wilk* por ser considerado o mais apropriado para amostras pequenas a moderadas ($n < 50$), em consonância com as características desta pesquisa (FIELD, 2024). A interpretação baseia-se no valor p e em um nível de significância predefinido ($\alpha = 0,05$): para $p \leq 0,05$, rejeita-se a hipótese nula (H_0); para $p > 0,05$, não se rejeita H_0 . O valor p do *Shapiro-Wilk* é obtido pela seguinte fórmula:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n a_i x_{(i)}}{n \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{(i)}^2}}$$

em que $x_{(i)}$ representa as estatísticas de ordem, obtidas ao ordenar a amostra original ($x_1, x_2, \dots, x_n$) em ordem crescente, sendo $x_{(1)}$ o menor e $x_{(n)}$ o maior; $\bar{x}$ é a média da amostra; n é o tamanho amostral; e a_i são os coeficientes específicos do teste.

Para avaliar a homogeneidade das variâncias entre grupos, aplicou-se o teste de Levene, conforme Ferguson e Takane (1996). Esse teste verifica se a dispersão dos dados é equivalente entre grupos, assegurando o cumprimento das premissas de testes paramétricos. Sua estatística é expressa por:

$$W = \frac{(N-k) \sum_{i=1}^K n_i (\bar{Z}_{i\cdot} - \bar{Z}_{\cdot\cdot})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - \bar{Z}_{i\cdot})^2}$$

em que k é o número de grupos; N é o tamanho total da amostra; n_i é o tamanho do i -ésimo grupo; Z_{ij} é o valor transformado (desvio absoluto) do j -ésimo dado no i -ésimo grupo; $\bar{Z}_{i\cdot}$ é a média de Z_{ij} no grupo i ; e $\bar{Z}_{\cdot\cdot}$ é a média geral dos Z_{ij} .

A interpretação segue o procedimento usual de testes de hipóteses, comparando-se o valor p obtido com um nível de significância predefinido ($\alpha=0,05$). Para $p \leq 0,05$, rejeita-se a hipótese nula (H_0); para $p > 0,05$, não se rejeita H_0 .

Os testes de *Shapiro-Wilk* e de *Levene* foram utilizados para verificar o atendimento dos pressupostos necessários à aplicação de modelos paramétricos, assegurando a robustez das análises subsequentes.

Considerando que os dados analisados correspondem a uma série temporal, definida como uma sequência de observações coletadas em intervalos de tempo sucessivos, tornou-se necessária a avaliação de sua estacionariedade. Séries temporais podem apresentar tendência crescente, decrescente ou serem estacionárias (Antunes e Cardoso, 2015). Neste último caso, suas propriedades estatísticas permanecem constantes ao longo do tempo, enquanto séries não estacionárias apresentam alterações nessas propriedades, refletindo mudanças no comportamento estatístico ao longo do período observado.

Para a aplicação do teste de *Dickey-Fuller Aumentado* (ADF), os dados foram obtidos das bases Atlas e S2iD, considerando os grupos de desastres classificados pelo COBRADE. Os registros anuais de cada grupo foram organizados em séries temporais, assegurando a comparabilidade entre as bases. Para reduzir o impacto de valores extremos e estabilizar a variância, aplicou-se a transformação logarítmica às contagens anuais de eventos. A estacionariedade dessas séries, referentes

ao período de 2003 a 2023, foi avaliada pelo teste ADF (Dickey e Fuller, 1979), amplamente utilizado para identificar a presença de raiz unitária e, assim, determinar se a série é ou não estacionária. A H_0 estabelece que a série possui raiz unitária (não estacionária), enquanto a H_1 assume que a série é estacionária. Considerou-se que um valor de $p \leq 0,05$ indicava rejeição de H_0 , sugerindo estacionariedade. A fórmula geral da regressão do teste ADF é:

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta_t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

onde $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ representa a primeira diferença da série no tempo t e é a variável dependente da regressão; α é o termo constante (intercepto), cuja inclusão permite média não nula sob estacionariedade; β_t é o termo de tendência determinística linear, com t representando a variável de tempo; γY_{t-1} é o termo chave para o teste da raiz unitária; Y_{t-1} é o valor da série no tempo $t-1$; γ é o coeficiente testado para verificar a presença de raiz unitária; $\sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-i}$ corresponde aos termos defasados da primeira diferença, incluídos para eliminar autocorrelação residual; e ε_t é o termo de erro, assumido como ruído branco (média zero, variância constante e ausência de autocorrelação).

Com o objetivo de aprofundar a compreensão da dinâmica dos eventos extremos no Brasil, o período analisado foi dividido em dois intervalos de dez anos. Para comparar esses intervalos, empregaram-se o teste t de *Student* ou o teste U de *Mann-Whitney*, conforme a normalidade dos dados avaliada pelos testes mencionados anteriormente. O teste t de *Student* foi aplicado a dados com distribuição normal para comparar as médias de dois grupos independentes, verificando se as diferenças observadas eram estatisticamente significativas. Para

dados sem distribuição normal, adotou-se abordagem não paramétrica, utilizando o teste U de *Mann-Whitney* para comparações entre grupos independentes e o teste de *Wilcoxon* para amostras emparelhadas. Esses testes foram empregados para investigar associações entre eventos de diferentes períodos e avaliar diferenças entre bases de dados distintas.

Para avaliar o crescimento na incidência de eventos extremos relacionados ao clima, calculou-se a taxa de crescimento médio (TCM), considerando valores distribuídos regularmente ao longo do tempo. A TCM é um indicador que expressa a variação média de uma variável em um período específico e pode ser aplicada em diferentes contextos, como crescimento populacional, econômico ou em indicadores financeiros. O cálculo considera o valor inicial e o valor final da variável, bem como o número de intervalos temporais analisados, sendo definido pela expressão:

$$TCM = \left(\frac{VA}{VP} \right)^{\frac{1}{n}}$$

em que TCM é a taxa de crescimento médio, VA é o valor atual, VP é o valor inicial e n é o número de intervalos de tempo.

Ajustou-se um modelo de regressão de *Poisson* para avaliar a tendência temporal no número de eventos extremos, dada sua adequação à análise de dados de contagem, considerando a natureza discreta dos registros (Agresti, 2013). Esse modelo, pertencente à família dos Modelos Lineares Generalizados (GLM), é amplamente empregado para estimar a frequência de eventos catastróficos em função de variáveis preditoras. Sua escolha baseou-se na capacidade de lidar com a proporcionalidade entre a média e a variância dos dados, característica essencial para a validade das inferências. Os parâmetros (β) estimados expressam a

relação entre as variáveis preditoras e a frequência de eventos, e o Critério de Informação de Akaike (AIC) foi utilizado como medida de ajuste para assegurar maior robustez, confiabilidade e precisão na interpretação dos resultados.

A estatística Z foi utilizada para avaliar a significância estatística dos coeficientes estimados, permitindo identificar tendências significativas ao longo do tempo. Trata-se de uma medida padronizada que expressa a posição de um valor em relação à média, em unidades de desvio padrão, sendo calculada por:

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

em que X é o valor observado, μ a média da população e σ o desvio padrão populacional.

A adequação do modelo foi verificada por meio da análise de resíduos e de diagnósticos gráficos, avaliando-se a distribuição e independência dos resíduos por meio de histogramas e gráficos de dispersão, de modo a garantir a validade das interpretações.

As medidas de ajuste garantem a validade das inferências e a confiabilidade das previsões, avaliando o grau de aderência do modelo aos dados. Neste estudo, utilizou-se o Critério de Informação de Akaike (AIC) como medida complementar de ajuste, proporcionando maior robustez e precisão à interpretação dos resultados. O AIC é amplamente empregado para comparar modelos estatísticos e selecionar aquele que apresenta melhor equilíbrio entre qualidade de ajuste e simplicidade. Sua fórmula geral é:

$$AIC = 2k - \ln(L)$$

em que k é o número de parâmetros estimados e $\ln(L)$ o logaritmo da verossimilhança máxima. O menor valor de AIC indica o modelo mais adequado entre os comparados.

Calculou-se a razão de chance (odds) para mensurar a força da associação entre o ano (variável preditora) e o número de eventos, a fim de avaliar o grau de

relação entre essas variáveis. A razão de chance é definida como a razão entre a probabilidade de ocorrência de um evento e a probabilidade de sua não ocorrência:

$$Odds = \frac{P}{1 - P}$$

em que P é a probabilidade do evento. Valores de *odds* iguais a 1 indicam ausência de associação; superiores a 1 indicam associação positiva (aumentando as chances do desfecho); e inferiores a 1 indicam associação negativa (reduzindo as chances do desfecho).

As análises foram realizadas no software R, adotando-se nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Resultados e Discussão

Análise Comparativa entre os bancos de dados Atlas Digital e S2iD

Entre 1º de janeiro de 2003 e 31 de dezembro de 2023, o Brasil registrou 56.472 ocorrências de desastres, segundo dados do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional (MIDR) disponíveis na plataforma Atlas Digital (2024). Esses eventos ocorreram em todas as unidades federativas, incluindo o Distrito Federal, e afetaram 5.156 municípios, correspondendo a 93% do total nacional (Tabela 1).

No mesmo período, o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD) registrou 61.405 reconhecimentos federais, sendo 77,36% classificados como Situações de Emergência (SE) e 22,64% como Estados de Calamidade Pública (ECP). A SE é decretada diante de ameaças iminentes que comprometem a saúde pública e os serviços essenciais, enquanto o ECP é declarado quando o evento já ocorreu e supera a capacidade de resposta local, exigindo intervenção federal (Lourençon, 2023). Os dados do S2iD indicam que 95% dos municípios brasileiros enfrentaram pelo menos uma SE ou ECP no período analisado, com

registros em todos os estados e no Distrito Federal (Tabela 1).

A predominância de SE's indica que, embora muitos desastres tenham sido severos, a maioria não alcançou o nível de calamidade pública. Esse cenário sugere que ações preventivas e emergenciais

podem ter contribuído para mitigar danos antes do agravamento das situações. Entretanto, o elevado número de SE's também evidencia vulnerabilidade persistente e generalizada, especialmente em regiões propensas a desastres naturais, como enchentes e secas.

Tabela 1. Distribuição dos reconhecimentos de desastres nos bancos de dados oficiais do Brasil (2003 a 2023)

Banco de Dados	Total de Reconhecimentos ^{ns}	Total de Estados	Municípios com algum tipo de registro	% de incidência
Atlas digital	56.472	26 + DF	5.156	93%
S2iD	61.405	26 + DF	5.262	95%
SE	47.501 (77,36%)	26 + DF	4.652	84%
ECP	13.904 (22,64%)	26 + DF	4.452	80%

ns: diferença não significativa pelo teste de Mann-Whitney ($p > 0,05$). Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados do Atlas Digital (2024) e S2iD (2024).

Por outro lado, os reconhecimentos de Estado de Calamidade Pública, que correspondem a 22,64% dos casos, indicam situações em que as condições se deterioraram a ponto de exigir uma intervenção mais robusta, com maior apoio e mobilização de recursos. A ocorrência de 13.904 ECP's em todos os estados e no Distrito Federal demonstra que nenhuma região do país está isenta de enfrentar eventos catastróficos de alta gravidade. A incidência de registros em 95% dos municípios brasileiros indica uma ampla vulnerabilidade do território nacional a desastres naturais e antrópicos. Esse cenário é alarmante, pois sugere que quase todos os municípios brasileiros enfrentaram ao menos uma situação que exigiu reconhecimento federal, seja como SE ou ECP, ao longo das últimas duas décadas. A distribuição de SE e ECP em todo o país ressalta a influência da diversidade geográfica e climática do Brasil na suscetibilidade a diferentes tipos de desastres.

Os resultados indicam uma discrepância entre o número total de desastres registrados pelo Atlas Digital (56.472) e pelo S2iD (61.405) no período

analisado (Tabela 1). Dado que a distribuição dos dados não apresentou normalidade, foi realizado o teste de Mann-Whitney ($W = 193$, $p = 0,501$), onde ficou demonstrado que a diferença não é estatisticamente significativa. Isso sugere que, embora haja variações nos valores absolutos, as tendências gerais permanecem consistentes entre as bases de dados.

A divergência de 4.933 registros adicionais no S2iD, correspondendo a uma variação de 8,74% em relação ao Atlas Digital, reflete diferenças metodológicas na contabilização dos eventos. Enquanto o Atlas Digital consolida desastres em registros únicos, o S2iD pode gerar múltiplos registros para um mesmo evento, especialmente em casos de decretos de Estado de Calamidade Pública (ECP) em diferentes municípios. Um exemplo notável dessa discrepância é a pandemia de COVID-19, classificada como desastre biológico (Tabela 2). O S2iD registrou um novo evento para cada município que decretou ECP, refletindo a necessidade de suporte local, enquanto o Atlas Digital consolidou a pandemia como um único evento nacional.

As diferenças metodológicas evidenciadas ressaltam a necessidade de padronização dos critérios de registro e aprimoramento dos sistemas de monitoramento, a fim de garantir maior precisão na análise de eventos catastróficos no Brasil. A harmonização das bases de dados possibilitaria uma compreensão mais abrangente da magnitude e distribuição dos desastres, facilitando a formulação de

políticas públicas mais eficazes para a gestão de riscos e respostas emergenciais. Essa necessidade fica ainda mais evidente na análise dos desastres biológicos antes e durante a pandemia de COVID-19 (2003-2019 e 2020-2022), conforme ilustrado na Tabela 2 e na Figura 1, que apresentam a distribuição desses eventos no Brasil, com base nos dados do S2iD e do Atlas Digital.

Tabela 2. Comparação entre os registros de desastres biológicos no Brasil antes e durante a pandemia de COVID-19 (2003-2019 e 2020-2022), com base nos dados do S2iD e do Atlas

Período	Classificação					
	S2iD*			Atlas Digital ^{ns}		
	Total	Mediana [q1-q3]	TCM	Total	Mediana [q1-q3]	TCM
Período antes da pandemia	91	1 [0-2]	6,68%	291	6 [3-14]	—
Período da pandemia	13.370	5.770 [2.997,5–6.572,5]	-68,75%	25	8 [4,5-12]	-50,00%
TCM		28,34%			-	

TCM: Taxa de crescimento médio em %. -: Indica que o cálculo da TCM não foi possível devido a valores zero no denominador, resultando em um valor indefinido. *p<0,05 pelo teste de Wilcoxon com p-value = 0.00605; ns: p>0,05 pelo teste de Wilcoxon com p-value = 1,0000
Fonte: Elaboração pelos autores com base nos dados obtidos em Atlas Digital (2024) e S2iD (2024).

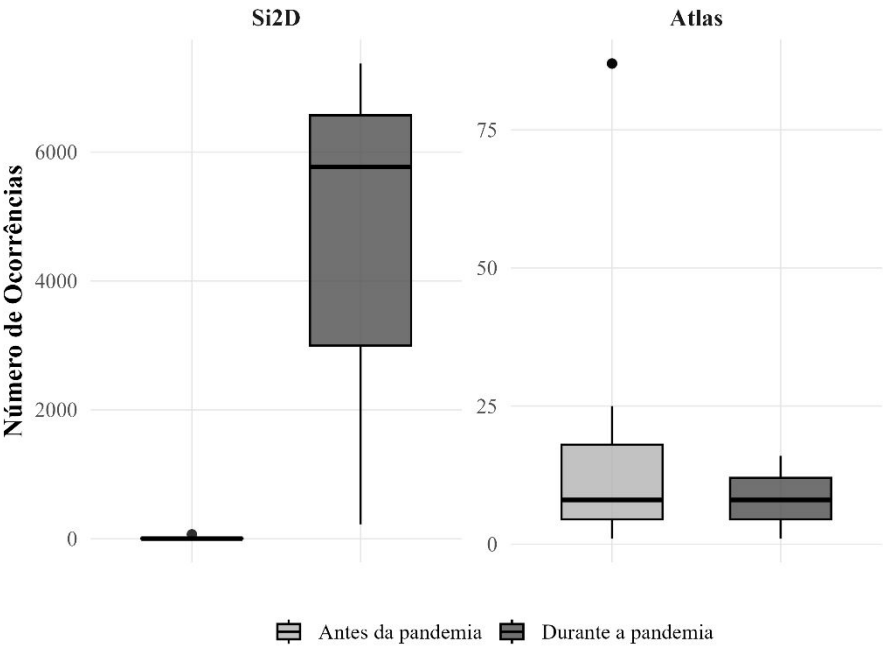


Figura 1. Distribuição dos desastres biológicos no Brasil antes e durante a pandemia de Covid-19 (2003-2022), conforme os dados das fontes Si2D e Atlas.

Na Tabela 2 estão comparados os registros de desastres biológicos no Brasil

nos períodos pré-pandêmico (2003-2019) e pandêmico (2020-2022). No primeiro

período, o S2iD registrou 91 eventos (mediana: 1 [0–2]; TCM: 6,68%), enquanto o Atlas Digital contabilizou 291 eventos (mediana: 6 [3–14]). Durante a pandemia, o número de registros no S2iD aumentou expressivamente para 13.370 eventos (mediana: 5.770 [2.997,5–6.572,5]), apesar da TCM negativa (-68,75%), indicando uma redução relativa na taxa de crescimento médio. Já no Atlas Digital, houve uma queda para 25 eventos (mediana: 8 [4,5–12]; TCM: -50%).

A discrepância entre as bases pode ser atribuída a diferenças metodológicas na coleta e categorização dos desastres biológicos. Enquanto o S2iD registrou múltiplos eventos relacionados à pandemia em diferentes municípios, o Atlas Digital consolidou a crise sanitária como um único evento nacional. Essa variação se reflete nos testes estatísticos aplicados. O teste de Wilcoxon indicou um aumento estatisticamente significativo no número de registros no S2iD entre os períodos ($p=0,00605$), sugerindo um impacto da pandemia na vulnerabilidade das comunidades ou na capacidade de notificação dos desastres. Já no Atlas Digital, o teste não apontou diferença significativa ($p=1,000$), indicando estabilidade nos registros.

A análise conjunta das bases, realizada por meio do teste de Mann-Whitney ($p=0,06436$), sugere uma tendência de aumento nos registros de desastres biológicos durante a pandemia, embora sem significância estatística ($p>0,05$). Essa divergência reforça a importância da padronização dos critérios de registro, possibilitando uma avaliação mais precisa dos impactos pandêmicos.

Estudos futuros devem considerar a influência de políticas públicas e da capacidade institucional na variação dos registros de desastres, aprimorando a comparabilidade entre as bases e subsidiando ações mais eficazes de gestão de riscos e resposta a emergências.

A análise comparativa dos registros de desastres dos grupos COBRADE (2003-

2023) entre as bases Atlas e S2iD revelou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) nos grupos Geológico e Hidrológico, enquanto os demais não apresentaram variações expressivas (Tabela 3, Figura 2).

No grupo Climatológico, o qual é composto por eventos como estiagem, seca e incêndios florestais, o teste *t* de Student não indicou diferença significativa entre Atlas e S2iD ($p = 0,078$). No entanto, a média de registros foi maior no S2iD ($1613,38 \pm 743,90$) do que no Atlas ($1262,10 \pm 482,01$), sugerindo uma possível ampliação na notificação desses eventos.

Para os grupos sem distribuição normal, a análise foi baseada na mediana e no intervalo interquartil [q1-q3]. No caso dos desastres Biológicos, o teste de Mann-Whitney apontou ausência de diferença significativa ($p = 0,0868$), mas a elevada dispersão dos dados no S2iD sugere possíveis diferenças metodológicas na classificação ou na coleta desses eventos. Os desastres Hidrológicos apresentaram diferença estatisticamente significativa ($p < 0,0001$), com registros mais elevados no Atlas (960,00 [650,00–1221,00]) em comparação ao S2iD (262,00 [151,00–336,00]). Essa diferença pode estar relacionada a variações nos critérios de classificação dos eventos ou ao período de coleta das informações. O grupo Geológico também apresentou diferença significativa ($p=0,0021$), com maior mediana no Atlas (29,00 [21,00–47,00]) em relação ao S2iD (14,00 [7,00–20,00]), indicando que o Atlas pode ter uma cobertura mais abrangente ou uma metodologia mais consistente para esse tipo de desastre.

Por outro lado, os grupos Meteorológico ($p= 0,2683$) e tecnológico ($p=0,0875$) não apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre as bases. No caso dos desastres Meteorológicos, a maior variabilidade dos registros no S2iD (170,00 [89,00–340,00]) em comparação ao Atlas (240,00 [172,00–334,00]) sugere que o S2iD pode estar

captando uma gama mais ampla de eventos, enquanto o Atlas pode estar concentrando seus registros em desastres de maior impacto. Já para os desastres Tecnológicos, observou-se um comportamento inverso: o Atlas apresentou maior variabilidade (0,00 [0,00–73,00]) em

relação ao S2iD (3,00 [1,00–5,00]), indicando que essa base pode estar considerando um espectro mais amplo de eventos, enquanto o S2iD pode estar priorizando registros de maior gravidade ou mais bem documentados.

Tabela 3. Comparativo de registros de desastres dos grupos COBRADE (2003 a 2023) no Brasil

Grupo	Base	Média	DP	Mediana	q1	q3	valor-p	Teste
Climatológico ^{ns}	Atlas	1262,10	482,01	1299,00	898,00	1619,00	0,0780	t de Student
	S2iD	1613,38	743,90	1783,00	1000,00	2114,00		
Biológicos ^{ns}	Atlas	15,33	24,79	6,00	3,00	14,00	0,0868	Mann-Whitney
	S2iD	642,52	1988,35	1,00	0,00	9,00		
Geológico [*]	Atlas	34,00	18,06	29,00	21,00	47,00	0,0021	Mann-Whitney
	S2iD	17,76	16,26	14,00	7,00	20,00		
Hidrológico [*]	Atlas	1081,57	592,22	960,00	650,00	1221,00	<0,0001	Mann-Whitney
	S2iD	333,90	296,83	262,00	151,00	336,00		
Meteorológico ^{ns}	Atlas	268,05	123,35	240,00	172,00	334,00	0,2683	Mann-Whitney
	S2iD	310,95	334,55	170,00	89,00	340,00		
Tecnológico ^{ns}	Atlas	28,10	46,01	0,00	0,00	73,00	0,0875	Mann-Whitney
	S2iD	5,52	8,78	3,00	1,00	5,00		

DP: desvio-padrão; Teste *t* de Student: aplicado aos dados que apresentam distribuição normal.
Teste *U* de *Mann-Whitney*: utilizado para comparar dados independentes que não apresentam distribuição normal
Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados obtidos em Atlas Digital (2024) e S2iD (2024).

