

Novembro
2025

Levantamento de Desastres Ambientais no Brasil e Custos Reportados

Expediente

Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento - CICEF

Diretor-Presidente

Carlos Pinkusfeld Monteiro Bastos

Diretores

André Tosi Furtado

Claudia Sousa Leitão

Wilson Vieira

Gerente Geral

Ana Carolina Arroio

Secretário Executivo

Claudio Miranda Correa

Assessora de Comunicação

Juliana Portella

Conselho Deliberativo

Alexandre de Freitas Barbosa

Ângela Nascimento

Antônio Porfírio de Matos Neto

Fernando Augusto Mansor de Mattos

Flávio Alfredo Gaitán

Francisco de Sales Gaudêncio

Helena Maria Martins Lastres

Luiz Fernando Rodrigues de Paula

Maria Mello de Malta

Vera Alves Cepêda

Conselho Fiscal

Carla Curty do N. M. Pereira

Fábio Guedes Gomes

Glauber Cardoso Carvalho

Paulo Sérgio Fracalanza

Victor Leonardo F. Carvalho de Araújo

Projeto Gráfico

André Benicio

Copyright © 2025 dos autores

Todos os direitos desta edição reservados ao

Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento – CICEF

O Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento é uma associação civil de direito privado e sem fins lucrativos, reconhecida como ICT (Instituição Científica, Tecnológica e de Inovação), cujos objetivos são: a documentação, o estudo e o debate do desenvolvimento do Brasil em todas as suas dimensões, em especial as sociais, políticas e regionais.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Revisão metodológica do “OCDE Green Budgeting Framework” e proposta para o Brasil
[livro eletrônico] : maio/2025. -- 1. ed. --
Rio de Janeiro : Centro Internacional Celso Furtado de Políticas para o Desenvolvimento -
CICEF, 2025. PDF

Vários colaboradores.
Bibliografia.
ISBN 978-65-85327-07-7

1. Administração pública
2. Meio ambiente - Aspectos sociais
3. Mudanças climáticas - Aspectos socioambientais
4. Orçamento público.

25-274960

CDD-350.722

Índices para catálogo sistemático:

1. Orçamento público : Administração pública 350.722
Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129

Pesquisadores:

Lucas de Almeida Nogueira da Costa
Guilherme Spinato Morlin
José Bruno Fevereiro
Carlos Eduardo Frickmann Young
Amanda Martinho Resende

Camila Rizzini Freitas
Rodrigo Abreu Carvalho
Célia Maria Silva Carvalho
Carin Caroline Deda Malhadas
Francisco de Carvalho Santana

Centro Internacional Celso Furtado De Políticas Para O Desenvolvimento

Av. Rio Branco, 124 – Edifício Edison Passos, 13º andar, sala 1304

Centro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 20040-001

<http://www.centrocelsofurtado.org.br/>

secretaria@centrocelsofurtado.org.br

Sumário

Highlights	5
Visão Geral	5
Impacto Humano e Econômico	5
Desastres ligados à seca:	5
Desastres ligados a chuvas extremas:	5
Desastres no Norte e Centro-Oeste:	6
Implicações e Políticas Públicas:	6
1. Introdução	7
2. Metodologia	9
2.1. Construção da base de dados	9
2.1.1 Atlas Digital de Desastres no Brasil	10
2.1.2 ERA-5	10
2.1.3 Indicadores econômicos e ambientais	11
2.2 Identificação de Eventos Meteorológicos Extremos.	11
3. Panorama dos Desastres Naturais (2000–2023)	14
3.1. Mudanças climáticas e desastres no Brasil.	14
3.2. Caracterizando os Desastres Naturais (2000-2023)	17
3.3. A distribuição espacial de danos e prejuízos	26
3.4. Panorama sobre os eventos meteorológicos extremos.	27
4. Análise descritiva dos custos de desastres	32
4.1. Análise descritiva dos eventos de seca	33
4.1.1. Análise descritiva de eventos de seca em variáveis socioeconômicas	38
4.1.2. Análise descritiva de eventos de seca na produção agropecuária	40
4.2. Análise descritiva dos eventos hidrológicos	42
4.2.1. Análise descritiva de eventos hidrológicos em variáveis socioeconômicas	48
4.2.2. Análise descritiva de eventos hidrológicos na produção agropecuária	48
4.3. Distribuição regional das variáveis socioeconômicas	51
5. Considerações Finais	54
6. Referências Bibliográficas	56
7. Anexos	59

Highlights

Visão Geral

- Estudo traz um levantamento dos desastres ambientais ligados ao clima (seca e chuva extrema) para o período 2000-2023.
- A partir das notificações de desastres ambientais e de dados meteorológicos por município e ano, o relatório apresenta estimativas preliminares de perdas humanas e econômicas.