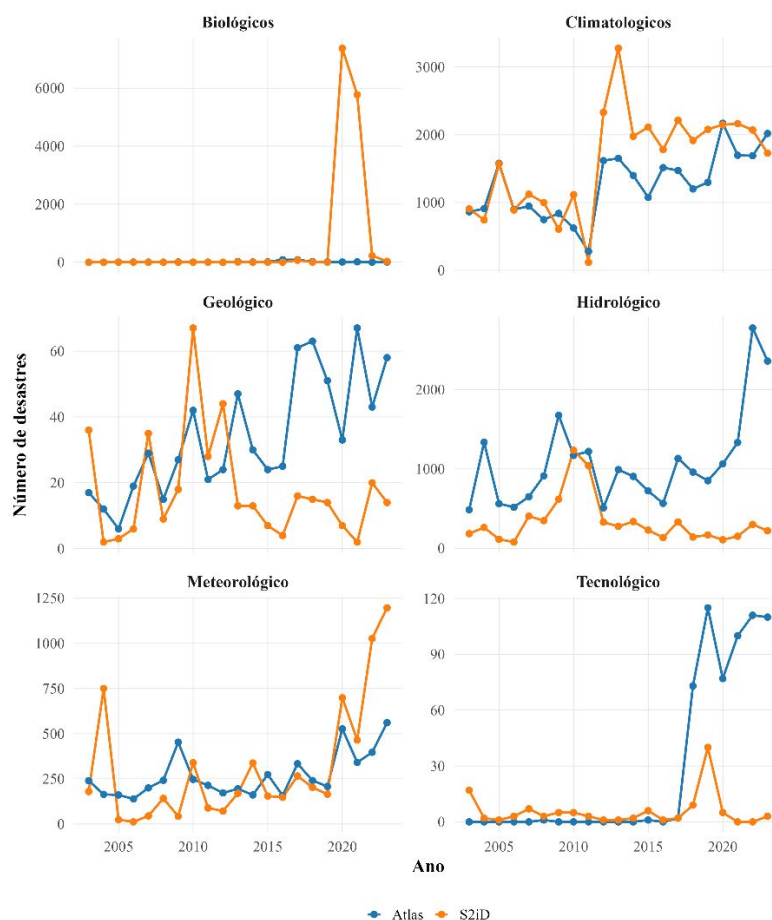


Figura 2. Distribuição dos desastres no Brasil (2003–2023) segundo dados do S2iD e do Atlas Digital.

Fonte: elaboração própria com base em Atlas Digital (2024) e S2iD (2024).

Os dados analisados configuram uma série temporal (Figura 2), composta por observações registradas em intervalos sucessivos. Essas séries podem apresentar tendência crescente, decrescente ou ser estacionárias, quando suas características estatísticas, como média, variância e autocorrelação, permanecem constantes ao longo do tempo. A análise de estacionariedade, realizada pelo teste ADF, indicou que, mesmo após a transformação logarítmica, a maioria dos grupos de desastres foi classificada como não estacionária, sugerindo presença de tendência ou sazonalidade que dificulta previsões baseadas apenas em médias históricas. A única exceção foi o grupo meteorológico da base S2iD, cujo p-valor significativo (0,0269) indica padrão mais regular ao longo do tempo.

A Figura 2 evidencia variações expressivas no número de desastres

registrados nas bases S2iD e Atlas Digital entre 2003 e 2023. Observa-se discrepância acentuada em desastres biológicos durante o período pandêmico, com pico no S2iD. Para eventos climatológicos e hidrológicos, ambas as bases exibem padrões semelhantes até meados de 2010, divergindo posteriormente, com redução no S2iD e estabilidade ou aumento no Atlas. Nos desastres geológicos e meteorológicos, o Atlas apresenta crescimento gradual, enquanto o S2iD oscila sem padrão definido. Já nos tecnológicos, o Atlas mostra aumento acentuado a partir de 2018, ao passo que o S2iD mantém valores baixos e estáveis. Essas diferenças podem refletir tanto mudanças reais na ocorrência dos eventos quanto variações nos critérios de registro e notificação. A estabilidade observada no grupo meteorológico do S2iD corrobora o resultado do ADF,

explicando a menor oscilação dessa categoria no período analisado.

A análise dos desastres naturais registrados no Atlas Digital entre 2003 e 2023 mostrou que eventos climatológicos, hidrológicos e meteorológicos representaram 97,12% das ocorrências, com predominância dos climatológicos (46,57%), seguidos pelos hidrológicos (40,22%) e meteorológicos (10,33%) (Figura 3). Optou-se pelo uso exclusivo dos dados do Atlas Digital em razão de sua metodologia, que contabiliza cada desastre como um evento único. No Sistema S2iD, em contraste, os registros estão vinculados a decretos de Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP), podendo ser contabilizados mais de uma vez devido a renovações desses decretos, o que pode inflacionar os totais e comprometer comparações precisas entre eventos distintos.

A análise da Taxa de Crescimento Médio Geral (TCM) revelou um aumento

na ocorrência de eventos hidrológicos, meteorológicos e climatológicos ao longo do período analisado. Os desastres hidrológicos, como inundações e enxurradas, apresentaram a maior taxa de crescimento anual (8,23%), enquanto os climatológicos e meteorológicos exibiram um crescimento idêntico de 4,34% ao ano. A predominância de eventos climatológicos, hidrológicos e meteorológicos no Atlas Digital (Figura 3) e as variações observadas ao longo do tempo (Figura 2) não se traduziram em tendências estatisticamente significativas nas taxas anuais de crescimento (Figura 4). O teste de Mann-Kendall não indicou tendência para nenhum dos três grupos (climatológicos: $p = 0,673$; hidrológicos: $p = 0,871$; meteorológicos: $p = 0,581$).

Da mesma forma, os modelos lineares ajustados apresentaram coeficientes de inclinação (β) não significativos.

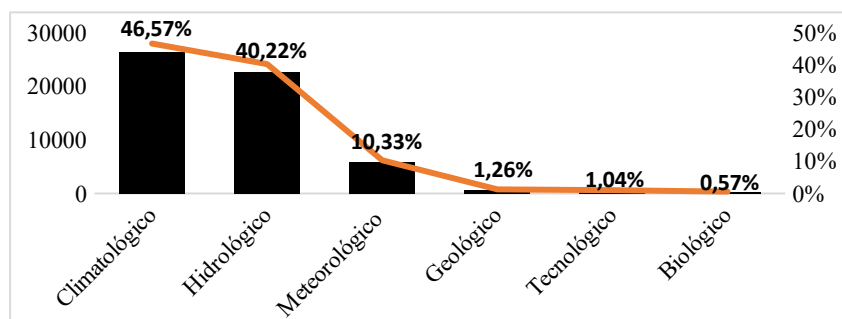


Figura 3. Registros de desastres no Brasil (2003–2023) por grupo COBRADE segundo o Atlas Digital. Fonte: Elaboração pelos autores com base nos dados obtidos em Atlas Digital (2024)

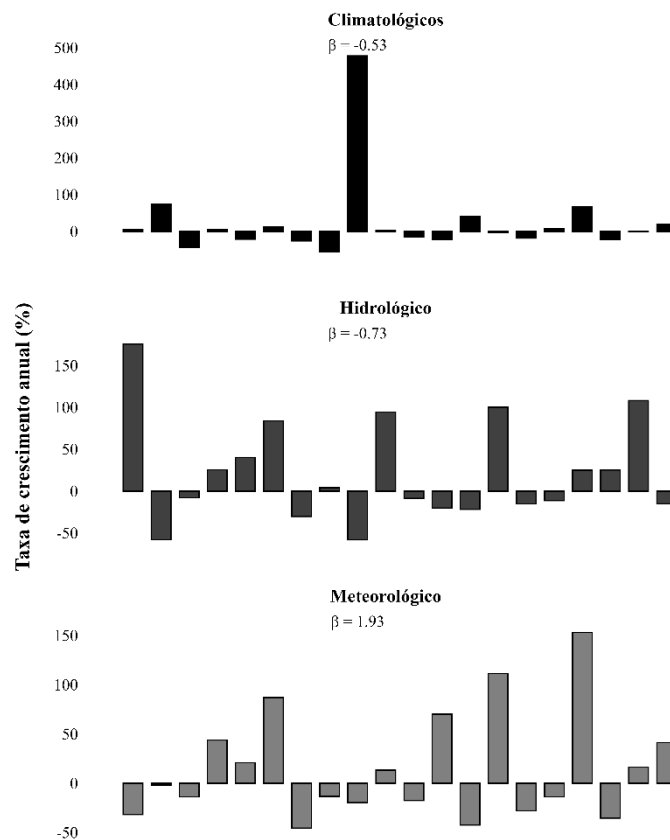


Figura 4. Taxa de crescimento anual dos eventos extremos dos grupos climatológicos, hidrológicos e meteorológicos ao longo do período estudado.

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados obtidos em Atlas Digital (2024).

A tendência temporal do número de eventos registrados no Atlas Digital entre 2003 e 2023 (Figura 5) foi analisada por meio de um modelo de regressão de Poisson. O tempo (em anos) foi um preditor significativo do aumento no número de eventos ($p < 0,001$), com coeficiente estimado $\beta_1 = 0,0438$, correspondente a um crescimento médio de 4,49% ao ano (razão de chances $\approx 1,0449$). A estatística $z = 60,82$ ($p < 0,001$) e o intervalo de confiança do risco relativo

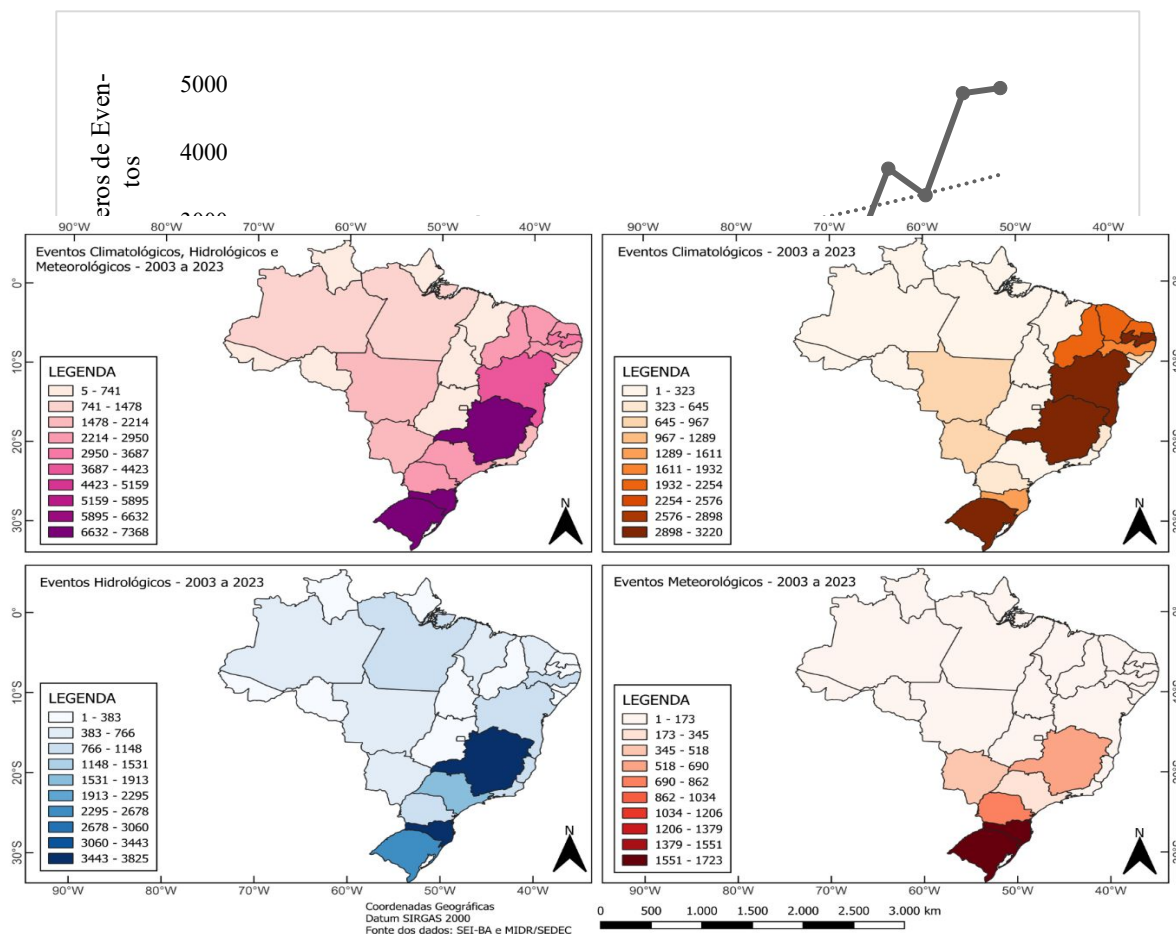
(RR=1,0449; IC95%: [1,0435–1,0463]) confirmam a robustez da tendência, já que o valor nulo (RR = 1) não está incluído no intervalo. O ajuste do modelo, avaliado pelo Critério de Informação de Akaike (AIC = 2642,2), indicou boa adequação.

Na Figura 5, observa-se crescimento contínuo ao longo da série, com menores números de eventos no início do período e máximos nos dois últimos

Figura 5. Tendência temporal dos registros de desastres na plataforma Atlas (2003 a 2023).

Fonte: Elaboração pelos autores com base nos dados obtidos em Atlas Digital (2024)

anos. A linha de tendência exponencial (cinza tracejada) reforça a interpretação de aumento consistente na taxa de crescimento.



Para melhor compreensão da distribuição espaço-temporal desses eventos, foram elaborados mapas temáticos com o auxílio do software QGIS 3.40, permitindo identificar os estados

Figura 6. Distribuição Espacial dos Eventos Extremos (Climatológicos, Hidrológicos e Meteorológicos) no Brasil no Período de 2003–2023. Fonte: Autores

mais afetados por diferentes tipos de eventos extremos no Brasil, conforme ilustrado na Figura 6.

Os dados demonstram a ocorrência generalizada de desastres em todo o território nacional, com registros em todos os estados brasileiros, incluindo o Distrito Federal. Na Figura 6A, que apresenta o consolidado de eventos climatológicos, hidrológicos e meteorológicos entre 2003 e 2023, observa-se que o estado de Minas Gerais registrou o maior número de

ocorrências, seguido por Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Quando estratificados apenas os eventos climatológicos (Figura 6B), a Bahia destaca-se como o estado com maior número de registros, seguida por Paraíba e novamente Minas Gerais, refletindo a prevalência de secas prolongadas e outros fenômenos

relacionados ao clima nessas regiões, e Rio Grande do Sul.

No que se refere aos eventos hidrológicos (Figura 6C), como enchentes e alagamentos, Minas Gerais também lidera as estatísticas, seguido por Santa Catarina e Rio Grande do Sul, o que pode estar relacionado ao relevo e à intensidade das chuvas nessas localidades. Por fim, na análise dos eventos meteorológicos (Figura 6D), verifica-se a concentração predominante desses fenômenos nos estados da Região Sul, sendo Santa Catarina o mais afetado, seguido por Rio Grande do Sul e Paraná. Esses dados evidenciam a vulnerabilidade climática da região, frequentemente atingida por tempestades, granizo, vendavais e outros eventos extremos.

Incidência dos Eventos Extremos ocorridos nos últimos 10 anos em relação aos 10 anos anteriores

Os dados indicam um aumento significativo na frequência de eventos extremos entre 2003 e 2024 (Tabela 4). Para avaliar essa variação ao longo do tempo, o período analisado foi segmentado em dois intervalos de 10 anos: Período 1 (2004-2013) e Período 2 (2014-2023). O ano de 2003 foi excluído para manter a extensão temporal entre os grupos.

Os dados dos desastres climatológicos e geológicos seguiram uma

distribuição normal em ambos os períodos, permitindo a aplicação do teste *t* de *Student*. Os resultados revelaram um aumento estatisticamente significativo na frequência desses eventos ($p=0,0080$ e $p=0,0048$, respectivamente), sugerindo uma intensificação de processos ambientais subjacentes.

Além disso, verificou-se um crescimento expressivo nos desastres biológicos ($p = 0,0154$), o que pode estar relacionado a mudanças no padrão epidemiológico e à maior incidência de surtos e epidemias no período recente. Já os desastres hidrológicos e meteorológicos não apresentaram diferenças estatisticamente significativas ($p = 0,4813$ e $p = 0,1123$, respectivamente), indicando uma estabilidade relativa nessas categorias. Ressalta-se que o resultado alcançado refere-se ao período amostral de dois intervalos de 10 anos, o que pode não refletir a realidade numa futura comparação com períodos maiores.

Por fim, destaca-se o aumento notável nos desastres tecnológicos ($p = 0,0017$), evidenciando um possível reflexo do crescimento industrial e da expansão das infraestruturas críticas no país. Esses achados reforçam a necessidade de políticas públicas voltadas à mitigação e adaptação aos impactos de eventos extremos, especialmente diante das tendências observadas.

Tabela 4. Comparativo de registros de desastres dos grupos COBRADE (2004 a 2023) no Brasil em dois períodos (2004 a 2013 e 2014 a 2023).

	Tipo de desastres	Período		p-valor	
		2004-2013	2014-2023		
Fonte: Elaboraça autores base nos obtidos Digital	Biológicos	4,5 [3,5]	13,5 [12,2]	0,0154	ão pelos com dados em Atlas (2024)
	Climatológicos	1010±461	1554±347	0,0080	
	Geológicos	24,2±12,8	45,5±16,6	0,0048	
	Hidrológicos	952 [624]	1012 [418]	0,4813	
	Meteorológicos	198 [69]	304 [167]	0,1123	
	Tecnológicos	0 [0]	75 [106]	0,0017	

A análise espacial (Figura 7) considerando os eventos Climatológicos, Hidrológicos indica e Meteorológicos, os quais são os mais representativos em

número de registros, demonstra a distribuição espacial destes eventos no Brasil, comparando os dois períodos (2003-2013 e 2014-2023), cuja interpretação baseia-se nos padrões de cores e as faixas de valores da legenda para cada tipo de evento e período.

Quanto aos eventos Climatológicos, há uma clara tendência de aumento na intensidade dos eventos climatológicos em todo o Brasil, com um destaque para o Nordeste e Sudeste, que já eram áreas afetadas e viram uma intensificação considerável no segundo período. No primeiro período (2003-2013), a maior concentração de eventos é visível no Nordeste, (Bahia, Paraíba, Piauí e Ceará), no Sudeste (Minas Gerais) e uma parte do Sul (Rio Grande do Sul). Regiões Norte e Centro-Oeste mostram menos eventos, caracterizados por tonalidades mais claras. No segundo período há uma intensificação notável dos eventos em várias regiões. O Nordeste (Bahia e Paraíba) e o Sudeste (especificamente Minas Gerais) mostram um aumento significativo no número de eventos, com muitas áreas atingindo as faixas de valores mais altas da legenda. O Norte e Centro-Oeste continuam com contagens relativamente baixas em comparação com as outras regiões, mas com algumas áreas mais afetadas do que no período anterior,

como os estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

Quanto aos eventos Hidrológicos, evidencia-se uma estabilidade na ocorrência destes eventos no país, apresentado algumas variações de um período para o outro e locais específicos. No primeiro período (2003-2013), os eventos estão predominantemente concentrados no Sudeste (especialmente em Minas Gerais e São Paulo) e na região Sul com maior concentração em Santa Catarina e Rio Grande do Sul. No segundo período (2014-2023), o estado de Minas Gerais (Sudeste) apresenta uma redução de ocorrências e na região Sul especificamente no estado de Santa Catarina verifica-se uma acentuação dos desastres.

Quanto aos eventos Meteorológicos, embora apresente ocorrência em todos os estados, as maiores incidências estão concentradas nas regiões Sul e Sudeste. Na região Sudeste destaca-se o estado de Minas Gerais como o mais atingido, enquanto no Sul, os três estados apresentam singularidades no número de ocorrências, com destaque para o estado de Santa Catarina que no segundo período apresentou uma escala de eventos muito acima do período anterior, mostrando a intensificação desses eventos nesta região num período mais recente.

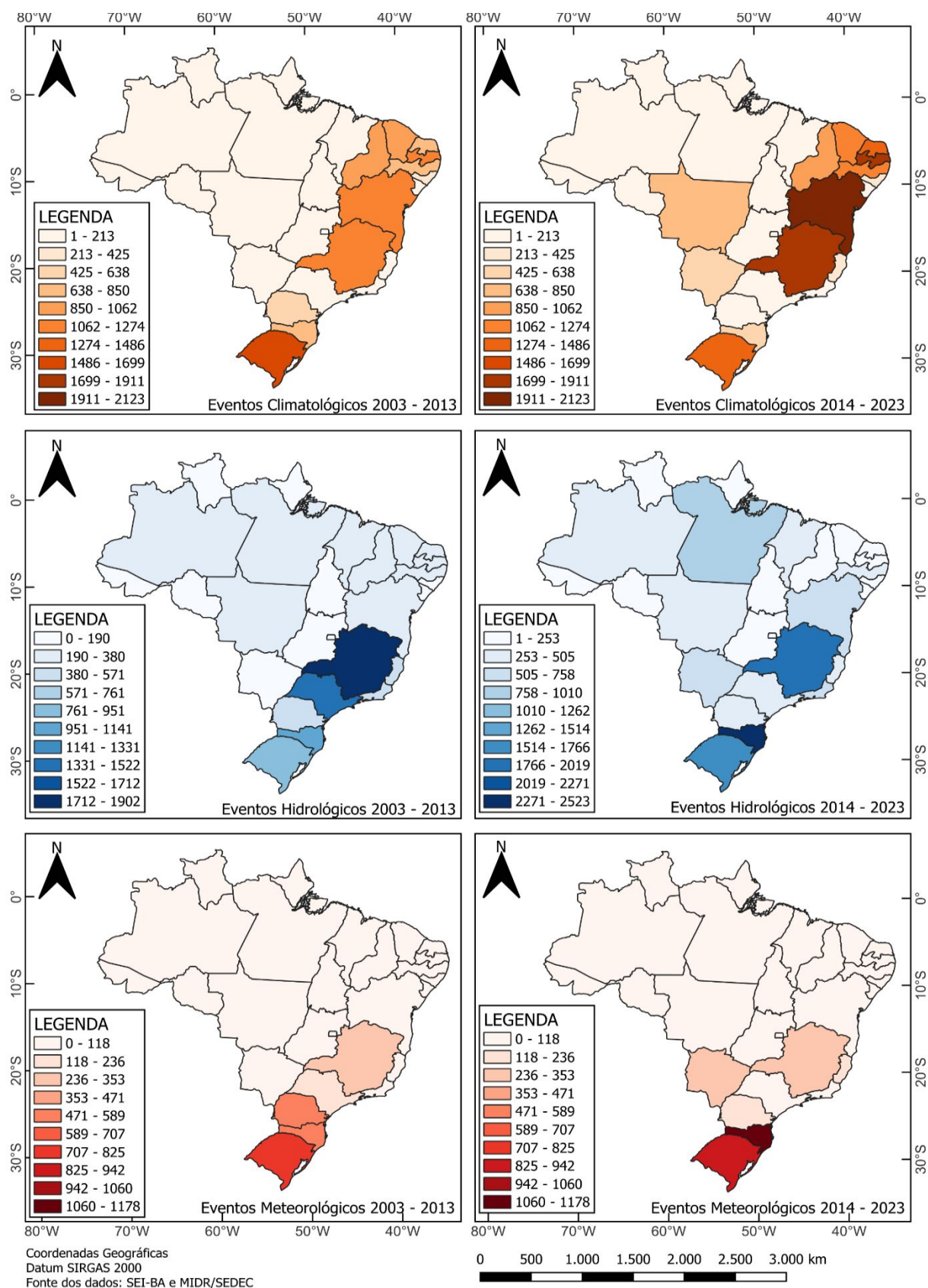


Figura 7. Distribuição Espacial dos Eventos Extremos (Climatológicos, Hidrológicos e Meteorológicos) no Brasil por Período de (2003–2013 vs. 2014-2023). Fonte: Autores

Incidência dos principais tipos de desastres

Na Tabela 5 estão apresentados o total de registros de eventos extremos no Brasil entre 2003 e 2023, destacando a predominância de desastres climatológicos, hidrológicos e meteorológicos, conforme reportado na plataforma Atlas Digital. O evento mais recorrente foi a estiagem e seca, que representou 43,9% dos casos, seguido por enxurradas (13,4%) e chuvas intensas (12,2%), evidenciando a relevância dos fenômenos hidrometeorológicos no país.

A comparação entre os períodos de 2004-2013 e 2014-2023 revelou diferenças estatisticamente significativas ($p < 0,05$) para os eventos de enxurradas, chuvas intensas, inundações, incêndios florestais, alagamentos, onda de calor, baixa umidade e tornados. Os eventos de enxurradas e tornados mostraram variação estatisticamente significativa ($p < 0,05$) entre os períodos, enquanto a estiagem e seca ficaram no limite de significância ($p = 0,051$), indicando também uma variação relevante que merece atenção em estudos futuros. Por outro lado, eventos como vendavais e ciclones e onda de frio não apresentaram diferenças significativas entre os dois períodos.

Os resultados indicam um aumento considerável na frequência de eventos extremos no Brasil. Notou-se que, com exceção das inundações, que apresentaram uma redução de ocorrências na segunda década (1.719 registros contra 3.432 na primeira), a maioria dos eventos revelou uma tendência de crescimento significativo. Por exemplo, chuvas intensas passaram de 223 para 6.492 ocorrências, registrando um aumento de 2.811%, enquanto incêndios florestais tiveram um

crescimento de 3.347% e a onda de calor e baixa umidade teve um aumento impressionante de 8.500%, com 172 ocorrências na segunda década, contra apenas 2 na primeira.

Além disso, os eventos de enxurradas, chuvas intensas e inundações ocuparam, respectivamente, os 2º, 3º e 4º lugares entre os desastres mais frequentes, totalizando 35,3% das ocorrências. Esses eventos são classificados como desastres hidrológicos, segundo a COBRADE (2023), e são definidos como segue: enxurradas são causadas por escoamento superficial de alta velocidade devido às chuvas intensas em bacias pequenas e acidentadas; chuvas intensas geram múltiplos desastres, como inundações e movimentos de massa; e inundações são causadas por transbordamentos graduais de cursos de água devido às chuvas prolongadas em áreas de planície.

Outros eventos, como vendavais e ciclones (7% das ocorrências), e os 90 registros de tornados — fenômeno raro no Brasil — também se destacam na análise. Embora eventos como granizo (3,1%) e movimentos de massa (2,8%) tenham ocorrido com menor frequência, seus impactos locais podem ser severos, especialmente em áreas vulneráveis. A ocorrência de ondas de calor e baixa umidade ($p = 0,0013$) e tornados ($p = 0,0012$) sugere mudanças nos padrões climáticos regionais, possivelmente associadas a variabilidades climáticas e mudanças ambientais.

Esses resultados indicam uma intensificação dos fenômenos hidrometeorológicos no Brasil, refletindo a necessidade urgente de estratégias de adaptação e mitigação de riscos, especialmente nas regiões mais afetadas:

Tabela 5. Total de Registros por Tipo de Evento no Período de 2003 a 2023 no Brasil

Eventos Extremos	Total	%	Média	Desvio-padrão	Valor-p ¹
Estiagem e Seca	24.096	43,9%	1.147	374,98	0,051 ²
Enxurradas	7.352	13,4%	350	214,57	0,011 ²
Chuvas Intensas	6.715	12,2%	517	552,45	< 0,0001 ³
Inundações	5.300	9,7%	252	162,54	0,002 ³
Vendavais e Ciclones	3.826	7,0%	182	101,51	0,089 ³
Incêndio Florestal	2.030	3,7%	113	165,89	< 0,0001 ³
Alagamentos	1.819	3,3%	87	54,99	0,004 ³
Granizo	1.680	3,1%	80	34,45	0,166 ²
Movimento de Massa	1.527	2,8%	73	42,23	0,166 ²
Onda de Frio	237	0,4%	15	21,43	0,320 ³
Onda de Calor e Baixa Umidade	174	0,3%	19	26,57	0,001 ³
Tornado	90	0,2%	5	3,33	0,001 ²
Total Geral	54.846	100,0%	2612	947,22	

¹Teste para comparar os dois períodos (2004 a 2013 e 2014 a 2023). ²Teste t de Student. ³ Teste U de Mann-Whitney. Fonte: Elaboração pelos autores com base nos dados obtidos em Atlas Digital (2024)

A análise da incidência de desastres no Brasil entre 2003 e 2023 revelou que estiagem e seca foram os eventos extremos mais recorrentes, com 24.096 registros no Atlas Digital, representando 43,9% de todos os desastres catalogados (Tabela 5). A COBRADE (2023) define estiagem como um período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, onde a perda de umidade do solo supera sua reposição, enquanto seca é uma estiagem prolongada que provoca desequilíbrio hidrológico significativo. A distribuição regional mostrou que o Nordeste concentrou 62,55% das ocorrências, seguido pelas regiões Sul (19,79%), Sudeste (13,48%), Norte (2,22%) e Centro-Oeste (1,95%). Esses dados destacam a vulnerabilidade de certas regiões às condições climáticas extremas e sugerem uma possível intensificação desses eventos ao longo do tempo.

Eventos como estiagem e seca impactam de maneira profunda a vida social, econômica e a saúde das populações afetadas. A redução da disponibilidade hídrica compromete a produção agrícola, a geração de energia e o abastecimento de água, além de causar danos ambientais consideráveis (Guimarães, 2021). Esses desastres, especialmente quando prolongados,

agravam a fome, a pobreza e a desnutrição, além de aumentar a incidência de doenças infectocontagiosas e respiratórias (Grigoletto, 2015). A migração populacional é um reflexo direto da escassez de recursos naturais, como rios e açudes, fundamentais para a sobrevivência econômica das comunidades afetadas. A alta incidência desses eventos no Nordeste reforça a vulnerabilidade dessa região às mudanças climáticas, destacando a urgência de políticas públicas focadas em mitigação e adaptação.

Os sinais de estiagem e seca são frequentemente silenciosos, tornando difícil identificar seu início. Fatores como o aquecimento global e a emissão de gases do efeito estufa estão associados à crescente frequência desses fenômenos. Diante disso, é fundamental que o poder público e a sociedade civil adotem uma abordagem coordenada para enfrentar esses desastres. Grigoletto (2015) ressalta que é essencial que os municípios estejam preparados e capazes de se adaptar para reduzir os riscos e responder de forma eficiente aos impactos desses eventos. A antecipação e preparação são essenciais para mitigar danos e proteger as populações vulneráveis.

Os registros da categoria COBRADE “Chuvas intensas” totalizaram

6.715 ocorrências, distribuídas por 26 UFs brasileiras. A distribuição temporal foi assimétrica: 2014–2023 concentrou 6.492 registros (96,7%), enquanto 2003–2013 somou 223 (3,3%). Observou-se concentração em municípios de Mato Grosso do Sul, com Nioaque ($n = 66$), Campo Grande ($n = 63$) e Coronel Sapucaia ($n = 47$) apresentando as maiores frequências no país.

Na Figura 8 destacam-se os grupos Chuvas intensas e Incêndio florestal, que apresentaram aumento expressivo de registros na última década. No Atlas Digital, Incêndio florestal refere-se a eventos de grande propagação e difícil controle, com impactos relevantes (inclusive sobre a qualidade do ar), não a ocorrências pontuais de baixa magnitude. Chuvas intensas correspondem a períodos com precipitação acima do normal e acumulados elevados, frequentemente associados a múltiplos desastres.

Os dois painéis indicam tendência de crescimento no número anual de registros ao longo do período analisado. Nos ajustes por GLM Poisson (*link log*), o tempo mostrou-se preditor significativo em ambos os casos ($p < 0,001$). A interpretação é multiplicativa: a cada ano adicional, a contagem esperada é multiplicada por $\exp(\beta)$. Para Chuvas intensas, $\beta=0,2767$ ($\exp(\beta)\approx 1,32$), o que corresponde a aumento médio de cerca de 32% ao ano; para Incêndio florestal, $\beta=0,2945$ ($\exp(\beta)\approx 1,34$), equivalente a cerca de 34% ao ano. Visualmente, o crescimento intensifica-se na segunda metade da série, quando as barras anuais se elevam substancialmente.

Estes resultados sustentam a tendência ascendente dos dois fenômenos no período estudado. Parte do incremento, contudo, pode refletir aperfeiçoamentos de registro e mudanças de cobertura ao longo do tempo; por isso, recomenda-se interpretar as magnitudes com cautela.

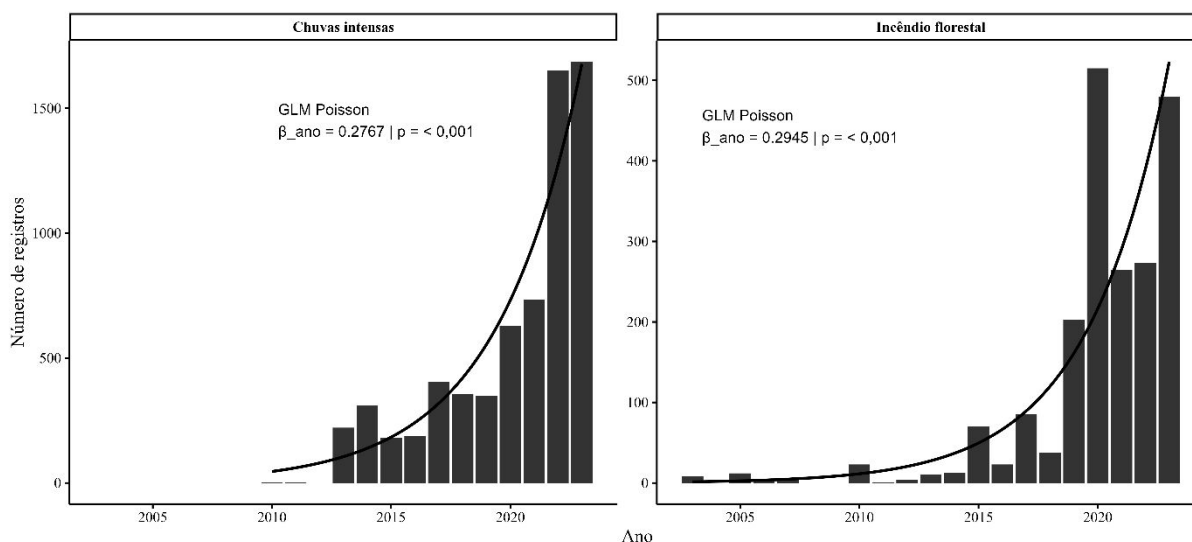


Figura 8. Evolução dos registros de Chuvas intensas e Incêndio florestal no Brasil (2003–2023)

Fonte: Elaborado pelos autores com base nos dados obtidos em Atlas Digital (2024)

Conclusões

Este estudo caracterizou os desastres extremos no Brasil ao longo de duas décadas e evidenciou a predominância de eventos climáticos e hidrometeorológicos, com tendência

ascendente nas contagens totais, especialmente para chuvas intensas e incêndio florestal. As séries, em sua maioria, mostraram não-estacionariedade, enquanto as taxas anuais de crescimento por grupo não apresentaram tendência monotônica consistente. A análise espacial

revelou ocorrência generalizada em todo o território nacional, com heterogeneidade regional compatível com a diversidade climática do país, e intensificação mais marcada no decênio recente em relação ao anterior. As discrepâncias entre Atlas Digital e S2iD decorrem sobretudo de diferenças metodológicas de registro, embora os padrões gerais se mantenham coerentes entre as bases. Os achados reforçam a necessidade de harmonização dos critérios de registro, aprimoramento de monitoramento e alerta, e priorização de medidas de mitigação e adaptação. Como limitações, destaca-se o uso de dados secundários sujeitos a mudanças de notificação e possível superdispersão; estudos futuros devem considerar modelos alternativos, avaliação de quebras estruturais, inclusão de offsets de exposição e integração de covariáveis climáticas e de uso do solo.

Agradecimentos

A Universidade Federal do Sul da Bahia – UFSB por ser uma porta aberta para o desenvolvimento científico e formação de novos pesquisadores na região.

Referências

- AGRESTI, A. *Categorical Data Analysis*. 3ª edição. Editora: John Wiley & Sons. Hoboken, Nova Jersey – EUA, 2013.
- ANTUNES, J. L.F.; CARDOSO, M. R. A. Uso da análise de séries temporais em estudos epidemiológicos. **Epidemiol Serv. Saúde**. Brasília, 2015. DOI: 10.5123/S1679-49742015000300024.
- BRASIL. Lei nº 12.608, de 10 de abril de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil; dispõe sobre o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 11 abr. 2012.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR. Atlas Digital de Desastres no Brasil.
- BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Instrução Normativa nº. 1, de 24 de agosto de 2012.
- BRASIL. Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional - MIDR. **S2iD - Sistema Integrado de Informações sobre Desastres**. Brasília, 2023.
- BRASIL. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. **Quarta Comunicação Nacional do Brasil à Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima**. Secretaria de Pesquisa e Formação Científica. - Brasília: MCTI, 2020.
- COBRADE. Classificação e Codificação Brasileira de Desastres. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <http://www.defesacivil.rj.gov.br/images/formularios/COBRADE.pdf>. Acesso em: 03 Out. 2024.
- DICKEY, D. A.; FULLER, W. A. Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. **Journal of the American Statistical Association**, [S.l.], v. 74, n. 366, p. 427-431, 1979. DOI: 10.1080/01621459.1979.10482531.
- EM-DAT. The Emergency Events Database. Disponível em: <www.emdat.be>. Acesso em: 28 ago. 2024.
- FERGUSON, G. A.; TAKANE, Y. **Statistical Analysis in Psychology and Education**. 6ª edição. Editora: McGraw-Hill. Nova Iorque – EUA, 1996.
- FIELD, A. **Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics**. 7ª edição. Editora: SAGE Publications. Londres, Reino Unido, 2024.

FILHO, J.F.J; PIQUEIRA, J.R.C. Engenharia das catástrofes: entre o determinístico e o imponderável. **Estudos Avançados**, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-40142013000100013>. Acesso em: 18 de fev. 2024.

GALLOPÍN, G.C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. **Global Environmental Change**, v.16, p.293-303, 2006.

GRIGOLETTO, J.C; CABRAL, A.R; BOMFIM, C.V; ROHLFS, D.B; SILVA, E.L; QUEIROZ, F.B; FRANCISCHETTI, J.; DANIEL, M.H.B; REZENDE, R.M.S; ANDRADE, R.C; MAGALHÃES, T.B. **Gestão das ações do setor saúde em situações de seca e estiagem**. Brasília-DF, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1413-81232015213.26212015>. Acesso em 16 Jan. 2025.

GUIMARÃES, P.D. **Mapeamento das áreas afetadas pela estiagem no Brasil Por Daniel Pereira Guimarães**. Embrapa Milho e Sorgo. Revista Cafeicultura. Rio Parnaíba/MG, 2021. Disponível em: <https://revistacafeicultura.com.br/artigo-mapeamento-das-areas-afetadas-pela-estiagem-no-brasil-por-daniel-pereira-guimaraes>. Acesso em 18 Jan. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censos Demográficos**. Rio de Janeiro. IBGE. 2022. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 27 out. 2023.

LOURENÇON, J. **O que significa e qual a diferença entre estado de emergência e**

calamidade pública? JUSBRASIL, 2023. Disponível em: <https://www.jusbrasil.com.br/artigos/o-que-significa-e-qual-a-diferenca-entre-estado-de-emergencia-e-calamidade-publica/827134513>. Acesso em: 29 nov. 2023.

MARENGO, J. A. **Impactos sociais dos eventos climáticos extremos**. Ciência e Cultura, vol.76 no.3 São Paulo July/Sept. 2024. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252024000300009. Acesso em: 03 de fev. 2025

MARENGO, J. A. **Mudanças climáticas, condições meteorológicas extremas e eventos climáticos no Brasil**. Relatório FDBS Mudanças Climáticas e eventos extremos no Brasil. Lloyd, 2009.

OBREGON, G., MARENGO J, A. 2007: **Caracterização do clima do Século XX no Brasil**: Tendências de chuvas e temperaturas médias e extremas. Relatório 2. Brasília, fevereiro 2007.

PAEZ, L. G. A reestruturação espacial no debate da escala a partir dos processos decisórios sobre mudanças climáticas: do global ao local. **Boletim de Conjuntura (BOCA)**, v.14, n.41, p.585-594, 2023.

SANTOS, S. R. Q.; SANSIGOLO, C. A.; NEVES, T. T. A. T.; CAMPOS, T. L. O. B.; SANTOS, A. P. P. Frequências dos eventos extremos de seca e chuva na Amazônia utilizando diferentes bancos de dados de precipitação. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.10, n.2 (2017) 468-478

6. CAPÍTULO 2: PADRÕES ESPACIAIS E TEMPORAIS DE DESASTRES NA BAHIA E O ESTÁGIO DE IMPLEMENTAÇÃO DO PLANO NACIONAL DE ADAPTAÇÃO (PNA) NO SETOR CIDADES

Eliardo Silva Prado; João Batista Lopes da Silva; Gerson dos Santos Lisboa; Luanna Chácara

Pires

Resumo: Este estudo mapeia as vulnerabilidades socioambientais predominantes na Bahia e avalia o estágio de implementação das metas do Plano Nacional de Adaptação (PNA) no setor Cidades. A metodologia combinou análise documental de fontes oficiais e exploração de séries históricas de eventos extremos (2003–2023) a partir do Atlas Digital, além da avaliação de indicadores municipais estratificados por bioma. Os resultados indicam duplicação da média de desastres na última década, com disparidades marcantes entre biomas: a Caatinga apresenta piores condições socioeconômicas e de saneamento, o Cerrado combina maior renda per capita com forte desigualdade e baixa cobertura sanitária, e a Mata Atlântica exibe melhores indicadores, ainda que heterogêneos. Municípios da Caatinga e do Cerrado reúnem alta frequência de eventos e baixa capacidade adaptativa, evidenciando maior vulnerabilidade. No PNA/Setor Cidades, a maioria das diretrizes possui ações iniciadas, mas persistem lacunas de implementação. Conclui-se que a intensificação recente de eventos hidrometeorológicos agrava vulnerabilidades sociais e ambientais, demandando harmonização de registros, fortalecimento de monitoramento e alerta e políticas prioritárias de saneamento, saúde e proteção social, além de avaliação ampliada do PNA nos demais setores.

Palavras-chave: Capacidade adaptativa; Gestão de risco de desastres; Mudanças Climáticas; Eventos Extremos, Vulnerabilidade socioambiental.

Abstract: This study maps predominant socio-environmental vulnerabilities in Bahia and assesses the implementation status of targets under Brazil's National Adaptation Plan (PNA) in the Cities sector. The methodology combined documentary analysis of official sources with exploration of historical series of extreme events (2003–2023) drawn from the Atlas Digital and an evaluation of municipality-level indicators stratified by biome. Results indicate a doubling of the average number of disasters in the past decade, with marked disparities across biomes: the Caatinga exhibits the poorest socioeconomic and sanitation conditions; the Cerrado pairs higher per-capita income with pronounced inequality and low sanitation coverage; and the Atlantic Forest shows comparatively better—albeit heterogeneous—indicators. Municipalities in the Caatinga and Cerrado concentrate high event frequency and low adaptive capacity, evidencing heightened vulnerability. In the PNA/Cities sector, most guidelines have actions underway, yet implementation gaps persist. We conclude that the recent intensification of hydrometeorological extremes exacerbates social and environmental vulnerabilities, underscoring the need for harmonized reporting, strengthened monitoring and early-warning systems, and priority policies in sanitation, health, and social protection, as well as an expanded assessment of PNA implementation across the remaining sectors.

Keywords: Adaptive capacity; Disaster risk management; Climate change; Extreme events; Socio-environmental vulnerability.

Introdução

A intensificação da frequência e da severidade dos eventos climáticos extremos, decorrente das mudanças climáticas de origem antropogênica, tem ampliado a exposição e a vulnerabilidade de comunidades — sobretudo aquelas inseridas em contextos marcados por desigualdades socioeconômicas e fragilidade institucional. Nesse cenário, a adaptação às mudanças climáticas configura-se como um elemento essencial das políticas de gestão de risco e de planejamento territorial. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2018), a adaptação refere-se ao processo de ajuste de sistemas humanos e naturais em resposta a estímulos climáticos reais ou esperados, com o objetivo de moderar danos potenciais, aproveitar oportunidades benéficas e fortalecer a resiliência socioecológica. A Organização das Nações Unidas (ONU) incorporou esse conceito de forma transversal em suas diretrizes estratégicas, incentivando a integração de medidas adaptativas em políticas públicas multiescalares, com foco na redução de vulnerabilidades estruturais e no fortalecimento da capacidade adaptativa das populações mais expostas.

A Bahia foi selecionada como recorte territorial por apresentar volumes elevados de desastres e ampla cobertura municipal de registros, configurando um cenário crítico de vulnerabilidade a eventos climáticos extremos; segundo o Atlas Digital (BRASIL, 2024), entre 1º de janeiro de 2003 e 31 de dezembro de 2023 foram registradas 4.302 ocorrências, e 409 dos 417 municípios baianos apresentaram ao menos um registro no período, equivalente a 98% do total. O estado abriga três biomas majoritários, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, o que favorece análises comparativas de impacto e capacidade adaptativa. A Caatinga, embora adaptada à escassez hídrica, é altamente suscetível à desertificação e à intensificação de secas; o Cerrado do oeste baiano, ecologicamente e economicamente estratégico, tem sido afetado por mudanças nos regimes hídricos e maior ocorrência de incêndios; e a Mata Atlântica, bioma megadiverso e ameaçado, concentra-se no litoral e em partes do interior, com remanescentes sob forte pressão antrópica. Esse mosaico biofísico se sobrepõe a vulnerabilidades socioambientais historicamente documentadas no estado: comunidades enfrentam carências materiais e desigualdades de acesso a serviços essenciais (BRASIL, 2021), de modo que a vulnerabilidade social emerge como fator central que amplifica os impactos de eventos extremos e condiciona a eficácia das ações de adaptação.

As mudanças climáticas influenciam diretamente na frequência e na intensidade de eventos extremos. Segundo Gallopín (2006), consideram-se eventos extremos as manifestações climáticas cuja intensidade e/ou duração excedem os padrões considerados

normais dentro da variabilidade climática de um sistema socioecológico. Esses eventos podem ocasionar perdas e danos imediatos e de longo prazo, e incluem chuvas intensas, secas prolongadas, ondas de calor, ressacas, ciclones e furacões. Frequentemente, tais eventos provocam enchentes, deslizamentos de terra, incêndios florestais e outros desastres. Em síntese, as mudanças climáticas desencadeiam impactos em cadeia que afetam diferentes regiões do planeta de formas distintas, interferindo na dinâmica da vida terrestre (BRASIL, 2018).