Impacto Humano e Econômico

- Notificações de desastres ambientais por municípios, que também estiveram associados a eventos meteorológicos extremos, e estão relacionados a maiores perdas.
- Resultados indicam heterogeneidade regional e de impactos por tipo de desastre.

Desastres ligados à seca

- Estiveram concentrados no Nordeste (64%) e Sul (20%), mas vêm crescentemente sendo observados no Sudeste (13%) devido à expansão do semiárido no norte de Minas.
- Perdas econômicas concentradas no setor privado (R\$ 720 bi), em atividades ligadas à pecuária (R\$ 169 bi) e agricultura (R\$ 520 bi), com elevadas perdas em área plantadas.
- Tendem a ser notificados por municípios menores e com menor PIB per capita, em especial no Nordeste, Sul e Sudeste. Resultado indica menor capacidade de resposta, mesmo quando não há um desvio do padrão meteorológico do município.
- Municípios com secas notificadas associadas a eventos meteorológicos extremos apresentam, na média por milhão de habitante, 343 mil feridos/doentes, 2 mortes e 489 desabrigados e prejuízos econômicos da ordem de R\$ 4,3bi.

Desastres ligados a chuvas extremas

- Maior participação nas regiões Sudeste (32%), Sul (33%) e Nordeste (18%), especialmente no litoral.
- Relevantes danos materiais (R\$ 265) e prejuízos privados (R\$ 229 bi).
- Desastres ligados à chuva extrema tendem a ser notificados por municípios com maiores médias de população, PIB e PIB per capita. Resultado indica maior suscetibilidade devido à alta concentração urbana e relevo acidentado.

- Municípios com chuva extrema notificada associada a eventos meteorológicos extremos apresentam, na média por milhão de habitante, cerca de 228 mil feridos/doentes, 18,5 mortes e 26 mil desabrigados.

Desastres no Norte e Centro-Oeste

- Os municípios das regiões Norte e Centro-Oeste são os que menos notificaram casos de seca e de chuva extrema.
- Apesar de apresentar menos casos, municípios do Centro-Oeste notificaram maiores perdas econômicas médias associadas à seca; no Norte, municípios reportaram, na média, elevadas perdas econômicas e, em termos per capita, de feridos e doentes.

Implicações e Políticas Públicas

- O estudo traz indicadores de perdas humanas e custos econômicos médios de desastres ambientais ligados ao clima, estando esses associados às mudanças climáticas ou não.
- À medida que a frequência de eventos climáticos extremos aumente, os resultados fornecem indicadores preliminares do custo da inação frente às mudanças climáticas.
- O estudo reforça a urgência de políticas de adaptação e mitigação climática, considerando a interligação entre fatores climáticos, sociais e econômicos.

1. Introdução

Um crescente corpo de evidências científicas demonstra que as mudanças climáticas exercem impactos adversos significativos sobre as condições econômicas e sociais em escala global (Carleton e Hsiang, 2018; Kotz *et al.*, 2024; Bilal e Känzig, 2024). Com efeito, eventos climáticos extremos, incluindo desastres relacionados às chuvas extremas e secas prolongadas, assim como às alterações nos padrões de temperatura, têm gerado forte impacto na economia. As consequências se mostram especialmente relevantes no caso dos países em desenvolvimento, uma vez que podem comprometer suas trajetórias de crescimento e aprofundar os desafios estruturais dessas economias (Barrios *et al.*, 2010; Oliveira, 2019). **Além disso, projeções indicam uma tendência de crescimento das perdas e danos econômicos, associadas a maior probabilidade de ocorrência e intensidade dos eventos climáticos extremos (IPCC, 2023).** O Brasil enfrenta crescentes riscos climáticos que se combinam com vulnerabilidades socioeconômicas preexistentes, criando um cenário desafiador para a adaptação climática. O país tem sido atingido por diversos eventos climáticos extremos, desde chuvas torrenciais e inundações a prolongadas estiagens e incêndios florestais. Estes eventos não apenas provocam danos ambientais, mas também têm repercussões sociais e econômicas significativas. Diante da perspectiva de acirramento das mudanças climáticas nas próximas décadas, espera-se que esses fenômenos se tornem mais frequentes e intensos. Previsões para os próximos anos indicam o aumento da intensidade e da probabilidade de ocorrência de eventos extremos no Brasil, como chuvas extremas (Dalagnol *et al.*, 2021; Zilli *et al.*, 2017), inundações (Rudorff *et al.*, 2022), secas e incêndios florestais de grande escala (Brito *et al.*, 2018; Burton *et al.*, 2022; Li *et al.*, 2022).

A estimativa dos danos causados por estes eventos extremos demanda um estudo empírico rigoroso, capaz de examinar como diferentes variáveis estruturais e conjunturais de natureza socioeconômica e ecológica são impactadas pelos desastres observados. Uma análise aprofundada dos desastres requer especial atenção aos aspectos regionais e aos tipos específicos de danos associados a diferentes categorias de eventos extremos. Nesse sentido, **o IPCC (2023) enfatiza que os riscos associados às mudanças climáticas dependem criticamente da localização geográfica, dos níveis de desenvolvimento e vulnerabilidade socioeconômica, assim como da implementação de ações de mitigação e adaptação.** A dimensão espacial dos impactos de eventos climáticos assume particular relevância no contexto brasileiro, dadas as marcantes heterogeneidades ecológica, geográfica e socioeconômica que caracterizam o país, além da variação nos tipos e intensidade de desastres observados entre as diferentes regiões (Marengo *et al.*, 2013). Essa análise aprofundada é essencial para o desenvolvimento de estratégias de adaptação eficazes e equitativas, capazes de proteger as populações mais vulneráveis e promover trajetórias de desenvolvimento sustentável.

A magnitude dos desafios enfrentados pelo Brasil torna-se evidente quando se considera que, conforme estimativa recente da Confederação Nacional dos Municípios (2023), desastres naturais causaram prejuízos da ordem de pelo menos R\$ 401,3 bilhões entre janeiro de 2013 e fevereiro de 2023 — valores esses que podem ser subestimados, principalmente em relação à notificação de eventos de grande escala (Young *et al.*, 2015). Além de ressaltar o aumento na frequência e duração dos períodos de calamidade no país, a CNM identificou deficiências significativas na coordenação das políticas de prevenção de desastres. O incremento na probabilidade de ocorrência de eventos extremos

está associado às mudanças climáticas antropogênicas. **Nesse contexto, uma compreensão dos custos relacionados a desastres naturais é essencial para a quantificação adequada de fenômenos que se tornam progressivamente mais frequentes no Brasil, contribuindo para evidenciar os riscos decorrentes da ausência de ações climáticas apropriadas.**

Este relatório tem como objetivo sistematizar dados sobre desastres ambientais e seus impactos socioeconômicos no Brasil entre 2000 e 2023, fornecendo uma base empírica sólida para a avaliação dos custos da inação climática no país. Por meio da construção de uma base de dados abrangente que integra notificações oficiais de desastres com indicadores meteorológicos objetivos, **o estudo busca identificar padrões espaciais e temporais dos eventos extremos, quantificar seus impactos em diferentes dimensões socioeconômicas.** O levantamento dos desastres ambientais no Brasil baseia-se principalmente no Atlas Digital de Desastres no Brasil, construído pelo Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (Ceped/UFSC, 2025) a partir dos decretos de estado de emergência e calamidade, e dos danos e perdas reportados, utilizando dados do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID) do Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional. Essa base é complementada com indicadores construídos para identificar eventos meteorológicos relevantes e extremos a partir da comparação de dados meteorológicos com padrões históricos para cada município. Finalmente, os dados de desastres e eventos meteorológicos são integrados com diversos indicadores socioeconômicos em uma ampla base de dados. Dessa forma, o estudo estabelece as bases metodológicas para estimativas econométricas robustas dos custos associados a estes fenômenos, a ser reportada em outro relatório.

O relatório está estruturado em **sete seções**. Após esta Introdução, a Seção 2 detalha a metodologia utilizada, incluindo a construção da base de dados que integra informações do Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2ID), dados meteorológicos do ERA-5 e indicadores socioeconômicos de múltiplas fontes, além da proposta metodológica para identificação de eventos climáticos extremos independente de variáveis políticas e institucionais. A Seção 3 oferece um panorama geral dos desastres ambientais no período analisado, revelando sua distribuição regional e evolução temporal. A Seção 4 apresenta uma análise descritiva detalhada dos custos reportados, cruzando dados de notificações com indicadores meteorológicos para diferentes categorias de eventos e regiões, evidenciando heterogeneidades significativas nos impactos e na capacidade de resposta entre territórios. A Seção 5 consolida as conclusões preliminares e recomendações para políticas públicas, enquanto as Seções 6 e 7 apresentam as referências bibliográficas e o Anexo, respectivamente. **Este trabalho constitui o primeiro de dois relatórios previstos, estabelecendo as bases para análises econométricas mais refinadas que serão apresentadas no produto subsequente, contribuindo assim para uma literatura emergente sobre os impactos socioeconômicos de desastres ambientais no Brasil e fornecendo subsídios empíricos para a adequada compreensão dos custos da inação climáticas.**

2. Metodologia

2.1. Construção da base de dados

Para estimar os danos e prejuízos provocados por desastres naturais e o custo da inação no Brasil, foi construído um painel no nível de município-ano para todo o Brasil (5.570 municípios) entre 2000 e 2023. Para isso, foram utilizados três tipos de variáveis distintas, conforme apresentado no Quadro 1.