Como destaca Care (2010), uma calamidade climática não afeta igualmente todas as pessoas em uma comunidade ou até na mesma família. Os desastres naturais são considerados fenômenos de origem natural, mas que interagem com vulnerabilidades socioeconômicas e provocam danos nas populações atingidas (NINA *et al.*, 2021). A falta de medidas proativas com relação ao crescimento urbano leva a uma concentração de populações de baixa renda vivendo em áreas inadequadas, deixando-as mais vulneráveis a desastres (BAENINGER, 2010).

A vulnerabilidade, conforme definido pelo Glossário de Defesa Civil (BRASIL, 2007), refere-se à condição intrínseca de um corpo ou sistema receptor que, em interação com a magnitude de um evento ou acidente, determina a intensidade dos efeitos adversos, geralmente mensurada pela gravidade dos danos potenciais. Assim, a severidade de um desastre decorrente de um evento extremo está frequentemente mais relacionada ao grau de vulnerabilidade ou à insegurança estrutural e social dos territórios e comunidades expostos do que à magnitude do próprio evento. Além disso, a vulnerabilidade é compreendida como a propensão ou predisposição de um sistema a ser negativamente impactado pelas mudanças climáticas (BRASIL, 2018), reforçando sua centralidade na avaliação de riscos e na formulação de estratégias adaptativas.

A caracterização de uma sociedade ou sistema como vulnerável aos impactos dos eventos climáticos extremos está intrinsicamente ligada a determinantes sociais, econômicos e de infraestrutura que moldam as condições de vida de uma comunidade. Segundo Macedo e Kublikowski (2009), a vulnerabilidade social de indivíduos, famílias ou comunidades resulta de uma combinação de fatores que compromete o bem-estar e intensifica a exposição a riscos. Autores como Lavell e Maskrey (2014) e Valencio (2009; 2014) destacam que os chamados desastres naturais são, em sua essência, manifestações de processos sociais preexistentes, marcados por pobreza, fragilidade institucional e deficiências na governança. Tais eventos revelam, ainda, a ocupação desordenada de áreas de risco por populações marginalizadas, a

insuficiência de infraestrutura básica — como habitação adequada, saneamento e serviços públicos —, além das persistentes desigualdades socioeconômicas, refletidas em disparidades de renda, acesso a oportunidades e informação.

Ademais, evidências demonstram que os efeitos adversos dos desastres atingem de forma desproporcional os grupos socialmente vulneráveis (BAEZ; SANTOS, 2007; HALLIDAY, 2012; NEUMAYER; PLUMPER, 2007 apud NINA et al., 2021). Diante da natureza multidimensional da vulnerabilidade e da exposição aos riscos climáticos, é imperativo que as estratégias de mitigação e adaptação estejam fundamentadas em diagnósticos sociais aprofundados, orientando políticas públicas inclusivas, equitativas e baseadas em evidências (THOMAS et al., 2019).

A vulnerabilidade social compromete o acesso a direitos fundamentais como educação, saúde e moradia, ao mesmo tempo em que intensifica a exposição a desastres decorrentes de eventos climáticos extremos. A identificação de contextos vulneráveis requer uma análise integrada dos cenários de risco e das populações afetadas, de modo a compreender a relação entre a magnitude dos eventos adversos e a intensidade dos danos esperados.

O conceito de capacidade adaptativa, conforme estabelecido pelo IPCC (2012), refere-se ao potencial de sistemas, indivíduos ou instituições de lidar com impactos, aproveitar oportunidades e responder aos efeitos das mudanças climáticas, promovendo a transição para condições mais resilientes. Esse princípio orienta instrumentos internacionais como o Acordo de Paris, que destaca a urgência de fortalecer a resiliência climática e a adaptação aos impactos adversos (UNFCCC, 2016).

A adaptação, definida como a capacidade de coexistir com os efeitos do clima em transformação (IPCC, 2014), reduz riscos e vulnerabilidades, contribuindo para minimizar danos e perdas. A Conferência das Partes (COP 27) reforçou a importância de integrar o planejamento da adaptação ao desenvolvimento sustentável, promovendo ações mais eficazes de enfrentamento às mudanças climáticas (UNFCCC, 2022).

A Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), instituída pela Lei nº 12.187/2009, estabelece, em seu Art. 4º, inciso V, a obrigatoriedade da implementação de medidas de adaptação às mudanças climáticas pelas três esferas de governo. Com base nesse marco legal, foi criado o Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA), por meio da Portaria nº 150/2016, como instrumento de gestão federal elaborado em colaboração com a sociedade civil, setor privado e governos subnacionais. O plano tem como objetivos principais

reduzir a vulnerabilidade nacional, gerenciar riscos climáticos e fomentar estratégias de adaptação em sistemas naturais, humanos, produtivos e de infraestrutura (BRASIL, 2016).

O PNA define 11 setores prioritários, cada um com metas e diretrizes específicas a serem seguidas pelos entes federativos. Este estudo concentra-se no setor "Estratégia de Cidades", cujo foco é fortalecer a resiliência urbana e a capacidade adaptativa dos municípios, priorizando ações de “não arrependimento” que promovam o desenvolvimento urbano sustentável e a redução da vulnerabilidade climática.

Para este setor, foram estabelecidas 15 diretrizes, que incluem:

- 1- Promover a articulação federativa entre as três esferas de governo;
- 2- Considerar a adaptação à mudança do clima na promoção da reabilitação de áreas urbanas consolidadas, degradadas e com infraestrutura instalada;
- 3- Considerar a adaptação à mudança do clima na promoção da urbanização de assentamentos precários;
- 4- Considerar a adaptação à mudança do clima na produção de habitação social em escala;
- 5- Fortalecer os processos de planejamento da expansão urbana com a perspectiva de prevenção à ocorrência de desastres naturais e o surgimento de riscos;
- 6- Fortalecer as ações relacionadas a obras de contenção de encostas e elaboração de Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR);
- 7- Considerar a adaptação à mudança do clima na implementação do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab);
- 8- Fortalecer as ações de Drenagem Urbana Sustentável;
- 9- Apoiar a implementação e melhorias dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário;
- 10- Apoiar as ações de melhoria dos sistemas de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos;
- 11- Apoiar a gestão e disseminação de informações relacionadas às mudanças climáticas;
- 12- Apoiar o desenvolvimento de estudos sobre os impactos das mudanças climáticas nas diferentes cidades;
- 13- Apoiar a formação e capacitação de recursos humanos e a disseminação de recursos tecnológicos para o uso e gerenciamento de informações;
- 14- Considerar a adaptação à mudança do clima no aperfeiçoamento de modelos de planejamento urbano;
- 15- Apoiar a coordenação de iniciativas para a revisão de normas técnicas e regulamentação de parâmetros edílios e urbanísticos.

A análise da efetividade das políticas públicas de adaptação é essencial diante do aumento da frequência e intensidade dos eventos climáticos extremos. Embora a literatura seja ampla no que se refere às causas das mudanças climáticas — como o aquecimento global, o efeito estufa, a poluição atmosférica, o desmatamento e a queima de combustíveis fósseis —, ainda são escassos os estudos que avaliam a implementação concreta das ações adaptativas previstas em planos institucionais. Syrkis et al. (2024) destacam que, apesar dos avanços, persistem desafios na execução dessas políticas: dos 27 entes federativos brasileiros, 23 já elaboraram suas Políticas Estaduais de Mudanças Climáticas, embora três ainda demandem atualização ou complementação.

Diante do aumento da frequência e da intensidade dos eventos climáticos extremos na Bahia, este estudo mapeia as vulnerabilidades socioambientais predominantes no estado e avalia o estágio de implementação das metas do Plano Nacional de Adaptação (PNA) no setor Cidades. A abordagem metodológica combinou análise documental de fontes oficiais e exploração de séries históricas de eventos extremos (2003–2023) a partir do Atlas Digital, além da avaliação de indicadores municipais estratificados por bioma.

Material e Métodos

Caracterização da área e do tipo e período de estudo

Este estudo analisou a ocorrência de eventos extremos ocorridos no estado da Bahia ao longo do período de 01/01/2003 a 31/12/2023, como também verificou o empenho do estado em atender as metas estabelecidas no Plano Nacional de Adaptação (PNA 2016).

O estado da Bahia, localizado na região Nordeste do Brasil, possuindo uma extensa área territorial de 564.760,429 km², contém 27 territórios de identidade e um total de 417 municípios. Segundo o último censo demográfico do IBGE realizado em 2022, o estado conta com aproximadamente 14.136.417 habitantes, sendo o 4º maior estado do país (IBGE, 2022). Quanto ao clima, no território baiano, o clima predominante é o tropical, caracterizado por temperaturas médias anuais acima de 26°C.

A distribuição pluviométrica anual foi caracterizada por bioma com base em séries e normais climatológicas oficiais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (INEMA). No bioma Mata Atlântica, predominam totais anuais em torno de 1.200 a 2.000 mm, com valores localmente superiores em áreas sob influência orográfica (porções serranas e faixa litorânea do sul da Bahia). Na Caatinga, a precipitação anual média é tipicamente inferior a 800 mm, com alta irregularidade espaço-temporal e estação chuvosa curta; documentos oficiais reportam média aproximadamente 600 mm/ano em amplas áreas do bioma. No Cerrado do oeste baiano, observa-se sazonalidade marcada, com chuvas concentradas no verão e totais anuais frequentemente entre 1.300 e 1.700 mm.

A metodologia adotada baseou-se em revisão bibliográfica e pesquisa documental, com o objetivo de identificar, na literatura científica e em documentos institucionais, os principais dados e ações relacionados às vulnerabilidades socioambientais, às ações adaptativas e às estratégias de mitigação. Para isso, foram analisados relatórios especializados, como os do

Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) e o Plano Nacional de Adaptação (PNA, 2016).

Fontes dos dados de desastres e análises dos dados

O levantamento quantitativo das ocorrências de desastres na Bahia baseou-se em dados secundários oficiais disponibilizados pelo Atlas Brasileiro de Desastres Naturais (2024), o qual pode ser acessado pelo link <https://atlasdigital.mdr.gov.br/>. Essa plataforma tem como principal objetivo fornecer informações sistematizadas relacionadas às ocorrências de desastres, além dos danos e prejuízos associados em todo território nacional. A partir de 2022, sua gestão foi transferida para o Departamento de Articulação e Gestão, da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, do Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional (MIDR). Desta forma, oficializando os dados históricos sobre desastres no país, fornecendo fonte única e oficial.

Para a distribuição de frequências das variáveis quantitativas, utilizou-se a regra de Sturges, amplamente reconhecida pela sua eficiência em determinar o número ideal de classes em distribuições de frequência. A aplicação do método seguiu a fórmula $k = 1 + 3,22 \log_{10} n$, onde k representa o número de classes e n é o tamanho da amostra. Esse procedimento permitiu a obtenção das frequências absoluta, relativa e acumulada da ocorrência de desastres para identificar os municípios mais impactados por diferentes tipos de desastres, oferecendo uma base quantitativa para a caracterização espacial e temporal das ocorrências.

Para avaliar o cumprimento das diretrizes do PNA pelo Estado da Bahia, realizaram-se consultas sistemáticas a fontes oficiais estaduais (Portal do Governo da Bahia, Portal da Transparência BA, Banco de Leis Estaduais) e federais (Gov.br, Portal da Transparência Federal). A avaliação reproduziu a abordagem do 1º Relatório de Monitoramento e Avaliação do PNA, do Ministério do Meio Ambiente, voltada a mensurar os avanços rumo aos objetivos do Plano. Construiu-se uma matriz de monitoramento qualitativo para o Setor Estratégia de Cidades, na qual cada diretriz foi classificada como “com alguma ação iniciada” ou “sem ação realizada”. Com base nessa classificação, estimou-se a proporção de diretrizes com ações iniciadas no estado.

Para representar o comportamento espaço-temporal, foram elaborados mapas temáticos no QGIS 3.40, contemplando dois períodos analíticos distintos (2003–2013 e 2014–2023). As análises abrangeram as ocorrências de eventos climatológicos, meteorológicos e hidrológicos

no estado da Bahia, conforme a classificação vigente, permitindo comparação espaço-temporal das principais categorias de desastres registradas. Adicionalmente, aplicaram-se análises estatísticas descritivas e inferenciais para caracterizar os municípios segundo variáveis associadas à vulnerabilidade socioambiental, estratificadas por bioma predominante. A base de dados foi tratada no R, com padronização de variáveis numéricas e tratamento de dados faltantes (substituição conforme critérios pré-estabelecidos).

Foram calculadas, para cada bioma, as médias ($\bar{X}$), os desvios-padrão amostrais (s) e o coeficiente de variação (CV) das seguintes variáveis: IDHM, PIB per capita, cobertura de esgotamento sanitário, taxa de escolarização (6–14 anos), população total, densidade demográfica, mortalidade infantil, área urbanizada, número de unidades de saúde do SUS, urbanização e arborização de vias públicas, percentual da população com renda $\leq \frac{1}{2}$ salário-mínimo e área territorial.

As estatísticas foram obtidas pelas expressões:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \quad (\text{Equação 1})$$

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (\text{Equação 2})$$

$$CV(\%) = \frac{s}{\bar{X}} \times 100\% \quad (\text{Equação 3})$$

em que X_i representa cada valor individual no conjunto de dados e n o número total de elementos na amostra.

O CV foi empregado para comparar a variabilidade relativa entre biomas e entre variáveis com diferentes escalas de medida onde, s é igual o desvio padrão, $\bar{x}$ é a média aritmética do conjunto de dados.

Foram aplicados, por bioma e para cada variável, o teste de normalidade de *Shapiro–Wilk* (H_0 : os dados provêm de distribuição normal) e o teste de homogeneidade de variâncias de *Levene* (H_0 : as variâncias são iguais), adotando-se $\alpha=0,05$. O *Shapiro–Wilk* (W), amplamente recomendado para amostras pequenas a moderadas, foi utilizado por sua alta sensibilidade na detecção de desvios da normalidade; sua estatística é dada por

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2} \quad (\text{Equação 4})$$

em que $x_{(i)}$ representa os valores ordenados da amostra em ordem crescente, $\bar{x}$: média amostral,

n : tamanho da amostra, a_i são os coeficientes calculados a partir da matriz de covariância de uma amostra normal padrão.

Para cada variável e bioma, a homocedasticidade foi avaliada pelo teste de *Levene*, adotando-se $\alpha=0,05$. Empregou-se a versão robusta (*Brown-Forsythe*), calculada a partir dos desvios absolutos em relação à mediana de cada grupo. A hipótese nula (H_0) postula igualdade de variâncias entre k grupos; rejeitou-se H_0 quando $p \leq 0,05$. Um resultado não significativo indica evidência de homogeneidade de variâncias, pré-requisito usual para procedimentos paramétricos (por exemplo, ANOVA e teste t). A estatística do teste pode ser escrita como:

$$L = \frac{(N-k) \sum_{i=1}^k n_i (\bar{Z}_{i.} - \bar{Z}_{..})^2}{(k-1) \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (Z_{ij} - \bar{Z}_{i.})^2} \quad (\text{Equação 5})$$

em que N é o tamanho da amostra; k é o número de grupos; n_i é o tamanho do i -ésimo grupo; Z_{ij} é o valor transformado (desvio absoluto) do j -ésimo dado no i -ésimo grupo; $\bar{Z}_i$ é a média dos valores transformados (Z_{ij}) para o i -ésimo grupo; $\bar{Z}_i$ é a média dos valores transformados (Z_{ij}) para o i -ésimo grupo; $\bar{Z}_{..}$ é a média geral de todos os valores transformados (Z_{ij}).

Quando os pressupostos de normalidade e homocedasticidade foram atendidos (valor- $p > 0,05$ nos testes de Shapiro-Wilk e Levene), aplicou-se ANOVA de uma via por bioma e variável. A ANOVA testa a hipótese nula $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ contra a alternativa H_1 : pelo menos uma média difere; a decisão baseou-se na estatística F e no valor- p , com $\alpha = 0,05$. Quando o efeito global foi significativo ($p < 0,05$), realizaram-se comparações múltiplas pelo pós-teste *Student-Newman-Keuls* (SNK) para identificar quais grupos diferiam entre si. Caso contrário, H_0 não foi rejeitada e não se procedeu a comparações *pós-hoc*.

Quando os pressupostos de normalidade e homocedasticidade não foram atendidos, aplicou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido do pós-teste de Dunn com correção de Bonferroni para comparações múltiplas ($\alpha=0,05$). o teste de Kruskal-Wallis (H) para comparar $k \geq 3$ grupos independentes, com base nos postos. Testou-se H_0 : as distribuições dos grupos são idênticas; contra H_1 : ao menos um grupo difere. A estatística é:

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1) \quad (\text{Equação 6})$$

em que N é o total de observações, n_i o tamanho do i -ésimo grupo e R_i a soma dos postos nesse grupo. A decisão foi tomada pela aproximação qui-quadrado com $k-1$ graus de liberdade ($\alpha=0,05$). Quando o efeito global foi significativo, realizaram-se comparações pareadas pelo teste de *Dunn*, com correção de multiplicidade (*Bonferroni* ou *Holm*) e relato de p -ajustado.

A análise de agrupamento, utilizada para identificar padrões, estruturas ou subpopulações em dados multivariados, foi conduzida pelo método hierárquico aglomerativo UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*). Esse método inicia com cada observação em um grupo independente e, em etapas sucessivas, une os pares com menor distância até a formação de um dendrograma único, recalculando as distâncias após cada fusão. As distâncias foram estimadas pela métrica euclidiana (d):

$$d(p, q) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (q_i - p_i)^2} \text{ (Equação 7)}$$

em que p e q representam dois pontos em n dimensões, e p_i e q_i são os valores da i -ésima variável. Essa métrica foi adotada por sua interpretação direta e eficiência computacional para conjuntos de dados de tamanho moderado.

A robustez dos agrupamentos foi avaliada por *bootstrap* ajustado (AU%) com 1000 reamostragens, técnica que estima a frequência de ocorrência de cada agrupamento nas árvores geradas. O AU% corrige o viés de subestimativa de confiança observado em abordagens convencionais, sendo valores próximos a 100% indicativos de agrupamentos altamente consistentes e não aleatórios.

A Análise de Componentes Principais (ACP) foi aplicada aos dados padronizados dos biomas predominantes dos municípios baianos utilizando a função *prcomp()* no software R. Essa técnica estatística de redução de dimensionalidade transforma variáveis correlacionadas em um novo conjunto de componentes principais (CPs) ortogonais, que capturam a máxima variância dos dados. A função *prcomp()* emprega a Decomposição por Valores Singulares (*Singular Value Decomposition* – SVD) para o cálculo dos componentes. A variância explicada por cada componente foi expressa como porcentagem da variância total, sendo também calculada a soma acumulada para avaliar a contribuição relativa dos CPs. Os autovalores, representando a magnitude da variância explicada, e os autovetores, que indicam as direções de máxima variância, foram analisados para identificar as variáveis mais influentes em cada componente. A matriz de correlação entre as variáveis originais foi calculada e representada por meio de biplots, destacando as variáveis de maior contribuição e

a proporção da variância explicada. Essa abordagem permitiu identificar padrões e diferenças estatisticamente relevantes entre os biomas em relação aos indicadores selecionados.

Resultados e Discussão

Ocorrência de Eventos no Estado

A análise dos dados obtidos na plataforma Atlas Digital (2024) revela a ocorrência de 4.302 eventos extremos no estado da Bahia entre 01 de janeiro de 2003 a 31 de dezembro de 2023 considerando os grupos climatológico, hidrológico, meteorológico, Geológico, Tecnológico e Biológico. Isso representa uma média anual de aproximadamente 205 eventos, conforme destacado pela linha azul na Figura 1. No entanto, observa-se uma clara tendência de crescimento na frequência desses eventos ao longo do tempo.

A Figura 1 apresenta a evolução anual dos desastres naturais na Bahia entre 2003 e 2023, destacando-se uma linha de tendência linear (linha pontilhada laranja) que evidencia trajetória ascendente a partir de 2012. O pico da série ocorreu em 2021, com 397 registros. Considerando apenas o período de 2014 a 2023, a média anual foi de 283 eventos, representada pela linha vermelha no gráfico, valor cerca de 110% superior à média de 135 eventos/ano observada entre 2003 e 2013.

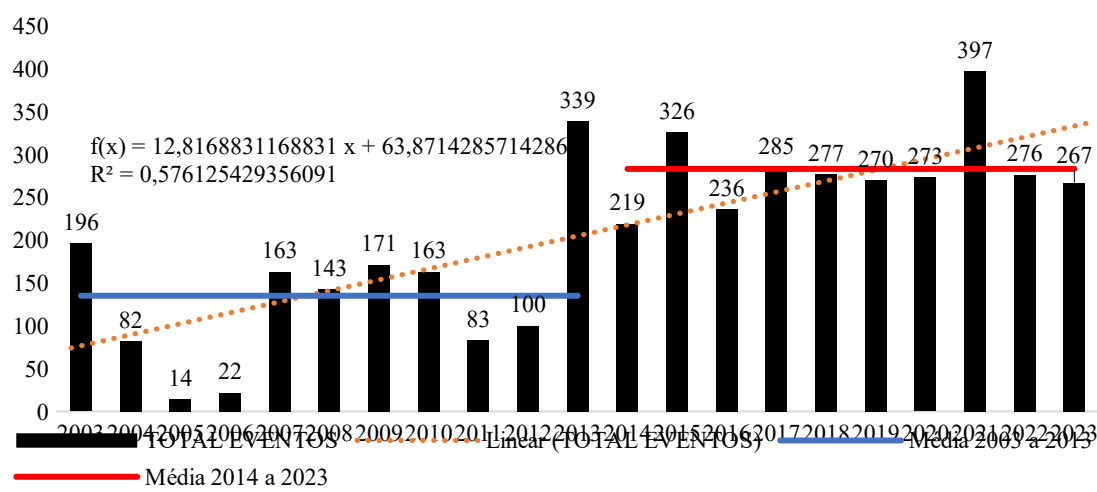


Figura 1. Ocorrência anual de desastres naturais no estado da Bahia no período de 2003 a 2023.

Fonte: Dados do Atlas Digital (2024); elaboração dos autores. A linha tracejada laranja mostra a tendência linear do número de eventos ao longo do tempo.

Esse crescimento recente pode refletir a intensificação das mudanças climáticas, o aumento da exposição e vulnerabilidade populacional, bem como avanços na detecção e registro dos eventos. A tendência linear estimada indica um incremento médio de 12,82 eventos por ano (coeficiente angular), com intercepto de 63,87. O coeficiente de determinação ($R^2 = 0,5761$) sugere que 57,61% da variação observada no número de eventos é explicada pela relação linear entre ano e ocorrências, enquanto 42,39% decorre de outros fatores não capturados pelo modelo. Ressalta-se que a tendência linear expressa a direção geral do fenômeno, não as flutuações anuais individuais.