Essas bases de dados são disponibilizadas em diferentes níveis de agregação, seja espacial e

Quadro 1 – Bases de Dados

Objeto	Descrição	Tipo de Variável	Fonte
Atlas Digital de Desastres no Brasil	Sintetiza a ocorrência de desastres, a partir de registros realizados pelos estados e municípios no Sistema Integrado de Informações sobre Desastres (S2iD), assim como os danos e prejuízos econômicos e humanos dos desastres naturais reportados pelas defesas civis dos municípios no Brasil.		Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil (CEPED/UFSC, 2025)
Indicadores meteorológicos	Variáveis meteorológicas diárias e mensais, com valores por grid de 0,25° x 0,25° de precipitação, temperatura e intensidade da chuva.	Indicadores diários	ERA-5, HERSBACH et al. (2023a)
		Indicadores mensais	ERA-5, HERSBACH et al. (2023b)
Indicadores de impacto econômico e ambiental	Um extenso grupo de variáveis que podem auxiliar na estimativa dos impactos de desastres naturais, sendo variáveis dependentes ou variáveis de controle.	Uso do solo	MapBiomas
		Orçamento Municipal	Finbra
		PIB Municipal	IBGE
		População Municipal	IBGE
		Produção agrícola e área plantada perdida	PAM/IBGE
		Produção do extrativismo florestal	PEVS/IBGE
		Focos de queimadas	TerraBrasilis/INPE
		Empregos formais	RAIS
		Remuneração dos empregos formais	RAIS

Nota: PAM (Produção Agrícola Municipal), PEVS (Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura), RAIS (Relação Anual de Informações Socioeconômicas), IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais).

temporal. Portanto, para a construção do painel, diversos procedimentos de tratamento e organização dos dados tiveram que ser realizados, conforme as descrições a seguir.

2.1.1 Atlas Digital de Desastres no Brasil

O Atlas apresenta, para cada desastre reportado (com data e município), dados de danos humanos (mortes, desabrigados, desalojados, feridos e doentes), danos materiais, prejuízos de serviços públicos e prejuízos econômicos privados. Além disso, cada desastre é classificado conforme uma tipologia de desastres (alagamento, chuvas intensas, enxurradas, estiagem/seca, inundações, movimento de massas). Para construir o painel a partir desses dados, o Atlas Digital de Desastres agrega os desastres de estiagem/seca em apenas uma categoria (seca). **Para fins de análise, optou-se por agregar os desastres associados à chuva forte (alagamento, chuvas intensas, enxurradas, inundações, movimento de massas) em outra categoria (desastres hidrológicos, i.e., hidro). Em seguida, foram somados os valores dos danos e prejuízos reportados para cada combinação de município-ano, separando os valores de desastres seca e hidro. Além disso, uma variável binária foi criada para identificar se aquele município reportou desastre (separadamente para os dois tipos) naquele ano.**¹

2.1.2 ERA-5

Para a construção de indicadores meteorológicos partiu-se de quatro variáveis principais: precipitação mensal total, precipitação diária total, intensidade de chuva mensal de larga escala e intensidade de precipitação mensal de larga escala.² A partir dessas quatro variáveis, foram construídos indicadores para eventos extremos de seca e de chuva.

- Seca: utilizou-se a precipitação mensal para identificar municípios com precipitação média abaixo do esperado e calcular o valor máximo de dias seguidos que cada município-ano não verificou precipitações diárias maiores do que 1 mm e 0,5 mm;³
- Chuva: utilizou-se a precipitação mensal média e a precipitação diária máxima para identificar observações (municípios-anos)⁴ que tiveram precipitação acima do esperado e calcular a média mensal dos indicadores de intensidade de chuva e precipitação.

Esses indicadores foram calculados por grid⁵. Para transformar os dados meteorológicos diários/mensais de cada grid em indicadores de desastres de seca e chuva extrema por município-ano, foi necessário municipalizar os indicadores construídos. Para isso, foi realizada a interseção entre os polígonos de cada município (shapefile do IBGE) com os centroides⁶ de cada grid. Nos casos em que havia mais de um grid em um mesmo município, foi calculada a média dos valores dos grids presentes naquele município.

¹ Segundo a tipologia utilizada no Atlas Digital de Desastres, secas e estiagens também são considerados desastres hidrológicos, por estarem relacionados com a disponibilidade hídrica. Contudo, para efeitos deste relatório, como desastres de seca e estiagem são agregados separadamente na tipologia “seca”, os desastres hidrológicos se referem apenas aos desastres relacionados às chuvas extremas.

² Segundo a descrição da documentação da base de dados (Parameter Database), a diferença entre os valores de chuva e precipitação é que na medida de precipitação pode-se incluir eventos de neve. Optou-se por realizar nossos testes para ambas as métricas nesta etapa do estudo, mas a sobreposição entre elas é bem alta, já que neve não costuma caracterizar eventos extremos relevantes no Brasil.

³ Os valores máximos consideram também os valores de precipitação dos dias dos anos anteriores, caso o evento de seca extrapole a janela daquele ano.

⁴ No presente estudo, uma observação consiste em determinado município em um ano específico (município-ano).

⁵ Grid, ou malha em português, consiste na subdivisão de determinada região em retângulos (geralmente em quadrados) bastante utilizada na estimação de padrões espaciais, como de temperatura e precipitação.

⁶ É o ponto que representa o centro geométrico de um polígono ou forma

2.1.3 Indicadores econômicos e ambientais

As variáveis complementares do painel, em geral, foram coletadas no nível município-ano. Contudo, vale destacar alguns ajustes realizados para construir o painel de forma apropriada.

- **Finbra:** para obter os dados orçamentários dos municípios de 2000 até 2023, foi necessário compatibilizar os dados disponibilizados no Siconfi (a partir de 2013) com as tabelas disponibilizadas pelo Tesouro Nacional pré 2013⁷. Como os dados para o período 2000-2012 não possuem o mesmo nível de detalhamento dos dados mais recentes, optou-se por manter as variáveis com valores mais agregados para compatibilizar as duas fontes de dados e obter o maior número de observações possíveis;
- **População:** os dados de estimativa da população dos municípios são disponibilizados pelo IBGE anualmente. Contudo, há algumas lacunas nesses dados. Desse modo, as observações ausentes foram completadas a partir da interpolação dos dados disponíveis para os anos imediatamente anteriores e posteriores;
- **PAM:** foram coletados os dados de valor da produção bruta (VBP), quantidade produzida, área plantada e área colhida totais e das quinze culturas com maior VBP. A partir da diferença de área plantada e área colhida, foi possível estimar a área perdida total e das quinze culturas selecionadas. As variáveis de área perdida são relevantes para estimar o impacto de eventos extremos na agricultura;
- **Foco de Queimadas:** além das variáveis de uso da terra do MapBiomas agregadas ao painel, os dados de número de focos de queimadas no TerraBrasilis/Inpe foram coletados. Foram calculados, por município-ano, a quantidade de focos de queimadas por áreas mais suscetíveis a queimadas (áreas de vegetação natural ou antrópica);
- **RAIS:** foram selecionados os dados de emprego formal e remuneração formal por código CNAE 2.0. Dessa forma, foi possível construir as variáveis de empregos e remuneração média por observação e grupos de atividade. Os grupos criados (iniciais dos CNAE) foram: agropecuária (01-03), indústria extrativa (05-09), indústria de transformação (10-33), construção civil (41-43), utilidade pública (35-39), serviços gerais (45-56, 97) e outros serviços (58-96, 99).

2.2 Identificação de Eventos Meteorológicos Extremos

Os dados reportados de desastres naturais, contendo estimativas sobre danos e prejuízos humanos e econômicos são uma ferramenta fundamental para compreender como eventos extremos se manifestam como desastres naturais para a sociedade. Contudo, não se deve assumir que estes dados sejam precisos e sem vieses. Na verdade, os dados reportados podem conter erros das estimativas das defesas civis — em especial com relação às perdas econômicas. **Uma vez que a declaração de estado de emergência e calamidade está associada a benefícios orçamentários, os dados reportados também podem estar sujeitos a vieses de natureza política.** Dessa forma, torna-se necessária a identificação dos eventos extremos a partir dos dados de precipitação e seca, e de modo independente de variáveis de natureza política e institucional. Portanto, como estratégia complementar à análise dos desastres reportados, buscou-se identificar a ocorrência de eventos climáticos extremos a partir dos indicadores meteorológicos da base de dados ERA-5.