Os resultados reforçam a hipótese de intensificação dos desastres ambientais na Bahia, alinhando-se a evidências científicas que relacionam as mudanças climáticas ao aumento da frequência e intensidade de eventos meteorológicos extremos, conforme reportado no Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022). Silva e Azevedo (2009) identificaram alterações significativas, ao longo dos últimos 36 anos, nos padrões de temperatura diária (máxima e mínima) e de precipitação anual nas microrregiões Oeste e Sudoeste da Bahia. Esse cenário reforça a urgência de implementar as medidas de adaptação previstas no Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA, 2016), com foco na redução da vulnerabilidade, no fortalecimento da resiliência e na preparação das comunidades para enfrentar os efeitos adversos desses eventos.

Entre 2003 e 2023, foram registrados eventos extremos em 409 dos 417 municípios baianos, correspondendo a 98% do território municipal. Essa abrangência reforça a relevância de análises em escala local para subsidiar políticas públicas adaptativas. A distribuição de frequências dos eventos, apresentada na Tabela 1, foi categorizada pelo método de *Sturges*. O número de registros por município variou de 1 a 47, sendo utilizado o ponto médio de cada classe como referência analítica. Observou-se que 160 municípios (39,12%) contabilizaram menos de nove eventos no período. Por outro lado, 60,88% registraram nove ou mais ocorrências, sugerindo ampla dispersão espacial e possível maior exposição ou vulnerabilidade dessas localidades a fenômenos adversos.

Tabela 1. Distribuição da frequência de eventos extremos por classes nos municípios baianos (2003–2023)

Classes (k)	Total de Eventos	Frequência Absoluta		Ponto Médio	Frequência Relativa	
		fi	Acumulada		fr	Acumulada
1	1 F 5	84	84	3,00	20,54%	20,54%
2	5 F 9	76	160	7,00	18,58%	39,12%
3	9 F 13	82	242	11,00	20,05%	59,17%
4	13 F 17	108	350	15,00	26,41%	85,57%

5	17 F 21	50	400	19,00	12,22%	97,80%
6	21 F 25	6	406	23,00	1,47%	99,27%
7	25 F 29	1	407	27,00	0,24%	99,51%
8	29 F 33	0	407	31,00	0,00%	99,51%
9	33 F 37	1	408	35,00	0,24%	99,76%
10	37 F 41	0	408	39,00	0,00%	99,76%
11	41 F 47	1	409	44,00	0,24%	100,00%

Fonte: Dados do Atlas Digital (2024); elaboração dos autores.

A classe 4 (13 F 17) foi a mais representativa em número de municípios atingidos (26,41%), indicando que 108 cidades baianas foram impactadas em média 15 vezes por eventos extremos no período analisado. Essa classe revela uma realidade preocupante, pois significa que mais de um quarto das 417 cidades da Bahia sofreram impactos significativos de eventos extremos. Retrata uma frequência alarmante, pois em média, essas cidades foram atingidas por um evento extremo a cada 16 meses. Essa frequência sugere que as comunidades têm pouco tempo para se recuperar e se adaptar entre um evento e outro.

A classe 5 (17 a 21 eventos) contempla 50 municípios, o que representa um número elevado de localidades com alta recorrência de desastres.

A classe 6 (21 a 25 eventos) que contempla 06 municípios estabelece a média de ao menos um evento por ano, visto que, se trata de um período amostral de 21 anos. Os municípios agrupados nessa classe foram: Brumado, Tanhaçu, Andorinha, Bom Jesus da Lapa e Senhor do Bonfim, todos com 21 registros, e ainda o município de Ibotirama com 23 registros.

Destaca-se, ainda, um grupo reduzido de três municípios que ultrapassaram a marca de 25 registros: Vitória da Conquista (27 eventos), Andaraí (35 eventos) e Jacobina, com 47 ocorrências — o maior número registrado no estado. Esses municípios configuram-se como áreas críticas para a gestão de riscos e merecem atenção especial nas estratégias de mitigação e adaptação frente às mudanças climáticas.

Foram registrados 20 diferentes tipos de desastres ocorridos na Bahia no período de 2003 a 2023, totalizando 4.302 ocorrências, porém os quatros eventos com maior incidência representam 91% de todos os registros. O evento Estiagem e Seca foi a causa de 3.037 registros, liderando o ranking do estado, representando 71% dos casos. Esse evento, cujo código é o 14.110 da Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), faz parte do grupo climatológico de desastres. Segundo a COBRADE (2024), a estiagem é período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua

reposição. A estiagem, enquanto desastre, produz reflexos sobre as reservas hidrológicas, causando graves prejuízos à agricultura e à pecuária.

Chuvas Intensas ficou em segundo lugar no ranking de tipo de desastre registrado com 422 registros, representando 10% dos casos. Esse evento faz parte do grupo de desastres meteorológicos e que ocorrem com acumulados significativos de precipitação, causando múltiplos desastres (ex.: inundações, movimentos de massa, enxurradas, etc.).

O terceiro evento mais incidente foram as enxurradas com 283 registros (7%). Esse evento é caracterizado por escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. O quarto evento mais ocorrido foram os incêndios florestais com 183 registros (4%).

Alguns registros específicos merecem destaque, como a ocorrência de um *tsunami* no município de Rio de Contas em 2013 e de 19 tremores de terra no estado. Esses últimos foram concentrados nos três anos finais do período analisado. Em 2022, registrou-se um evento em São Miguel das Matas e outro em Amargosa, que voltou a apresentar um tremor em 2023. O município de Jacobina, no Centro-Norte baiano, concentrou 16 ocorrências em 2023. De acordo com o LabSis (2023), responsável pelo monitoramento, as magnitudes variaram, mas a maioria foi de baixa intensidade na escala *Richter*. O evento mais intenso ocorreu em Jacobina, em 5 de janeiro de 2023, com magnitude de 2,7 mR. Esses registros evidenciam que o estado está suscetível a eventos extremos de diferentes categorias e intensidades.

Análise comportamento espaço temporal

A análise temporal dos eventos extremos no estado da Bahia entre os períodos de 2003–2013 e 2014–2023 revela um aumento expressivo na frequência de todos os tipos de eventos analisados — climatológicos, hidrológicos e meteorológicos (Figuras 2 e 3).

A análise espacial comparativa (Figura 2) entre os períodos de 2003–2013 e 2014–2023 englobando os grupos climatológico, hidrológico e meteorológico, revela um aumento na ocorrência de eventos extremos no estado da Bahia. De acordo com os dados apresentados, o número total de eventos saltou de 1.460 no primeiro período para 2.747 no segundo, representando um aumento de aproximadamente 88,15%. Esse crescimento foi perceptível espacialmente nos mapas (Figura 2), especialmente no Centro-Oeste, Norte e Sudoeste do estado, onde se observa um adensamento das tonalidades mais escuras no segundo período, indicando maior frequência de eventos extremos.

A categoria de eventos climatológicos foi a mais incidente, passando de 1.097 ocorrências (2003–2013) para 2.123 (2014–2023), o que representa um aumento de 93,53%. Tal padrão pode ser atribuído à intensificação de secas e incêndios florestais verificada nos dados analisados, fenômenos que têm sido amplificados pelas mudanças climáticas globais e cujos impactos são mais pronunciados em regiões semiáridas, como é o caso de vastas áreas do território baiano.

Neste contexto, registra-se a seca que castigou o semiárido brasileiro de 2012 a 2017, a qual foi a pior da história já registrada no país. Foram seis anos consecutivos de chuvas abaixo da média, conforme pode ser verificado pelo Banco de Dados Meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia, afetando também o estado da Bahia (INMET, 2019). A elevação também é evidente nos eventos hidrológicos, que passaram de 352 para 607 ocorrências, sinalizando um aumento na frequência de enchentes, enxurradas e deslizamentos, fenômenos com forte impacto socioeconômico e ambiental, sobretudo em áreas urbanas vulneráveis.

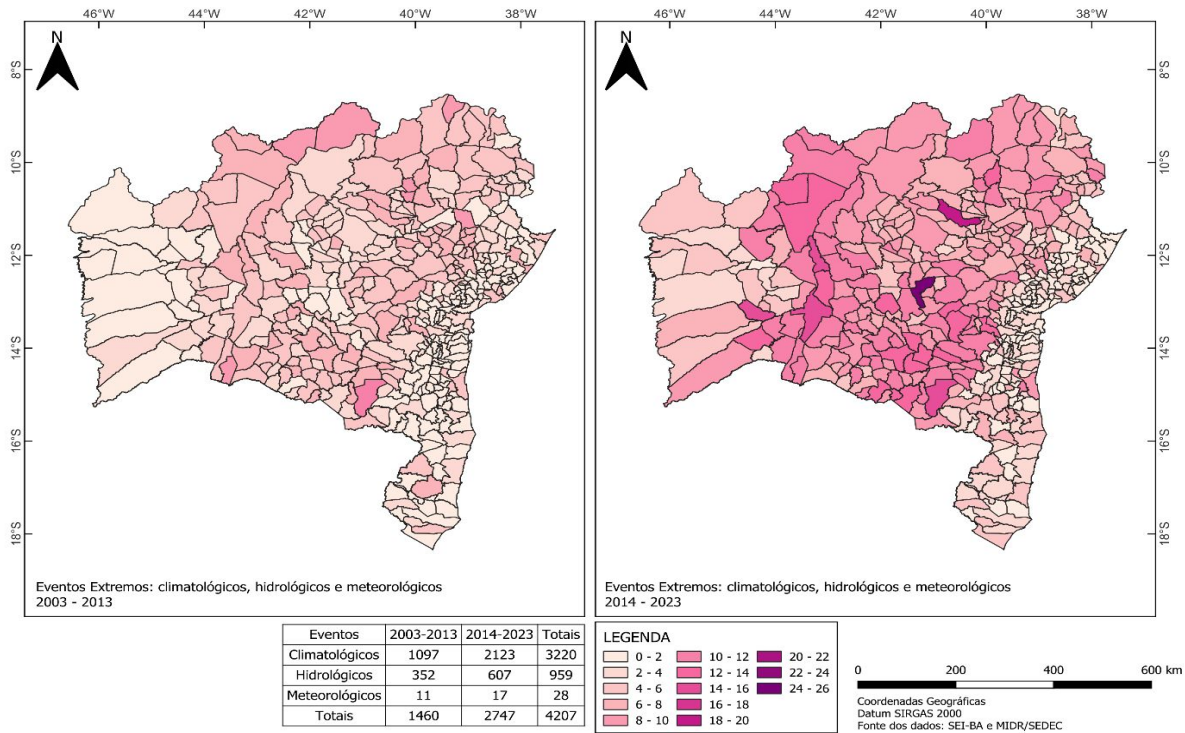


Figura 2. Distribuição espacial dos eventos extremos (climatológicos, hidrológicos e meteorológicos) na Bahia nos períodos de 2003–2013 e 2014–2023.
Fonte: Dados do Atlas Digital (2024); elaboração dos autores.

A análise espacial (Figura 2) indica ainda uma ampliação da dispersão dos eventos, afetando um maior número de municípios no segundo período (2014-2023). Enquanto no primeiro período a maior parte do território apresentava baixa incidência (0 a 4 eventos por município), no segundo período observa-se uma expansão das faixas intermediárias e superiores (8 a 20+ eventos), evidenciando uma intensificação e interiorização dos eventos extremos.

A interiorização dos eventos indica maior incidência nos biomas caatinga e cerrado, sendo que a caatinga é mais predominante no interior do estado, especialmente nas regiões mais secas, enquanto o cerrado se encontra em áreas como o centro-oeste, com vegetação de campo cerrado e árvores mais baixas. A intensificação dos eventos nessas regiões sugere correlação com as suas características, visto que, 69% dos eventos que ocorreram neste período foram relacionados a estiagem e seca, e 6% foram relacionados a incêndios florestais. A Caatinga é caracterizada pelo clima semiárido, com longos períodos secos e pouca chuva, tornando-a altamente suscetível à seca. O Cerrado, apesar de ter um clima tropical com duas estações bem definidas (seca e chuvosa), também sofre com períodos de seca prolongados.

Os municípios com maiores ocorrências no segundo período (2014-2023) foram: Jacobina com 39, Andaraí com 30, Ibotirama, Vitória da Conquista e Santa Maria da Vitória com 16 eventos cada. Todos estes municípios estão localizados no interior do estado, sendo a cidade de Santa Maria da Vitória, mais a oeste. Em Jacobina os eventos que mais ocorreram foram tremores de terra com 16 registros e incêndios florestais com 11 registros. Em Andaraí registrou-se 14 ocorrências de incêndios florestais e 09 de estiagem e seca. A ocorrência de estiagem e seca liderou os eventos para os demais municípios citados, sendo 09 registros em Vitória da Conquista, 09 registros em Santa Maria da Vitória e 10 registros em Ibotirama.

Na Figura 3 o comportamento espacial temporal foi especificado por grupo de eventos, permitindo um aprofundamento maior nas análises.

No que tange aos eventos climatológicos (Figuras 3A e 3B), destaca-se a migração de municípios das regiões norte e centro-oeste do estado de faixas inferiores (0 a 6 eventos) para categorias intermediárias e elevadas (9 a 18 eventos). Essa redistribuição espacial indica uma intensificação de secas severas e ondas de calor em zonas historicamente semiáridas, coerente com as projeções de aumento da variabilidade térmica e acentuado déficit hídrico em cenários de mudanças climáticas globais. Recentemente um estudo indicou a maior seca no Cerrado em 700 anos, com um aumento de temperatura de 1°C acima da média global (STRÍKIS et al.,

2024). Isso faz com que parte da chuva evapore antes de infiltrar no solo, concentrando as chuvas em períodos específicos e afetando o nível dos rios.

Com relação aos eventos hidrológicos (Figuras 3C e 3D), observa-se, no período mais recente, uma expansão significativa da ocorrência de enchentes e deslizamentos, especialmente no sul e extremo leste da Bahia. Nesses locais, a conjunção entre chuvas intensas e infraestrutura urbana precária tem potencializado os danos. A interiorização desses eventos — afetando municípios que antes apresentavam baixa incidência — reforça a urgência na revisão dos planos de manejo de bacias hidrográficas, bem como dos sistemas de drenagem em áreas urbanas e rurais.

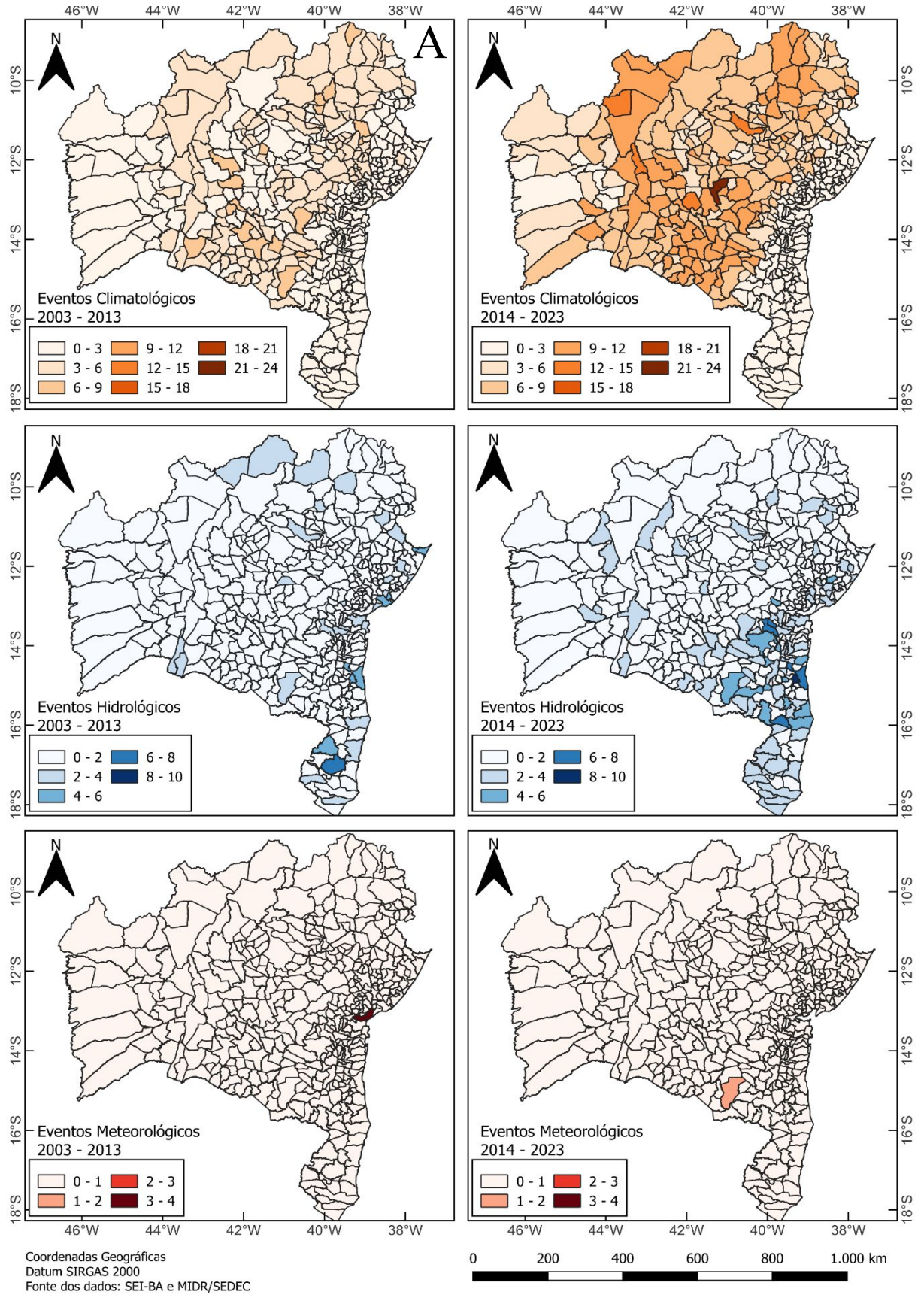


Figura 3. Distribuição Espacial dos Eventos Extremos na Bahia por Tipo e Período (2003–2013 vs. 2014–2023).

Fonte: Dados do Atlas Digital (2024); elaboração dos autores.

Quanto aos eventos meteorológicos (Figuras 3E e 3F), os quais são caracterizados por tempestades severas, granizo, ventos intensos, ciclones, tornados, temperatura extremas, dentre outros, oferecem riscos significativos as comunidades quando ocorrem. Nota-se pouca incidência destes tipos de eventos no estado, totalizando 28 ocorrências em todo período estudados, o que dar uma média de 1,65 evento por ano. Apenas dois tipos de eventos foram registrados - Vendavais e Ciclones com 20 ocorrências e tempestade de Granizo com 8 ocorrências. Esses eventos atingiram 24 cidades diferentes, sendo três município (Itapetinga, Santa Cruz da Vitória e Vitória da Conquista) atingidos por duas vezes cada. No primeiro período (2003 a 2013) foram registradas 11 ocorrências em 11 municípios diferentes, sendo 10 registros por Vendavais e Ciclones e 1 registros por tempestade de Granizo. No segundo período (2014 a 2023) foram registrados 17 eventos em 16 municípios diferentes. Dessa forma, constata-se que não há uma intensidade desses eventos no estado, nem diferenças significativas entre os períodos. Apenas ocorrências isoladas e com poucas repetições por municípios.

O aumento expressivo na frequência de eventos extremos e sua redistribuição espacial no território baiano exigem uma abordagem integrada e territorializada de gestão de riscos climáticos. Diante desse cenário, torna-se fundamental a adoção de estratégias adaptativas que considerem a diversidade das ameaças e as especificidades socioambientais de cada região. Uma das prioridades deve ser a regionalização das ações públicas, com foco na priorização de municípios que passaram a integrar categorias superiores de incidência em cada tipo de evento. Esses territórios requerem atenção diferenciada em termos de planejamento urbano, uso do solo e suporte institucional. Além disso, é imprescindível o fortalecimento da infraestrutura resiliente, por meio de investimentos direcionados à ampliação da capacidade de captação e armazenamento de água em áreas sujeitas à escassez hídrica, bem como à execução de obras de contenção e drenagem eficazes em zonas urbanas expostas a inundações e deslizamentos.

Outro eixo estratégico diz respeito à modernização dos sistemas de monitoramento climático e hidrológico, ampliando as redes de coleta de dados e incorporando tecnologias de modelagem preditiva que possibilitem a antecipação de eventos extremos com maior precisão. Essa capacidade de previsão é essencial para subsidiar planos de contingência mais eficazes e minimizar os danos socioeconômicos associados a esses eventos. Por fim, destaca-se a necessidade urgente de uma revisão dos critérios utilizados para o reconhecimento federal de situação de emergência e estado de calamidade pública, de forma a alinhar os parâmetros

oficiais à nova configuração dos riscos. Essa atualização é crucial para garantir a liberação oportuna e proporcional de recursos federais, otimizando a resposta dos municípios e estados diante de eventos cada vez mais frequentes e intensos.

Vulnerabilidades socioambientais

A análise dos indicadores de vulnerabilidade revelou diferenças estatisticamente significativas entre os biomas Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica em diversas dimensões sociais e estruturais (Tabela 2). O Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM) apresentou valores médios mais baixos na Caatinga ($0,58 \pm 0,03$), diferindo significativamente dos valores observados no Cerrado ($0,61 \pm 0,04$) e na Mata Atlântica ($0,61 \pm 0,05$), que não se diferenciaram entre si segundo o teste de Dunn. A dispersão relativa (CV%) foi maior na Mata Atlântica (7,57%). Apesar da proximidade numérica, a menor variação do IDHM na Caatinga e sua menor média refletem um cenário de maior vulnerabilidade humana.

Do ponto de vista econômico, o Produto Interno Bruto (PIB) per capita foi substancialmente inferior na Caatinga (R\$ 12.435,13 $\pm$ 7.559,48), diferenciando-se significativamente dos demais biomas, com o Cerrado apresentando a maior média (R\$ 55.453,16 $\pm$ 59.711,01), embora com alta variabilidade. A Mata Atlântica (R\$ 19.215,11 $\pm$ 27.068,27) apresentou valor intermediário, não diferindo estatisticamente do Cerrado. Os coeficientes de variação para esse indicador foram altos em todos os biomas, destacando desigualdades internas consideráveis, sobretudo na Mata Atlântica (140,87%).

Tabela 2. Indicadores de vulnerabilidade (socioeconômicos, demográficos e de infraestrutura) por bioma predominante nos municípios baianos.