A literatura consolidada sobre eventos climáticos e desastres naturais recomenda a identificação de eventos extremos a partir da comparação com o histórico da localidade (Dell et al., 2014). **Dessa forma, seguindo a metodologia proposta por Amare et al. (2018) e Costa et al. (2021), os eventos extremos de seca e de chuva foram identificados por meio da comparação entre os valores observados**

⁷ Finbra (Finanças Municipais) — Tesouro Nacional

dos indicadores de precipitação e os parâmetros históricos — média e desvio padrão — específicos de cada município. Em outras palavras, para cada município i e para cada ano t , é possível calcular o desvio de qualquer variável de precipitação (X_{it}), como a diferença do valor observado em relação à média histórica do município, padronizada pelo desvio padrão do mesmo indicador para o município. Essa operação é descrita na equação (1) abaixo. Nota-se que a média e desvio padrão são específicos para cada município e calculados para toda a série histórica. Por sua vez, a variável X_{it} pode representar qualquer um dos indicadores descritos anteriormente para seca ou chuva, para o município i no ano t .

$$desv.X_{it} = \frac{X_{it} - média(X_{1940-2023})_i}{desvio\ padrão(X_{1940-2023})_i} \quad (1)$$

A partir do desvio calculado conforme a equação (1), é possível classificar os eventos meteorológicos. **Identificamos como eventos extremos os casos em que o indicador de precipitação observado apresentou variação superior a um desvio padrão em relação à média histórica (Costa *et al.*, 2021).** Assim, observações em que o indicador de precipitação excedeu a média mais um desvio padrão (ou seja, $desv.X_{it} > 1$) foram classificadas como eventos extremos de chuva, enquanto observações em que o indicador de precipitação permaneceu inferior à média menos um desvio padrão (ou seja, $desv.X_{it} < -1$) foram considerados eventos extremos de seca. Ainda, o desvio observado foi utilizado para identificar eventos relevantes mas não extremos. Nesse caso valores entre $1 \geq desv.X_{it} > 0,5$ configuram eventos relevantes de chuva. Analogamente, eventos relevantes de seca foram identificados nos casos em que o desvio permaneceu no intervalo $-1 \geq desv.X_{it} > -0,5$. Os intervalos e sua respectiva classificação são sumarizados no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação dos Eventos Meteorológicos

Intervalo	Classificação
$-0.5 \leq desv.X_{it} \leq 0,5$	Sem evento meteorológico
$0.5 < desv.X_{it} < 1$	Evento hidrológico relevante
$1 \leq desv.X_{it}$	Evento hidrológico extremo
$-0.5 > desv.X_{it} > -1$	Evento de seca relevante
$-1 \geq desv.X_{it}$	Evento de seca extrema

Nota: A variável $desv.X_{it}$ é calculada conforme a equação (1). A variável X_{it} pode representar qualquer um dos indicadores descritos anteriormente para seca ou chuva, para o município i no ano t .

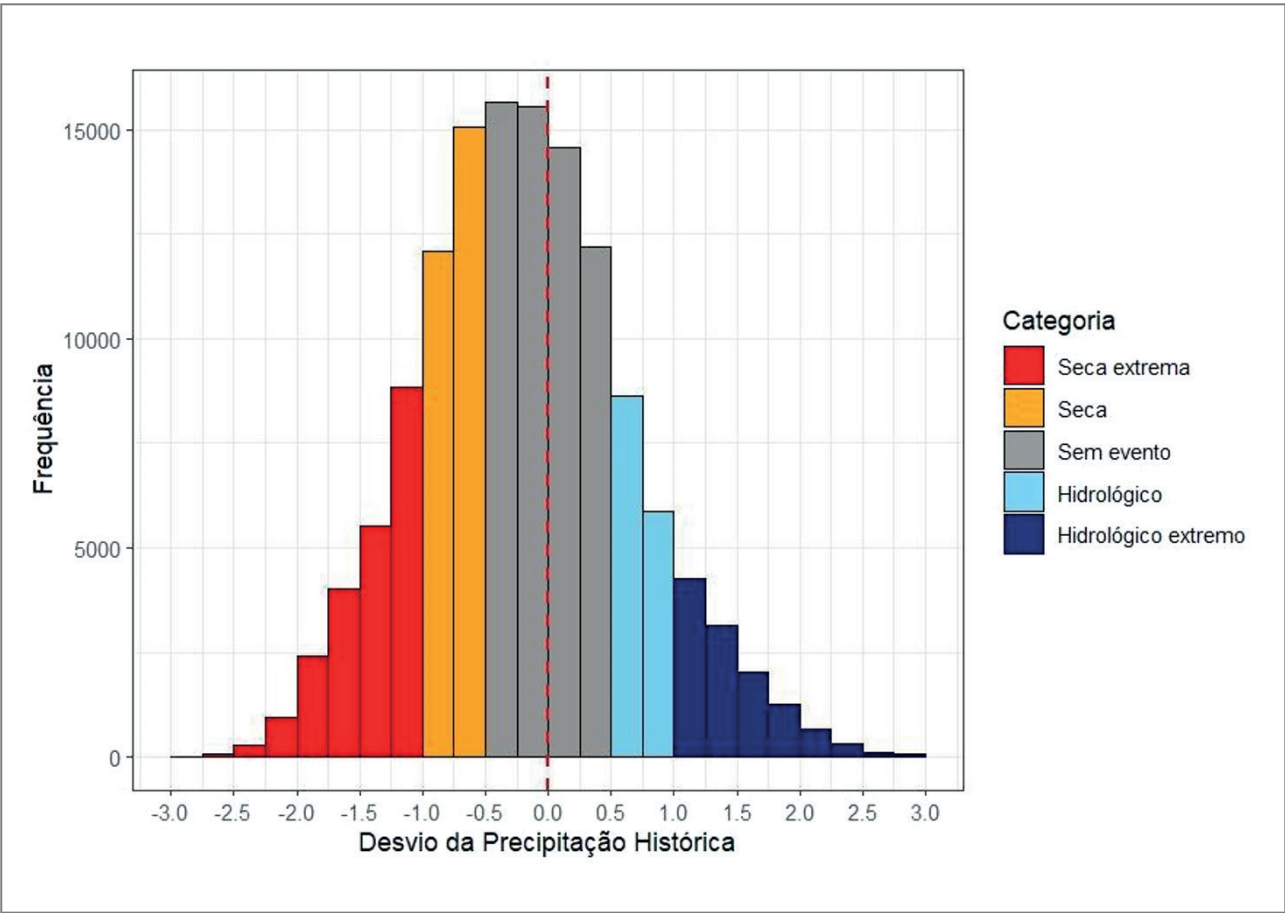
A Figura 1 apresenta o histograma do desvio calculado para a precipitação anual ($desv.X_{it}$), considerando todas as observações disponíveis no painel município-ano. Esse gráfico oferece uma representação visual da distribuição dos desvios em relação à média histórica da precipitação entre 2000 e 2023, permitindo identificar a proporção de casos classificados como eventos de seca ou eventos hidrológicos, sejam eles extremos ou apenas relevantes. Como a Equação (1) utiliza o desvio padrão das séries históricas de cada município como referência, a distribuição resultante se aproxima de uma distribuição normal padrão. Nesse contexto, os eventos de seca — relevantes ou extremos — concentram-se na cauda esquerda da distribuição, enquanto os eventos hidrológicos aparecem na cauda direita.

Além da precipitação, outras variáveis foram utilizadas para identificar secas e eventos de chuva extrema. No caso da seca foram utilizados também dias consecutivos de seca, calculados a partir

da contagem consecutiva máxima no ano de dias com precipitação abaixo de 0,5 mm e abaixo de 1 mm. No caso das chuvas extremas foram utilizados também a variável de precipitação máxima diária no ano e os indicadores de intensidade de chuva Large Scale Rain Rate (LSRR) e precipitação Large Scale Precipitation Rate (LSPR). Todas as variáveis calculadas a partir dos dados do ERA-5 (Hersbach et al., 2023a; 2023b). Como neste relatório serão estimadas várias estatísticas descritivas para municípios com eventos extremos, nós optamos por agrupar esses indicadores meteorológicos do seguinte modo: caso uma observação (município-ano) tenha tido ao menos um indicador de evento extremo, então ela foi classificada com a ocorrência de evento extremo; caso não tenha tido evento extremo, mas teve ao menos um evento relevante, então foi classificada como evento relevante; caso não tenha tido nenhum indicador com evento extremo ou evento relevante, então foi classificado sem evento.

Além dessa agregação, para a apresentação dos resultados essas categorias de evento extremo também foram combinadas com os dados de notificação de desastre. Desse modo, para cada um dos dois tipos de desastres, seis categorias foram construídas: (i) observações que tiveram ao menos um evento relevante, com um indicador meteorológico entre 0,5 e 1 no desvio em relação à média — conforme na Equação 1; (ii) observações com ao menos um evento meteorológico extremo, com um indicador acima de 1 no valor do desvio em relação à média; (iii) observações sem eventos relevantes ou extremos, mas com ao menos uma notificação de desastre; (iv) observações com um evento relevante e uma notificação; (v) observações com um evento extremo e uma notificação; e (vi) observações sem qualquer evento relevante, extremo ou notificação.

Figura 1. Histograma do desvio da média histórica da precipitação municipal média, 2000-2023.



Fonte: Elaboração própria a partir do ERA-5.