Indicadores de Vulnerabilidades	Bioma predominante		
	Caatinga	Cerrado	Mata Atlântica
IDHM	0.58 ± 0.03^a	0.61 ± 0.04^b	0.61 ± 0.05^b
CV%	5.90	6.69	7.57
PIB per capita (R\$)	12435.13 $\pm$ 7559.48 ^a	55453.16 $\pm$ 59711.01 ^b	19215.11 $\pm$ 27068.27 ^b
CV%	60.79	107.68	140.87
Esgotamento sanitário adequado (%)	19.44 ± 19.04^a	14.58 ± 12.40^a	41.82 ± 25.38^b
CV%	97.93	85.06	60.69
Taxa de escolarização de 6 a 14 anos de idade (%)	97.47 ± 1.08^a	97.28 ± 1.29^{ab}	96.73 ± 1.71^b
CV%	1.11	1.32	1.76
População no último censo	23303.30 $\pm$ 24250.68 ^a	32656.44 $\pm$ 39466.64 ^a	47761.89 $\pm$ 191919.00 ^a
CV%	104.07	120.85	401.82

Densidade demográfica (hab/km ²)	23.20±24.46 ^a	8.10±7.88 ^b	111.61±379.8 ^{3c}
CV%	105.46	97.28	340.31
Mortalidade Infantil (óbitos por mil nascidos vivos)	16.78±8.73 ^a	15.83±8.01 ^a	17.57±9.59 ^a
CV%	52.03	50.59	54.59
Área urbanizada (km ²)	5.29±5.27 ^a	7.74±9.74 ^a	8.54±21.22 ^a
CV%	99.76	125.90	248.46
Estabelecimentos de Saúde SUS	11.32±9.67 ^a	10.56±11.31 ^a	16.87±35.64 ^a
CV%	85.38	107.14	211.29
Urbanização de vias públicas (%)	4.13±6.19 ^a	3.07±3.63 ^a	18.63±15.40 ^b
CV%	149.88	118.53	82.66
Arborização de vias públicas (%)	71.98±17.02 ^a	76.61±15.55 ^a	51.42±20.56 ^b
CV%	23.65	20.30	39.99
Percentual da população com rendimento nominal mensal per capita de até 1/2 salário-mínimo	52.70±3.69 ^a	52.02±6.85 ^a	47.93±4.78 ^b
CV%	7.01	13.17	9.96
Área da unidade territorial (km ²)	1549.49±1748.38 ^a	5920.16±4780.34 ^b	629.66±547.61 ^c
CV%	112.84	80.75	86.97

CV%: Coeficiente de Variação (%). Médias seguidas por letras diferentes na linha são estatisticamente significativas pelo teste de *Dunn* ($p < 0,05$). Elaboração: Autores.

No quesito saneamento (Tabela 2), a Caatinga e o Cerrado apresentaram os piores indicadores de esgotamento sanitário adequado, com médias próximas de 19,44% e 14,58%, respectivamente, sem diferenças estatísticas entre si, mas significativamente inferiores à Mata Atlântica (41,82±25,38%). Esse dado reforça a precariedade das condições sanitárias nas áreas mais interioranas. A taxa de escolarização de crianças de 6 a 14 anos foi alta nos três biomas, porém significativamente menor na Mata Atlântica (96,73%) quando comparada à Caatinga (97,47%). A diferença entre Cerrado e os demais não foi estatisticamente significativa. Já a densidade demográfica apresentou padrões distintos entre os biomas, sendo mais elevada na Mata Atlântica (111,61 hab/km²), seguida pela Caatinga (23,20 hab/km²) e Cerrado (8,10 hab/km²), com todas as médias diferindo entre si de forma significativa.

No tocante à mortalidade infantil, as médias variaram entre 15,83 e 17,57 óbitos por mil nascidos vivos, sem diferenças estatisticamente significativas entre os biomas. Já os dados de infraestrutura urbana mostram um cenário preocupante para Caatinga e Cerrado, com baixos percentuais de urbanização de vias públicas (4,13% e 3,07%, respectivamente), contrastando com a Mata Atlântica (18,63%), que apresentou diferença estatisticamente significativa. A arborização de vias públicas foi maior na Caatinga (71,98%) e no Cerrado (76,61%), ambas superiores ao valor observado na Mata Atlântica (51,42%), que apresentou

diferença significativa. Este achado pode estar relacionado à ocupação urbana mais densa e desordenada em regiões da Mata Atlântica, onde o espaço para arborização é mais restrito.

No que se refere à população com rendimento per capita de até meio salário-mínimo, os maiores percentuais foram encontrados na Caatinga (52,70%) e no Cerrado (52,02%), estatisticamente superiores à Mata Atlântica (47,93%). Tal dado sugere maior vulnerabilidade econômica nas áreas interioranas, mesmo que a renda média do Cerrado tenha sido inflacionada por municípios com alta concentração de atividades do agronegócio. Por fim, as áreas territoriais médias foram significativamente diferentes entre os biomas, com o Cerrado apresentando os maiores municípios em extensão (5.920,16 km²), seguido pela Caatinga (1.549,49 km²) e pela Mata Atlântica (629,66 km²). Essas diferenças refletem padrões distintos de ocupação e divisão político-administrativa.

A análise da cobertura de esgotamento sanitário adequado nos municípios baianos, estratificada por bioma predominante (Tabela 3), revela disparidades marcantes na infraestrutura sanitária entre as regiões ecológicas do estado. No bioma Caatinga, observa-se um predomínio alarmante de municípios com baixa cobertura de esgotamento sanitário (0–40%), totalizando 190 municípios, o que representa 84,4% do total dentro desse bioma. Apenas dois municípios da Caatinga (0,9%) possuem mais de 80% de cobertura, evidenciando extrema vulnerabilidade sanitária da região semiárida. No bioma Cerrado, o cenário é ainda mais crítico: 94,4% dos municípios (17 de 18) apresentam cobertura inferior a 40%.

Esses dados reforçam a persistente negligência histórica nas políticas públicas voltadas ao saneamento básico em áreas de transição e menor densidade populacional, muitas vezes invisibilizadas nas estratégias de investimento. O Instituto Trata Brasil (2023), em seu relatório descreve que a universalização do saneamento básico no Brasil enfrenta seu maior desafio nas áreas rurais e municípios de pequeno porte, onde a viabilidade econômica dos modelos tradicionais de rede é baixa e o investimento, por habitante, se torna proibitivo sem políticas públicas diferenciadas.

Por outro lado, a Mata Atlântica apresenta um perfil mais equilibrado em relação a cobertura de esgotamento sanitário. Embora 48,3% dos municípios desse bioma ainda estejam na faixa de menor cobertura (0–40%), quase a mesma proporção (47,1%) encontra-se na faixa intermediária (40–80%), e 4,6% já atingem níveis considerados satisfatórios (80–100%). Esses dados sugerem uma distribuição mais heterogênea da infraestrutura de saneamento nas

áreas de Mata Atlântica, possivelmente refletindo desigualdades intra-regionais ligadas à urbanização, capacidade fiscal e priorização política.

Tabela 3. Distribuição dos municípios baianos segundo o percentual de cobertura de esgotamento sanitário adequado e bioma predominante

Bioma predominante	Cobertura de esgotamento sanitário adequado	Número de municípios	% dos municípios no bioma
Caatinga	0–40%	190	84,4%
	40–80%	33	14,7%
	80–100%	2	0,9%
Cerrado	0–40%	17	94,4%
	40–80%	1	5,6%
Mata Atlântica	0–40%	84	48,3%
	40–80%	82	47,1%
	80–100%	8	4,6%

Fonte: Autores.

A matriz de distâncias euclidianas obtida a partir dos dados padronizados indica maior similaridade entre os biomas Cerrado e Caatinga ($d = 3,75$) em comparação à relação de ambos com a Mata Atlântica ($d=5,51$ para Caatinga–Mata Atlântica e $d=5,79$ para Cerrado–Mata Atlântica). Esses valores sugerem que, considerando os indicadores analisados, Cerrado e Caatinga compartilham características mais próximas entre si do que em relação à Mata Atlântica. Essa proximidade pode refletir aspectos ecológicos e climáticos comuns entre Cerrado e Caatinga, como a maior influência de regimes sazonais de precipitação e maior tolerância a condições de déficit hídrico, fatores que contrastam com as condições mais úmidas e biodiversidade característica da Mata Atlântica. Tais resultados corroboram estudos prévios que destacam transições ecológicas e gradientes ambientais contínuos entre Cerrado e Caatinga no território baiano, enquanto a Mata Atlântica apresenta maior singularidade ecológica e funcional.

Tais resultados corroboram estudos prévios que indicam gradientes ecológicos contínuos entre o Cerrado e a Caatinga no território baiano, enquanto a Mata Atlântica se destaca por sua singularidade ecológica e funcional. Por exemplo, Terra et al. (2018) demonstraram que os gradientes climáticos e edáficos desempenham papel central na composição vegetacional, diversidade e características funcionais em transições entre Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga, evidenciando conexões ecológicas entre o Cerrado e a Caatinga. Além disso, Sano et al. (2019) destacam que o Cerrado compartilha zonas de

transição ecológica com diversos biomas brasileiros, inclusive com a Caatinga, reforçando essa conexão contínua entre esses ecossistemas

Na Figura 4 está apresentado o dendrograma gerado com o método UPGMA (média agrupada), utilizando a distância euclidiana e valores de *bootstrap* ajustados (AU%) com 1000 reamostragens. A análise foi realizada com base na média de treze indicadores socioambientais de vulnerabilidade nos municípios da Bahia, agrupados por bioma predominante. O dendrograma revela três agrupamentos principais: Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado, com destaque para a robustez do agrupamento entre Caatinga e Cerrado, que obteve AU = 98,2%, indicando alta confiabilidade estatística. Esse valor sugere que a semelhança média entre os municípios pertencentes à Caatinga e ao Cerrado é significativamente maior entre si do que com a Mata Atlântica.

O fato de a Mata Atlântica formar um grupo isolado, mais distante dos demais, pode ser explicado por suas características socioambientais distintas. Municípios com esse bioma predominante tendem a apresentar maior urbanização, densidade demográfica elevada, maior presença de infraestrutura de saneamento básico, bem como indicadores sociais mais favoráveis, como PIB per capita e IDHM superiores à média observada nos municípios do Cerrado e da Caatinga como demonstrado na Tabela 2. Já o agrupamento Caatinga–Cerrado, embora ecologicamente distintos, compartilha similaridades nos indicadores médios de vulnerabilidade (Tabela 2; Figura 4). Esses biomas são marcados por menor cobertura de infraestrutura urbana, baixa arborização e urbanização das vias públicas, além de valores inferiores em escolarização e saneamento, o que possivelmente explica sua proximidade no espaço multivariado.

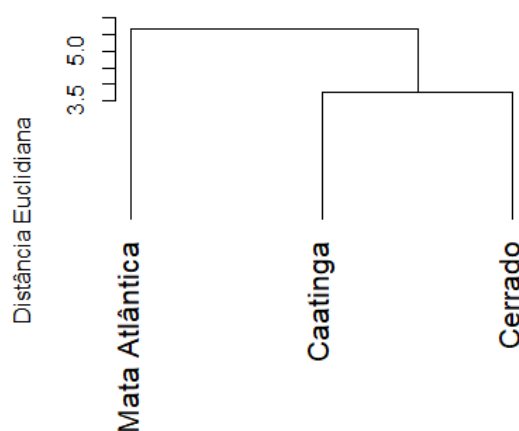


Figura 4. Dendrograma dos biomas predominantes nos municípios da Bahia com base nos indicadores de vulnerabilidade.

Elaboração: Autores.

A Análise de Componentes Principais (ACP), representada na Figura 5, foi conduzida com base na padronização de variáveis socioambientais e de infraestrutura relacionadas à vulnerabilidade nos municípios baianos, agrupados por bioma predominante. A análise de componentes principais (ACP) revelou que o primeiro componente principal (PC1) explica 73,18% da variância total dos dados, enquanto o segundo componente (PC2) explica 26,82%. O terceiro componente (PC3) não explicou variância significativa, com 0% de contribuição. Esses resultados indicam que os dois primeiros componentes principais capturam a maior parte da variabilidade dos dados, sendo o PC1 o mais relevante para a explicação da estrutura dos biomas predominantes nos municípios baianos, com base nos indicadores de vulnerabilidade.

O primeiro componente principal (PC1) explica uma quantidade significativa da variância nos dados, com um autovalor de 9,51. Isso indica que a maior parte da variabilidade dos dados pode ser atribuída a este componente. O segundo componente (PC2) tem um autovalor de 3,49, o que sugere que ele também contribui de maneira considerável para a explicação da variância. O terceiro componente (PC3), com um autovalor próximo de zero, indica que ele não tem importância significativa na explicação da variabilidade dos dados. Isso sugere que os dois primeiros componentes são os mais informativos, e o terceiro não traz novas informações úteis.

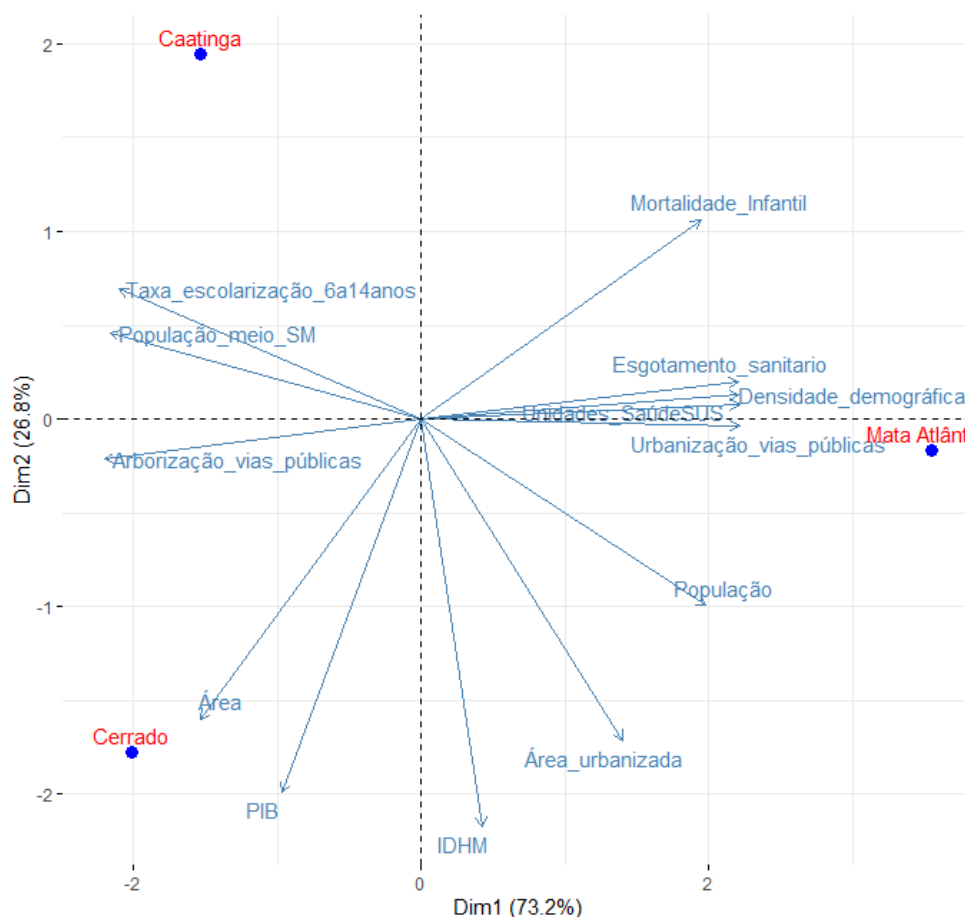


Figura 5. Dispersão dos componentes principais 1 e 2 dos biomas predominantes nos municípios baianos, em relação aos indicadores de vulnerabilidade. Elaboração: Autores.

Os autovetores indicam a direção dos componentes principais, ou seja, quais variáveis são mais influentes em cada componente (PC1 e PC2). As variáveis com maior influência em PC1 são: Estabelecimentos de Saúde SUS (0,324), Densidade demográfica (0,324), Esgotamento sanitário (0,323), Arborização em vias públicas (-0,322), Mortalidade Infantil (0,284) e quantitativo populacional (0,289). Já as variáveis mais influentes em PC2 incluem: PIB (-0,481), Área urbanizada (-0,414), Taxa escolarização de 6 a 14 anos (0,167) e a urbanização em vias públicas tem uma influência muito pequena em PC2 (-0.008).

O primeiro e o segundo componentes principais (Dim1 e Dim2) explicam conjuntamente 100% da variabilidade total dos dados, sendo 73,2% pelo primeiro componente principal (Dim 1) e 26,8% pelo segundo componente principal (Dim2). Isso indica que a estrutura dos dados pode ser interpretada com boa fidelidade no plano bidimensional. A Dim 1 diferencia os municípios principalmente em função de características socioeconômicas e urbanas.

À direita da Figura 5, observam-se variáveis como população, densidade demográfica, urbanização das vias públicas, IDHM, PIB e área urbanizada, que são marcadores típicos de maior desenvolvimento urbano. Já à esquerda, se opõem a essas variáveis as taxas de escolarização, população com renda inferior a meio salário-mínimo e arborização das vias públicas, associadas a contextos de maior vulnerabilidade social e ambiental.

A Dim2, por sua vez, destaca a mortalidade infantil como variável mais bem representada, junto com esgotamento sanitário e unidades de saúde SUS, evidenciando a relevância dos serviços básicos de saúde e saneamento como fatores de diferenciação adicional entre os grupos de municípios (Figura 5). A posição relativa dos biomas predominantes (representados por pontos) mostra que o bioma Mata Atlântica se associa fortemente a municípios com maior urbanização, maior densidade populacional, melhor infraestrutura básica e melhores indicadores socioeconômicos (como IDHM e PIB). Já a Caatinga se posiciona mais próxima dos vetores de baixa escolarização, baixa renda e menor arborização urbana, sugerindo maior vulnerabilidade socioambiental.

O bioma Cerrado, embora próximo da Caatinga, aparece um pouco mais deslocado em relação a variáveis como mortalidade infantil e acesso a unidades de saúde, apontando para diferenças específicas nos desafios enfrentados. Esses padrões confirmam os achados do dendrograma (Figura 4), reforçando a distância da Mata Atlântica em relação aos demais biomas, e a proximidade entre Caatinga e Cerrado em termos de perfis de vulnerabilidade. A ACP, portanto, permite identificar gradientes territoriais de vulnerabilidade, relevantes para o planejamento de ações específicas em contextos ecológicos distintos.

No contexto geral, a Bahia apresenta ainda dados alarmantes relacionados à pobreza. Dados do IBGE (2024) posiciona o estado como o segundo do país em número absoluto de pessoas pobres, com 6,9 milhões de pessoas pobres, representando 46% da população do estado. O IBGE usa como critério para definição da linha da pobreza a metodologia do Banco Mundial, o qual em valores convertidos, entende como pobre aquele cuja renda domiciliar per capita mensal era menor que R\$667. Os dados ainda revelaram que 8,8% da população do estado vive em condição de extrema pobreza, situação que retrata pessoas que vivem com rendimento domiciliar per capita mensal menor do que R\$210. Levantamento da Rede RBPSSAN (2022) destacou que 12,9% da população baiana vive em situação de insegurança alimentar grave, que é a redução quantitativa de alimentos e/ou ruptura nos padrões de alimentação resultante da falta de alimentos entre adultos, crianças ou privação de alimentos que resultam em fome. Sen (1999) argumenta que a pobreza e a desigualdade social são os

principais motores dessa vulnerabilidade, enquanto o IPCC (2007) reconhece a pobreza como um dos elementos que mais aumentam a sensibilidade das populações aos efeitos adversos das mudanças climáticas — tornando-se, portanto, um componente-chave para a avaliação da vulnerabilidade populacional.

Os dados relacionados à pobreza no estado evidenciam também a vulnerabilidade econômica. Corroborando com esse contexto, o último Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do estado medido em 2021 foi de 0,691 numa escala que varia de 0 a 1, enquadrando-se na categoria média, o que evidencia que o estado ocupa uma posição intermediária em seu desenvolvimento, enfrentando desafios significativos para alcançar um nível de desenvolvimento humano mais elevado. A taxa de desemprego atinge 9,7% da população, a qual tem diminuído, mas que ainda é a maior do país juntamente com o estado de Pernambuco.

A vulnerabilidade ambiental também destaca como agravante aos danos provocados por desastres. Essa vulnerabilidade está relacionada a questões como o desmatamento de encostas, a poluição dos mananciais de água, o esgotamento do solo devido a práticas agrícolas inadequadas, queimadas e o descarte incorreto de lixo. Os dados de desmatamento no estado são alarmantes.

O relatório anual do MAPBIOMAS (2022) destaca a Bahia como o quinto estado com maior desmatamento no Brasil. O desmatamento de encostas proporciona a ocupação irregular dessas áreas. Schlee (2013) defende que os espaços livres localizados nas encostas são fundamentais para fortalecer a proteção das florestas e a capacidade de suporte, de amortecimento e de adaptação a impactos e transformações nas encostas urbanas, contribuindo para fortalecer a resiliência e a sustentabilidade destes sistemas paisagísticos.

Dados do IBGE (2022) apontam que apenas 52,2% dos cidadãos eram atendidos por rede de esgoto no estado e que 6,7 milhões de pessoas, não tinham acesso ao esgotamento sanitário por rede geral ou pluvial nem via fossa ligada à rede de esgoto, fator que proporciona a poluição de rios e mananciais. O mesmo levantamento indica ainda que apenas 82,7% da população tinha o lixo do domicílio coletado direta ou indiretamente, demonstrando que parte do lixo produzido pode estar sendo descartado de forma irregular, podendo causar não só poluição, como também entupimentos de bueiros e redes pluviais, o que muitas vezes resultam em alagamentos.

As vulnerabilidades de uma localidade são oriundas de condições adversas, como ambientais e sociodemográficas, as quais precisam ser compreendidas e tratadas pelo poder

público. Bittencourt (2024) descreve que alguns estados estão elaborando instrumentos de análise de suas vulnerabilidades aos eventos climáticos, a exemplo de Goiás com o Programa Goiás Resiliente, o qual tem a proposta de contribuir para o fortalecimento das capacidades técnicas e operacionais das defesas civis municipais e outros agentes públicos, além de incentivar políticas de redução de riscos de desastres e medidas de adaptação no âmbito local.

Neste contexto de vulnerabilidades do estado da Bahia, a efetiva implementação do Plano Nacional de Adaptação (PNA) poderá ser de grande relevância para o estado, pois um dos seus objetivos é reduzir a vulnerabilidade aos impactos das mudanças climáticas por meio da criação de capacidade adaptativa e resiliência. Considerando a vulnerabilidade das pessoas e das comunidades, mediante a intensidade e frequência dos desastres, os quais têm ocasionado perdas e prejuízos econômicos, sociais e ambientais, é imprescindível a aplicação de medidas para manejar o risco e diminuir os impactos negativos causados pelos desastres.

Avaliação do PNA na Bahia

O Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima (PNA) no Brasil surgiu como resposta à necessidade de enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas no território brasileiro, posicionando o país com uma agenda mundial relacionada ao conceito de adaptação. O tema sobre adaptação às mudanças climáticas ganhou relevância sobretudo a partir de 2011, com o estabelecimento do Marco de Adaptação de Cancun (UNFCCC, 2010), durante a COP16, a qual representou um avanço significativo no reconhecimento da importância da adaptação às mudanças climáticas. Princípios e diretrizes foram definidos para orientar os esforços globais de adaptação, com foco especial nos países em desenvolvimento mais vulneráveis. Dentre as definições, o marco incentivou os países a desenvolverem Planos Nacionais de Adaptação (PNA) para identificar suas necessidades de adaptação e priorizar ações.

Porém, um ano antes da COP16, em 2009, o Brasil já tinha estabelecido a sua Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC). A PNMC, foi um marco fundamental, fornecendo a base legal para a elaboração do PNA. Ela reconheceu a importância da adaptação como uma das principais estratégias para lidar com os impactos das mudanças climáticas.

No Brasil, o Plano Nacional de Adaptação à Mudanças Climáticas só foi criado em 2016, seis anos após a COP16. Ele surgiu como um instrumento essencial para o Brasil

enfrentar os desafios das mudanças climáticas, buscando promover a adaptação e reduzir os riscos associados a esses fenômenos.

O PNA (2016) foi estruturado em dois volumes. O Volume I - Estratégia Geral – apresenta e detalha os componentes estruturais do plano: base legal, objetivos, metas e governança. O Volume II - Estratégias Setoriais e Temáticas - discute as principais vulnerabilidades do país frente à mudança do clima, apontando diretrizes para inserir a gestão do risco associado à mudança do clima visando incrementar a resiliência climática de 11 setores e temas, sendo eles: Agricultura, Biodiversidade e Ecossistemas, Cidades, Desastres Naturais, Indústria e Mineração, Infraestrutura (Energia, Transportes e Mobilidade Urbana), Povos e Populações Vulneráveis, Recursos Hídricos, Saúde, Segurança Alimentar e Nutricional e Zonas Costeiras.

O presente artigo buscou verificar o quanto o estado da Bahia está empenhado na implementação dessas metas, focando apenas no Volume II no setor relacionado a Cidades, o qual é composto por 15 diretrizes, conforme Tabela 2.

Na Tabela 4 estão relacionadas as metas estabelecidas para o setor e a resposta pesquisada em relação ao cumprimento da meta por parte do estado, onde a descrição “Com alguma ação iniciada” indica que a ação já foi iniciada e a descrição “Sem ação realizada” indica que nada foi realizado ainda.

Tabela 4. Alcance das metas do PNA 2016 pelo estado Bahia até o ano de 2024

Setores	Descrição das Diretrizes	Com alguma ação iniciada	Sem ação realizada
Estratégias de Cidades (3)	1. Promover a articulação federativa entre as três esferas de governo	X	
	2. Considerar a adaptação à mudança do clima na promoção da reabilitação de áreas urbanas consolidadas, degradadas e com infraestrutura instalada	X	
	3. Considerar a adaptação à mudança do clima na promoção da urbanização de assentamentos precários	X	
	4. Considerar a adaptação à mudança do clima na produção de habitação social em escala	X	
	5. Fortalecer os processos de planejamento da expansão urbana com a perspectiva de prevenção à ocorrência de desastres naturais e o surgimento de riscos	X	
	6. Fortalecer as ações relacionadas a obras de contenção de encostas e elaboração de Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR)		X
	7. Considerar a adaptação à mudança do clima na implementação do Plano Nacional de Saneamento Básico (Plansab)	X	

8. Fortalecer as ações de Drenagem Urbana Sustentável		
9. Apoiar a implementação e melhorias dos sistemas de abastecimento de água e de esgotamento sanitário	X	
10. Apoiar as ações de melhoria dos sistemas de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos	X	
11. Apoiar a gestão e disseminação de informações relacionadas às mudanças climáticas	X	
12. Apoiar o desenvolvimento de estudos sobre os impactos das mudanças climáticas nas diferentes cidades		X
13. Apoiar a formação e capacitação de recursos humanos e a disseminação de recursos tecnológicos para o uso e gerenciamento de informações		X
14. Considerar a adaptação à mudança do clima no aperfeiçoamento de modelos de planejamento urbano	X	
15. Apoiar a coordenação de iniciativas para a revisão de normas técnicas e regulamentação de parâmetros edílios e urbanísticos	X	
Total de Diretrizes com ação iniciada ou sem realização	12	3

Fonte: Autores.

Foi encontrado nos sites oficiais do governo do estado a publicação de ações que indicam que 80% das diretrizes elencadas no Plano Nacional de Adaptação (PNA, 2016) para o setor Estratégia de Cidades já têm algum tipo de ação iniciada no estado da Bahia. Dentre os destaques está o Plano Estadual de Meio Ambiente da Bahia (PEMA) atualizado em 2024. Este plano abrange diferentes formas de atuações do poder público sob os aspectos socioambientais no Estado com vinculação aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável – ODS. O PEMA é subdividido em 10 temas, e o primeiro tema do plano é o enfrentamento às mudanças climáticas, estando assim alinhado com as diretrizes do PNA, a exemplo do item 2 que trata em considerar a adaptação à mudança do clima na promoção da reabilitação de áreas urbanas consolidadas, degradadas e com infraestrutura instalada.

O PEMA trata objetivos para o tema saneamento ambiental cujas ações visam promover a garantia da qualidade, do tratamento adequado e do abastecimento de água potável, a limpeza urbana e o manejo de resíduos sólidos urbanos, a coleta, o transporte e o tratamento de esgoto sanitário, a drenagem e o manejo de águas pluviais urbanas e o controle de vetores e reservatório de doenças (Netto et al., 2009). Estes objetivos alinham-se às diretrizes 7, 9 e 10 do PNA no setor de estratégias de cidades, demonstrando assim ações iniciadas. Os dados divulgados pelo IBGE (2022) evidenciam esses avanços em relação aos dados de 2010. A quantidade de pessoas no Estado com acesso a esgotamento sanitário subiu de 43,1% para 52,2%, representando um aumento de 9,1%. Quanto ao acesso à água tratada o aumento foi de 79,2% para 86,7%, crescimento de 7,5%. Esses dados são o resultado das

ações desenvolvidas em diversos municípios, a exemplo da capital Salvador, à qual alcançou 99,56% de acesso a água tratada.

Concomitante a esses avanços, está em processo de elaboração o Plano Estadual de Saneamento Básico (PESB/BA) que abrangerá os 417 municípios baianos o qual possibilitará a implementação de programas, projetos e ações compatíveis com as especificidades regionais e municipais, capazes de modificar a situação atual para a condição desejada de saneamento básico.

O estado realizou em março de 2025 a 4ª Conferência Estadual do Meio Ambiente (CEMA), evento em que o poder público juntamente com a sociedade civil e setor empresarial apresentaram e desenvolveram propostas voltadas aos eixos temáticos: Mitigação; Adaptação e Preparação para Desastres; Justiça Climática; Transformação Ecológica e Governança e Educação Ambiental. Como resultado dessa conferência foram eleitas 20 propostas para mitigação e adaptação aos efeitos da mudança do clima, as quais passam a fazer parte da política estadual no combate aos efeitos das mudanças climáticas no estado. Eventos como este evidenciam as ações do estado em atender as diretrizes estabelecidas no PNA, a exemplo da diretriz 11 que estabelece a necessidade de apoiar a gestão e disseminação de informações relacionadas às mudanças climáticas e a 14 que trata de considerar a adaptação à mudança do clima no aperfeiçoamento de modelos de planejamento urbano.

A diretriz número 3 está relacionada à necessidade de considerar a adaptação à mudança do clima na promoção da urbanização de assentamentos precários. Neste sentido, está em execução no estado o Programa Bahia Regulariza de iniciativa da Secretaria de Desenvolvimento Urbano (SEDUR). Este programa visa promover a regularização fundiária de forma integrada, sustentável e inclusiva no estado, em alinhamento com a Lei 11.041/2008, que estabelece a Política Estadual de Habitação de Interesse Social. Alguns municípios baianos também foram contemplados com o projeto de Regularização Fundiária do Novo Pac, programa do Governo Federal, o qual tem por objetivo ampliar a regularidade de moradias periféricas.

Quanto à Diretriz número 4 que relata a necessidade de considerar a adaptação à mudança do clima na produção de habitação social em escala, a Bahia tem atendido esse objetivo na execução dos programas habitacionais em desenvolvimento no estado. O mais amplo deles é o programa Minha Casa Minha Vida em parceria com o governo federal, o qual só no ano de 2024 firmaram 58.759 contratações de unidades habitacionais. Conforme relatório de monitoramento Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2017), o Programa

passou por um conjunto de revisões e aprimoramentos visando à qualificação dos empreendimentos e unidades habitacionais produzidas. Foram instituídas especificações urbanísticas para os empreendimentos visando a maior sustentabilidade, atendendo assim às diretrizes do PNA.

Em alinhamento com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), o estado da Bahia tem trabalhado na atualização e revisão do Estudo da Rede Urbana da Bahia de 2011, buscando a implementação do Plano de Desenvolvimento Integrado - PDI Bahia 2035, visando tornar a economia do estado mais dinâmica, sustentável e inclusiva até 2035. O PDI objetiva conceber um novo modelo de desenvolvimento, fundado no crescimento urbano socialmente e ambientalmente equilibrado e sustentável, estando assim alinhado com a diretriz número 5 que trata da necessidade de fortalecer os processos de planejamento da expansão urbana com a perspectiva de prevenção à ocorrência de desastres naturais e o surgimento de riscos.

Em relação a diretriz número 6 a qual estabelece a necessidade de fortalecer as ações relacionadas a obras de contenção de encostas e elaboração de Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR), não foi encontrado nos veículos de informações do governo ou em legislações atuais requisitos que validam esse fortalecimento das ações, encontrando apenas ações de respostas aos desastres acontecidos. Não encontraram-se evidências de ações de planejamento e execução dessas ações. Dentre os 417 municípios baianos, apenas os municípios de Ilhéus e Candeias possuem o Plano Municipal de Redução de Riscos (PMRR), o que representa menos de 0,5% dos municípios. Dessa forma, o cumprimento desta diretriz foi considerado como não iniciada.

Quanto às diretrizes 12 e 13 também não foi evidenciado ações que justifiquem a indicação de que tenham ações iniciadas. A diretriz versa sobre apoiar o desenvolvimento de estudos sobre os impactos das mudanças climáticas nas diferentes cidades e a formação e capacitação de recursos humanos e a disseminação de recursos tecnológicos para o uso e gerenciamento de informações. Não encontrou-se um plano ou programa de governo voltado exclusivamente para esse apoio ou que incluam essa temática no contexto de outros planos.

A diretriz número 15 considera-se iniciada mediante as atualizações do Plano Estadual de Meio Ambiente da Bahia (PEMA) e da implementação do Plano de Desenvolvimento Integrado - PDI Bahia 2035.

Conclusões

A análise mostra que a vulnerabilidade—social, econômica e estrutural—varia conforme o bioma predominante, exigindo estratégias regionais e planos de ação adaptados às realidades locais. Municípios da Caatinga e do Cerrado apresentam piores indicadores de IDH, renda e saneamento, o que os torna especialmente frágeis diante da alta frequência de eventos extremos. De acordo com a pesquisa realizada conclui-se que 98% dos municípios baianos foram afetados por desastres naturais entre 2003 e 2023, sendo que 60% registraram mais de oito ocorrências no período analisado. Esse histórico reforça o alerta do PNA (2016) sobre a intensificação dos riscos socioambientais em função do desenvolvimento territorial e das mudanças climáticas.

Quanto ao empenho do estado da Bahia quanto à implementação das diretrizes do PNA no setor “Estratégia de Cidades”, 80% já contam com alguma ação em curso, embora a cobertura ainda seja incompleta. Destacam-se o Plano Estadual de Meio Ambiente da Bahia (PEMA 2024) e o em elaboração Plano Estadual de Saneamento Básico (PESB/BA). Três diretrizes permanecem sem evidência de implementação. É urgente ampliar investimentos em saneamento básico, serviços de saúde e redes de proteção social, sobretudo nos municípios mais vulneráveis. Além disso, recomenda-se uma avaliação abrangente da implementação do PNA em todos os seus setores, de modo a fortalecer a resiliência territorial e promover um desenvolvimento mais justo e sustentado em toda a Bahia.

REFERÊNCIAS

BITTENCOURT, A. **Goiás Resiliente**: Estado vai orientar municípios para lidar com mudanças climáticas. Mais Goiás [2024]. Disponível em: <https://www.maisgoias.com.br/cidades/goias-resiliente-estado-vai-orientar-municipios-para-lidar-com-mudancas-climaticas/>. Acesso em: 18/02/2025.

BAENINGER, R. **População e Cidades**: subsídios para o planejamento e para as políticas sociais. Campinas-SP: Núcleo de Estudos de População - Nepo/Unicamp; Brasília: UNFPA, 2010.

BAHIA. **Lei Nº 11.041, de 07 de maio de 2008**. Institui a Política Estadual de Habitação de Interesse Social - PEHIS. Salvador, BA: Diário Oficial da Bahia, 2008. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/ba/lei-ordinaria-n-11041-2008-bahia-institui-a-politica-e-o-sistema-estadual-de-habitacao-de-interesse-social-cria-o-fundo-estadual-de-habitacao-de-interesse-social-e-da-outras-providencias>. Acesso em: 20 Fev. 2025.

BRASIL. **Lei Nº 12.187, de 29 de dezembro de 2009**. Dispõe sobre a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2009. Disponível em:

https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2009/lei/112187.htm. Acesso em: 15 Fev. 2025.

BRASIL. **Atlas Digital de Desastres no Brasil**. Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR. Brasília, DF: 2024. Disponível em: <http://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/downloads.xhtml>. Acesso em: 03 Fev. 2025.

BRASIL. **Caderno Técnico de Gestão Integrada de Riscos e Desastres. GIRD+10**. Ministério do Desenvolvimento Regional – MDR. Defesa Civil. Brasília, DF: 2021. Disponível em: https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/protecao-e-defesa-civil/Caderno_GIRD10_.pdf. Acesso em: 01 Mar. 2025.

BRASIL. **Adaptação Baseada em Ecossistemas (AbE) Frente à Mudança do Clima**. Ministério do Meio Ambiente – MMA. Brasília, DF: 2018. Disponível em: https://cooperacaobrasil-alemanha.com/Mata_Atlantica/Apostila_AbE.pdf. Acesso em: 28 Dez. 2024.

BRASIL. **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: sumário executivo** / Ministério do Meio Ambiente. MMA. Brasília, DF: 2016.

BRASIL. **1º Relatório de Monitoramento e Avaliação do PNA - 2016/2017**. Ministério do Meio Ambiente - MMA. Brasília, DF: 2017. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/clima/adaptacao/plano-nacional-de-adaptacao.html>. Acesso em: 12 Jan. 2025.

BRASIL. **Glossário de Defesa Civil, estudos de riscos e medicina de desastres**. Secretaria Nacional de Defesa Civil. Ministério da Integração Nacional – MIN. Brasília, DF: 2007b. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/protecao-e-defesa-civil-sedec>. Acesso em: 03 Fev. 2025.

CARE. **Adaptation, gender and women's empowerment**. 2010 Disponível em: < https://www.care.org/wp-content/uploads/2014/09/CC-2010-CARE_Gender_Brief.pdf >. Acesso em 01 mar. 2025.

COBRADE. **Classificação e Codificação Brasileira de Desastres**. Brasil, 2024. Disponível em: <https://educacao.cemaden.gov.br/midioteca/classificacao-e-codificacao-brasileira-de-desastres-cobra-de/>. Acesso em: 12 Jan. 2025.

GALLOPÍN, G. C. **Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity**. Global Environmental Change, v. 16, p. 293-303, 2006.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia. Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)**. 2019. Disponível em: www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep. Acesso em: 20 Abr. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Síntese de Indicadores Sociais**. BRASIL. IBGE. 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/condicoes-de-vida-desigualdade-e-pobreza/9221-sintese-de-indicadores-sociais.html>. Acesso em: 27 fev. 2025.

INSTITUTO TRATA BRASIL. **Avanços do Novo Marco Legal do Saneamento Básico no Brasil (SNIS 2021)**. Brasil, 2023. Disponível em: <https://tratabrasil.org.br/avancos-do-novo-marco-legal-do-saneamento-basico-no-brasil-2023-snis-2021/>. Acesso em: 01 de Jun. 2025

IPCC, 2007: **Climate Change 2007: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, RK e Reisinger, A. (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, 104 pp.

IPCC, 2012: **Gerenciando os Riscos de Eventos Extremos e Desastres para Avançar a Adaptação às Mudanças Climáticas (SREX)**. Em: Gerenciando os Riscos de Eventos Extremos e Desastres para Avançar a Adaptação às Mudanças Climáticas. Um Relatório Especial dos Grupos de Trabalho I e II do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA.

IPCC, 2014: **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, RK Pachauri e LA Meyer (eds.)]. IPCC, Genebra, Suíça, 151 pp.

IPCC, 2018: **Resumo para formuladores de políticas**. Em: Aquecimento global de 1,5°C. Um relatório especial do IPCC sobre os impactos do aquecimento global de 1,5°C acima dos níveis pré-industriais e as trajetórias globais de emissão de gases de efeito estufa relacionadas, no contexto do fortalecimento da resposta global à ameaça das mudanças climáticas, desenvolvimento sustentável e esforços para erradicar a pobreza. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido e Nova York, NY, EUA, pp. 3-24, doi: 10.1017/9781009157940.001

LABSIS. Laboratório Sismológico da Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN. Rio Grande do Norte, 2023. Disponível em: <https://labsis.ufrn.br/noticias/53967452/tremor-de-terra-e-registrado-no-municipio-de-jacobina-bahia-05-02-2023>. Acesso em: 30 de mai. 2025.

LAVELL, A.; MASKREY, A. **The future of disaster risk management: an on-going discussion**. Environmental Hazards, v. 13, n. 4, p. 267-280, 2014.

MACEDO, R. M. S. & KUBLIKOWSKI, I. **Valores positivos e desenvolvimento adolescente: perfil de jovens paulistanos**. *Psicologia em Estudo*, 14, 689-698. 2009.

MAPBIOMAS. **Relatório Anual de Desmatamento (RAD 2022)**. Brasil, 2022. Disponível em: <https://brasil.mapbiomas.org/2023/06/12/desmatamento-nos-biomas-do-brasil-cresceu-223-em-2022/#:~:text=A%20%C3%A1rea%20desmatada%20no%20Brasil,de%20desmatamento%20no%20ano%20passado>. Acesso em: 25 de Fev. 2025

NETTO, G.F.; FREITAS, C.M.; ANDAHUR, J.P.; PEDROSO, M.M.; ROHLFS, D.B. 2009. **Impactos socioambientais na situação de saúde da população brasileira: Estudo de indicadores relacionados ao saneamento ambiental inadequado**. Tempus. Actas em Saúde Coletiva, 4, 4, p. 53-71.

NINA, A. S.; ALMEIDA, O. T.; LOBO, I. D. **As abordagens técnica e social dos desastres naturais no Brasil: uma análise comparativa entre os bancos de dados EM-DAT e S2ID**.

Cadernos de Estudos Sociais, v. 36, n. 1, [in press], Jan./Jul., 2021. DOI: 10.33148/CES25954091 V36n1(2021)1918

RBPSSAN. Rede Brasileira de Pesquisa em Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional. **2º Inquérito Nacional sobre Insegurança Alimentar no Contexto da Pandemia da Covid-19 no Brasil**. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://pesquisassan.net.br/olheparaafome/>. Acesso em: 12 fev. 2025.

SANO, E. E.; RODRIGUES, A. A.; MARTINS, E. S.; BETTIOL, G. M.; BUSTAMANTE, M. M. C.; BEZERRA, A. S.; COUTO, A. F.; VASCONCELOS, V.; SCHULER, J.; BOLF, E. L. Cerrado ecoregions: a spatial framework to assess and prioritize Brazilian savanna environmental diversity for conservation. **Journal of Environmental Management**, v. 232, p. 818-828, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.11.108>.

SCHLEE, M. B. **Ocupação de encostas urbanas: algumas considerações sobre resiliência e sustentabilidade**. Cadernos Metrópole, 15(29), 241–264. 2013. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/index.php/metropole/article/view/15824>.

SILVA, G. B.; AZEVEDO, P. V. **Índices de Tendências de Mudanças Climáticas no Estado da Bahia**. XVI Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. Belo Horizonte, MG. 2009. Disponível em: <http://sbagro.org/files/biblioteca/2351.pdf>. Acesso em: 30 Abr. 2025.

SEN, A. **Desenvolvimento como liberdade**. São Paulo: Companhia das Letras, 1999.

SYRKIS, G.; WESTIN, F.; SIMÕES, A.; COSTA, H. **Vulnerabilidades às mudanças climáticas e análise da implementação de medidas de adaptação em estados brasileiros**. Boletim de Conjuntura. Ano VI, vol. 19, n. 56, Boa Vista, 2024.

STRÍKIS, N.M., Buarque, P.F.S.M., Cruz, F.W. et al. Seca antropogênica moderna no Brasil Central sem precedentes nos últimos 700 anos. *Nat Commun* 15, 1728 (2024). DOI: 10.1038/s41467-024-45469-8.

TERRA, M.C.N.S.; Santos, R.M.; PRADO JÚNIOR, J.A.; MELLO, J. M.; et al. Water availability drives gradients of tree diversity, structure and functional traits in the Atlantic–Cerrado–Caatinga transition, Brazil. **Journal of Plant Ecology**, v. 11, n. 6, p. 803–815, 2018.

THOMAS, S.; RIVERO, S.; ALMEIDA, O. **Gestão ambiental e mudanças climáticas no delta amazônico: legislação municipal, recursos hídricos e desastres naturais**. Belém: GAPTA/UFPA, 2019. p. 133-160.

UNFCCC. **Acordo de Paris, COP 21**. UNFCCC, Paris, França. 2016. Disponível em: https://unfccc-int.translate.google/process-and-meetings/the-paris-agreement?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=pt&_x_tr_hl=pt&_x_tr_pto=sge#:~:text=O%20Acordo%20de%20Paris%20%C3%A9,se%20adaptar%20aos%20seus%20efeitos. Acesso em: 04 de mar. 2025.

UNFCCC. **Conferência do Clima do Egito, COP 27**. UNFCCC, Sharm el-Sheikh, Egito. 2022. Disponível em: <https://unfccc.int/cop27>. Acesso em: 06 de mar. 2025.

UNFCCC. **Marco de Adaptação de Cancun, COP 16**. UNFCCC, Cancun, México. 2010. Disponível em: <https://unfccc.int/topics/adaptation-and-resilience/the-big-picture/introduction>. Acesso em: 04 de mar. 2025.

VALENCIO, N. **Da morte da quimera à procura de Pégaso**: a importância da interpretação sociológica na análise no fenômeno denominado desastre. In: VALENCIO, N.; SIENA, M.;

MARCHEZINI, V.; GONÇALVES, J. (orgs.) Sociologia dos desastres: construção, interfaces e perspectivas no Brasil. São Carlos: RiMa Editora, 2009. p. 3-18.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo central deste trabalho foi caracterizar os eventos extremos ocorridos no Brasil no período de 2003 a 2023. A escolha desse intervalo de 21 anos justifica-se pela série histórica de dados da plataforma S2iD, cuja base de registros teve início em 2003. Buscou-se evidenciar um possível aumento na incidência de eventos extremos no país, tendo em vista a quantidade de desastres que têm ocorrido e divulgados pela mídia em geral.

Dentre os principais resultados encontrados destaca-se a verificação que o número de eventos extremos tem apresentado um crescimento médio de 4,49% ao ano, sendo o tempo um preditor significativo para o aumento, indicando que, a cada ano adicional, o número esperado de eventos cresce. Constatou-se ainda que nos últimos 10 anos da análise, a intensidade dos eventos foi ainda maior que nos 10 anos anteriores, com destaque para eventos de chuvas intensas e incêndios florestais. A análise de estacionariedade das séries temporais revelou que a maioria dos grupos de desastres apresentou comportamento não estacionário, indicando uma tendência crescente ao longo do período analisado.

O presente estudo também teve um foco voltado a incidência de eventos no estado da Bahia, buscando identificar as principais vulnerabilidades do estado que contribuem para os impactos negativos quando da ocorrência dos eventos, como também analisar o empenho do estado na implantação do Plano Nacional de Adaptação. Quanto as vulnerabilidades verificaram-se que o Estado da Bahia possui carências as quais contribuem para o agravamento dos impactos. Evidenciou-se vulnerabilidades sociais, ambientais e econômica. Quanto ao empenho do estado na implementação das diretrizes do PNA relacionadas ao setor Estratégia de Cidades, verificou que 80% das diretrizes já têm alguma ação iniciada.

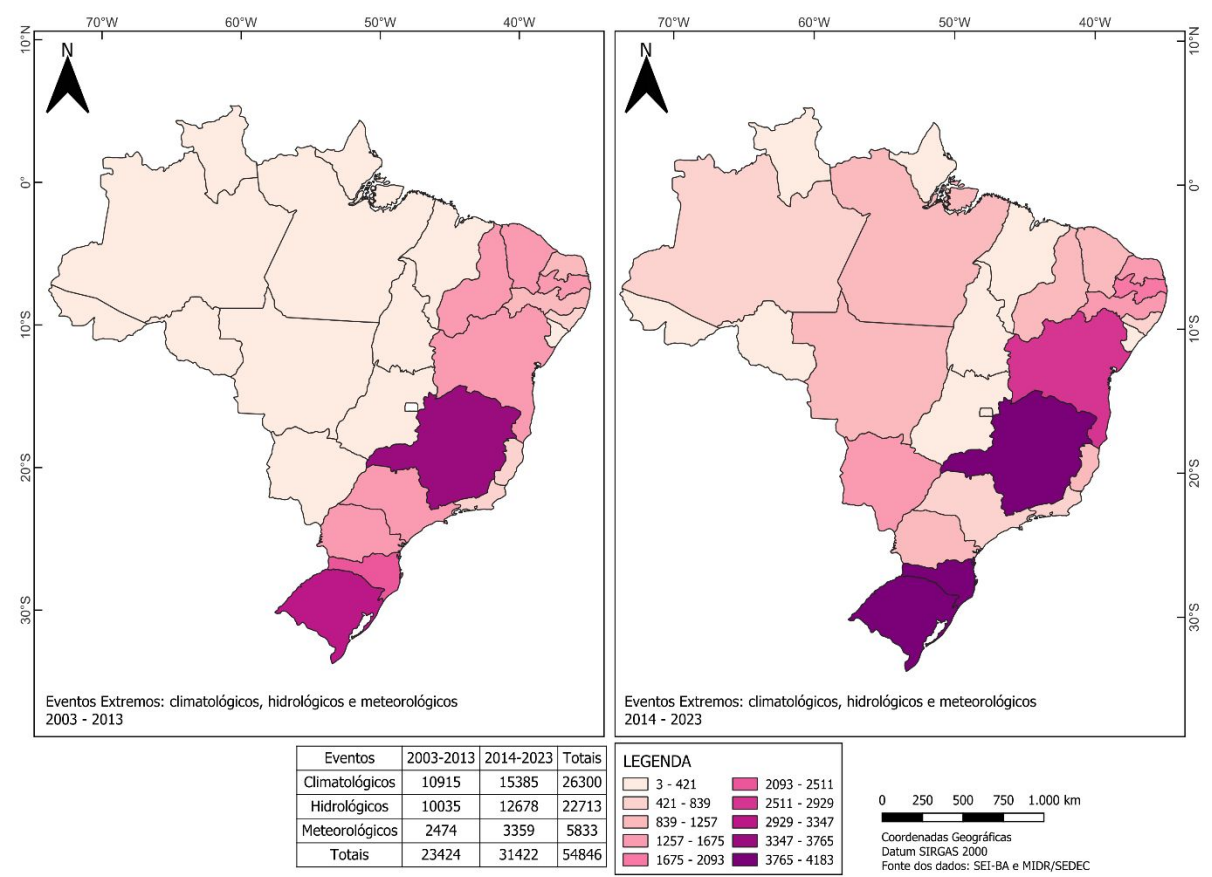
Como lacuna deste trabalho e oportunidade de pesquisa, surge a necessidade de uma pesquisa geral da implementação do Plano Nacional de Adaptação (PNA) em todo o país, visto que, o presente estudo analisou somente a implementação no estado da Bahia.

Como sugestão, recomenda-se a junção das plataformas Atlas Digital e o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), visto que, referem-se as mesmas informações, porém com metodologias de registros diferentes, os quais podem ser padronizadas, possibilitando assim uma fonte única e completa de informações de desastres a nível nacional. A análise comparativa entre os bancos de dados demonstrou divergências de informações e a principal causa é a forma como os registros são contabilizados.

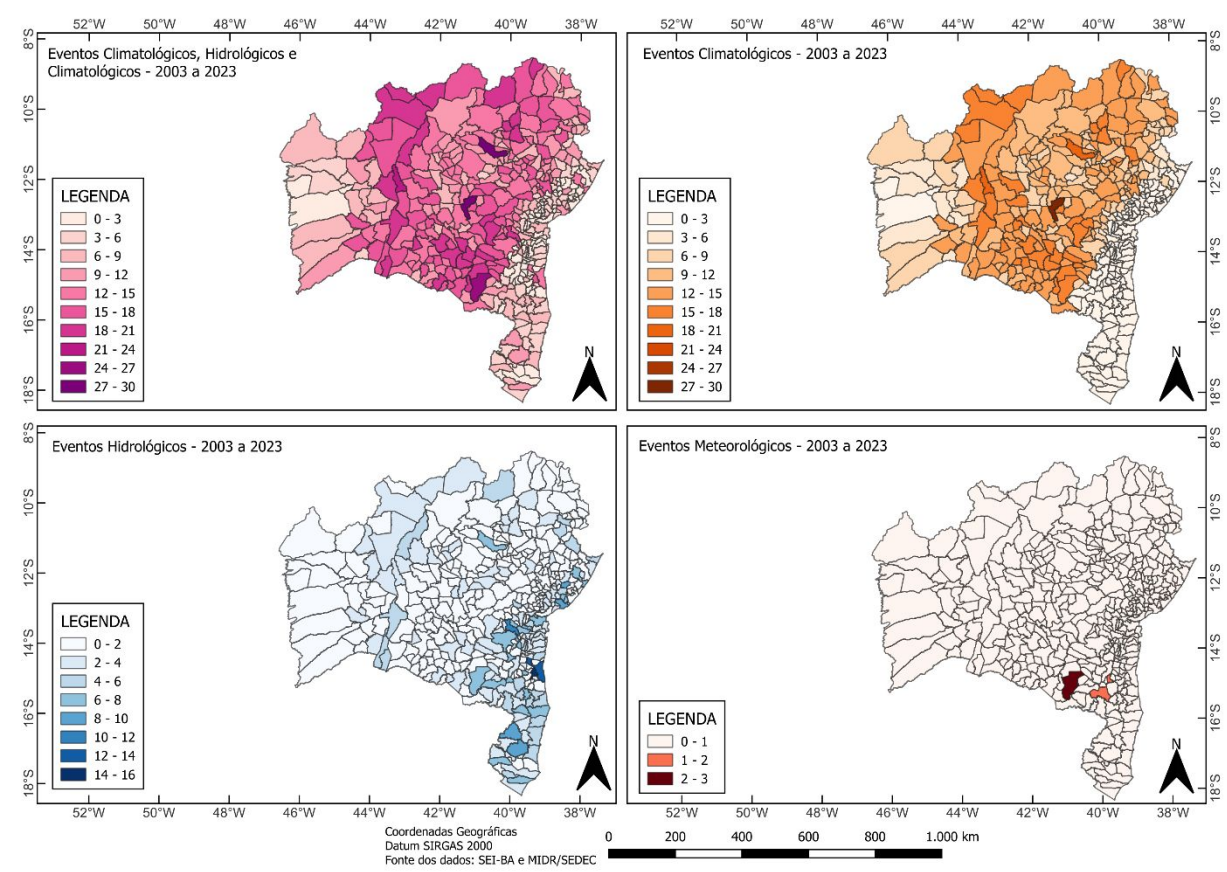
Em conclusão, este estudo confirma o aumento na incidência de eventos climáticos extremos no Brasil, com destaque para os desastres hidrológicos, meteorológicos e

climatológicos. O estudo também aponta a importância de ações globais, como a redução da poluição, do desmatamento e da emissão de gases de efeito estufa, para combater as mudanças climáticas e reduzir os riscos de desastres no futuro.

APÊNDICE A – Distribuição Espacial dos Eventos Extremos (Climatológicos, Hidrológicos e Meteorológicos) no Brasil nos Períodos de 2003–2013 e 2014–2023



**APÊNDICE B – Distribuição Espacial dos Eventos Extremos na Bahia
Geral e por Tipo (2003–2023)**



ANEXO I - CLASSIFICAÇÃO E CODIFICAÇÃO BRASILEIRA DE DESASTRES (COBRADE)

	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
1. Geológico		1. Terremoto	1. Tremor de terra	0	Vibrações do terreno que provocam oscilações verticais e horizontais na superfície da Terra (ondas sísmicas). Pode ser natural (tectônica) ou induzido (explosões, injeção profunda de líquidos e gás, extração de fluidos, alívio de carga de minas, enchimento de lagos artificiais).	1.1.1.1.0	
			2. Tsunami	0	Série de ondas geradas por deslocamento de um grande volume de água causado geralmente por terremotos, erupções vulcânicas ou movimentos de massa.	1.1.1.2.0	
		2. Emissão vulcânica	0	0	Produtos/materiais vulcânicos lançados na atmosfera a partir de erupções vulcânicas.	1.1.2.0.0	
		3. Movimento de massa	1. Quedas, tombamentos e rolamentos	1. Blocos	As quedas de blocos são movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre. Os tombamentos de blocos são movimentos de massa em que ocorre rotação de um bloco de solo ou rocha em torno de um ponto ou abaixo do centro de gravidade da massa desprendida. Rolamentos de blocos são movimentos de blocos rochosos ao longo de encostas, que ocorrem geralmente pela perda de apoio (descaçamento).	1.1.3.1.1	
				2. Lascas	As quedas de lascas são movimentos rápidos e acontecem quando fatias delgadas formadas pelos fragmentos de rochas se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.2	
				3. Matacões	Os rolamentos de matacões são caracterizados por movimentos rápidos e acontecem quando materiais rochosos diversos e de volumes variáveis se destacam de encostas e movimentam-se num plano inclinado.	1.1.3.1.3	
				4. Lajes	As quedas de lajes são movimentos rápidos e acontecem quando fragmentos de rochas extensas de superfície mais ou menos plana e de pouca espessura se destacam de encostas muito íngremes, num movimento tipo queda livre.	1.1.3.1.4	

			2. Deslizamentos	1. Deslizamentos de solo e/ou rocha	São movimentos rápidos de solo ou rocha, apresentando superfície de ruptura bem definida, de duração relativamente curta, de massas de terreno geralmente bem definidas quanto ao seu volume, cujo centro de gravidade se desloca para baixo e para fora do talude. Frequentemente, os primeiros sinais desses movimentos são a presença de fissuras.	1.1.3.2.1	
--	--	--	---------------------	--	---	-----------	---

1. NATURAIS	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SÍMBOLO GIA
	1. Geológico		3. Corridas de massa	1. Solo/Lama	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, o solo/lama, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.1	
				2. Rocha/Detrito	Ocorrem quando, por índices pluviométricos excepcionais, rocha/detrito, misturado com a água, tem comportamento de líquido viscoso, de extenso raio de ação e alto poder destrutivo.	1.1.3.3.2	
			4. Subsídências e colapsos	0	Afundamento rápido ou gradual do terreno devido ao colapso de cavidades, redução da porosidade do solo ou deformação de material argiloso.	1.1.3.4.0	
		4. Erosão	1. Erosão costeira/Marinha	0	Processo de desgaste (mecânico ou químico) que ocorre ao longo da linha da costa (rochosa ou praia) e se deve à ação das ondas, correntes marinhas e marés.	1.1.4.1.0	
			2. Erosão de margem fluvial	0	Desgaste das encostas dos rios que provoca desmoronamento de barrancos.	1.1.4.2.0	
			3. Erosão continental	1. Laminar	Remoção de uma camada delgada e uniforme do solo superficial provocada por fluxo hídrico não concentrado.	1.1.4.3.1	
				2. Ravinas	Evolução, em tamanho e profundidade, da desagregação e remoção das partículas do solo de sulcos provocada por escoamento hídrico superficial concentrado.	1.1.4.3.2	
				3. Boçorocas	Evolução do processo de ravinamento, em tamanho e profundidade, em que a desagregação e remoção das partículas do solo são provocadas por escoamento hídrico superficial e subsuperficial (escoamento freático) concentrado.	1.1.4.3.3	
	2. Hidrológico	1. Inundações	0	0	Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas. O transbordamento ocorre de modo gradual, geralmente ocasionado por chuvas prolongadas em áreas de planície.	1.2.1.0.0	
		2. Enxurradas	0	0	Escoamento superficial de alta velocidade e energia, provocado por chuvas intensas e concentradas, normalmente em pequenas bacias de relevo acidentado. Caracterizada pela elevação súbita das vazões de determinada drenagem e transbordamento brusco da calha fluvial. Apresenta grande poder destrutivo.	1.2.2.0.0	
		3. Alagamentos	0	0	Extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas.	1.2.3.0.0	

1. NATURAIS	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
	3. Meteorológico	1. Sistemas de grande escala/Escala regional	1. Ciclones	1. Ventos costeiros (mobilidade de dunas)	Intensificação dos ventos nas regiões litorâneas, movimentando dunas de areia sobre construções na orla.	1.3.1.1.1	
				2. Marés de tempestade (ressaca)	São ondas violentas que geram uma maior agitação do mar próximo à praia. Ocorrem quando rajadas fortes de vento fazem subir o nível do oceano em mar aberto e essa intensificação das correntes marítimas carrega uma enorme quantidade de água em direção ao litoral. Em consequência, as praias inundam, as ondas se tornam maiores e a orla pode ser devastada alagando ruas e destruindo edificações.	1.3.1.1.2	
			2. Frentes frias/Zonas de convergência	0	Frente fria é uma massa de ar frio que avança sobre uma região, provocando queda brusca da temperatura local, com período de duração inferior à friagem. Zona de convergência é uma região que está ligada à tempestade causada por uma zona de baixa pressão atmosférica, provocando forte deslocamento de massas de ar, vendavais, chuvas intensas e até queda de granizo.	1.3.1.2.0	
		2. Tempestades	1. Tempestade local/Convectiva	1. Tomados	Coluna de ar que gira de forma violenta e muito perigosa, estando em contato com a terra e a base de uma nuvem de grande desenvolvimento vertical. Essa coluna de ar pode percorrer vários quilômetros e deixa um rastro de destruição pelo caminho percorrido.	1.3.2.1.1	
				2. Tempestade de raios	Tempestade com intensa atividade elétrica no interior das nuvens, com grande desenvolvimento vertical.	1.3.2.1.2	
				3. Granizo	Precipitação de pedaços irregulares de gelo.	1.3.2.1.3	
				4. Chuvas intensas	São chuvas que ocorrem com acumulados significativos, causando múltiplos desastres (ex.: inundações, movimentos de massa, enxurradas, etc.).	1.3.2.1.4	
				5. Vendaval	Forte deslocamento de uma massa de ar em uma região.	1.3.2.1.5	
		3. Temperaturas extremas	1. Onda de calor	0	É um período prolongado de tempo excessivamente quente e desconfortável, onde as temperaturas ficam acima de um valor normal esperado para aquela região em determinado período do ano. Geralmente é adotado um período mínimo de três dias com temperaturas 5°C acima dos valores máximos médios.	1.3.3.1.0	

1. NATURAIS	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
	3. Meteorológico		2. Onda de frio	1. Friagem	Período de tempo que dura, no mínimo, de três a quatro dias, e os valores de temperatura mínima do ar ficam abaixo dos valores esperados para determinada região em um período do ano.	1.3.3.2.1	
				2. Geadas	Formação de uma camada de cristais de gelo na superfície ou na folhagem exposta.	1.3.3.2.2	
	4. Climatológico	1. Seca	1. Estiagem	0	Período prolongado de baixa ou nenhuma pluviosidade, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição.	1.4.1.1.0	
				0	A seca é uma estiagem prolongada, durante o período de tempo suficiente para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico.	1.4.1.2.0	
			3. Incêndio florestal	1. Incêndios em parques, áreas de proteção ambiental e áreas de preservação permanente nacionais, estaduais ou municipais	Propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação situada em áreas legalmente protegidas.	1.4.1.3.1	
				2. Incêndios em áreas não protegidas, com reflexos na qualidade do ar	Propagação de fogo sem controle, em qualquer tipo de vegetação que não se encontre em áreas sob proteção legal, acarretando queda da qualidade do ar.	1.4.1.3.2	
			4. Baixa umidade do ar	0	Queda da taxa de vapor de água suspensa na atmosfera para níveis abaixo de 20%.	1.4.1.4.0	
	5. Biológico	1. Epidemias	1. Doenças infecciosas virais	0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por vírus.	1.5.1.1.0	
				0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por bactérias.	1.5.1.2.0	
				0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por parasitas.	1.5.1.3.0	
				0	Aumento brusco, significativo e transitório da ocorrência de doenças infecciosas geradas por fungos.	1.5.1.4.0	

	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
1. NATURAIS	5. Biológico	2. Infestações/ Pragas	1. Infestações de animais	0	Infestações por animais que alterem o equilíbrio ecológico de uma região, bacia hidrográfica ou bioma afetado por suas ações predatórias.	1.5.2.1.0	
			2. Infestações de algas	1. Marés vermelhas	Aglomeração de microalgas em água doce ou em água salgada suficiente para causar alterações físicas, químicas ou biológicas em sua composição, caracterizada por uma mudança de cor, tornando-se amarela, laranja, vermelha ou marrom.	1.5.2.2.1	
				2. Cianobactérias em reservatórios	Aglomeração de cianobactérias em reservatórios receptores de descargas de dejetos domésticos, industriais e/ou agrícolas, provocando alterações das propriedades físicas, químicas ou biológicas da água.	1.5.2.2.2	
			3. Outras infestações	0	Infestações que alterem o equilíbrio ecológico de uma região, bacia hidrográfica ou bioma afetado por suas ações predatórias.	1.5.2.3.0	
2. TECNOLÓGICOS	1. Desastres relacionados a substâncias radioativas	1. Desastres siderais com riscos radioativos	1. Queda de satélite (radionuclídeos)	0	Queda de satélites que possuem, na sua composição, motores ou corpos radioativos, podendo ocasionar a liberação deste material.	2.1.1.1.0	
		2. Desastres com substâncias e equipamentos radioativos de uso em pesquisas, indústrias e usinas nucleares	1. Fontes radioativas em processos de produção	0	Escapamento accidental de radiação que excede os níveis de segurança estabelecidos na norma NN 3.01/006:2011 da CNEN.	2.1.2.1.0	
		3. Desastres relacionados com riscos de intensa poluição ambiental provocada por resíduos radioativos	1. Outras fontes de liberação de radionuclídeos para o meio ambiente	0	Escapamento accidental ou não accidental de radiação originária de fontes radioativas diversas e que excede os níveis de segurança estabelecidos na norma NN 3.01/006:2011 e NN 3.01/011:2011 da CNEN.	2.1.3.1.0	
	2. Desastres relacionados a produtos perigosos	1. Desastres em plantas e distritos industriais, parques e armazenamentos com extravasamento de produtos perigosos	1. Liberação de produtos químicos para a atmosfera causada por explosão ou incêndio	0	Liberação de produtos químicos diversos para o ambiente, provocada por explosão/incêndio em plantas industriais ou outros sítios.	2.2.1.1.0	

2. TECNOLÓGICOS	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
	2. Desastres relacionados a produtos perigosos						
	2. Desastres relacionados à contaminação da água		1. Liberação de produtos químicos nos sistemas de água potável	0	Derramamento de produtos químicos diversos em um sistema de abastecimento de água potável, que pode causar alterações nas qualidades físicas, químicas, biológicas.	2.2.2.1.0	
			2. Derramamento de produtos químicos em ambiente lacustre, fluvial, marinho e aquífero	0	Derramamento de produtos químicos diversos em lagos, rios, mar e reservatórios subterrâneos de água, que pode causar alterações nas qualidades físicas, químicas e biológicas.	2.2.2.2.0	
	3. Desastres relacionados a conflitos bélicos		1. Liberação de produtos químicos e contaminação como consequência de ações militares	0	Agente de natureza nuclear ou radiológica, química ou biológica, considerado como perigoso, e que pode ser utilizado intencionalmente por terroristas ou grupamentos militares em atentados ou em caso de guerra.	2.2.3.1.0	
	4. Desastres relacionados a transporte de produtos perigosos		1. Transporte rodoviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal rodoviário.	2.2.4.1.0	
			2. Transporte ferroviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal ferroviário.	2.2.4.2.0	
			3. Transporte aéreo	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal aéreo.	2.2.4.3.0	
			4. Transporte dutoviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal dutoviário.	2.2.4.4.0	
			5. Transporte marítimo	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal marítimo.	2.2.4.5.0	
			6. Transporte aquaviário	0	Extravasamento de produtos perigosos transportados no modal aquaviário.	2.2.4.6.0	
	3. Desastres relacionados a incêndios urbanos	1. Incêndios urbanos	1. Incêndios em plantas e distritos industriais, parques e depósitos	0	Propagação descontrolada do fogo em plantas e distritos industriais, parques e depósitos.	2.3.1.1.0	
			2. Incêndios em aglomerados residenciais	0	Propagação descontrolada do fogo em conjuntos habitacionais de grande densidade.	2.3.1.2.0	

2. TECNOLÓGICOS	GRUPO	SUBGRUPO	TIPO	SUBTIPO	DEFINIÇÃO	COBRADE	SIMBOLOGIA
	4. Desastres relacionados a obras civis	1. Colapso de edificações	0	0	Queda de estrutura civil.	2.4.1.0.0	
		2. Rompimento/colapso de barragens	0	0	Rompimento ou colapso de barragens.	2.4.2.0.0	
	5. Desastres relacionados a transporte de passageiros e cargas não perigosas	1. Transporte rodoviário	0	0	Acidente no modal rodoviário envolvendo o transporte de passageiros ou cargas não perigosas.	2.5.1.0.0	
		2. Transporte ferroviário	0	0	Acidente com a participação direta de veículo ferroviário de transporte de passageiros ou cargas não perigosas.	2.5.2.0.0	
		3. Transporte aéreo	0	0	Acidente no modal aéreo envolvendo o transporte de passageiros ou cargas não perigosas.	2.5.3.0.0	
		4. Transporte marítimo	0	0	Acidente com embarcações marítimas destinadas ao transporte de passageiros e cargas não perigosas.	2.5.4.0.0	
		5. Transporte aquaviário	0	0	Acidente com embarcações destinadas ao transporte de passageiros e cargas não perigosas.	2.5.5.0.0	