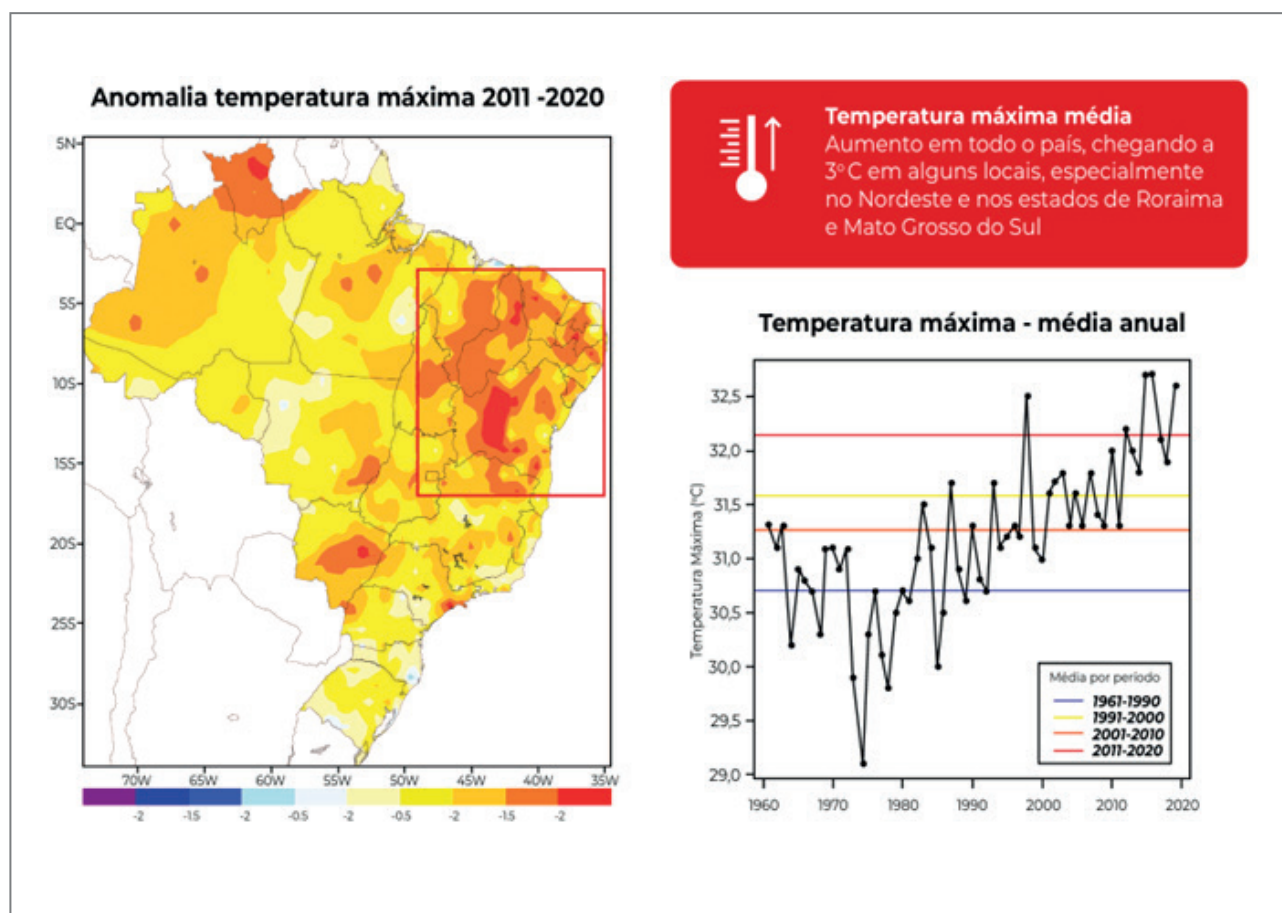
Nota: a variável utilizada para calcular o histograma é a precipitação média anual de cada município, ponderado pelo desvio padrão histórico local (como explicitado na seção metodológica). Como a precipitação é um potencial indicador para eventos hidrológicos e de seca, é possível identificar as observações assinaladas em cada um dos grupos.

3. Panorama dos Desastres Naturais (2000–2023)

3.1. Mudanças climáticas e desastres no Brasil

A temperatura média global à superfície em 2024 foi de $1,55 \pm 0,13$ °C acima da média de 1850-1900, sendo o ano mais quente nos 175 anos de registros observacionais. Foi a primeira vez que se observou a temperatura média global acima do 1,5 °C estabelecido como limite máximo aceitável para mudanças climáticas (WMO, 2025). A projeção para os próximos anos é de continuidade do aquecimento, com estimativas indicando que a média de temperatura global no período 2025-2029 permaneça 1,5 °C

Figura 2. Anomalia de temperatura máxima observada para 2011-2020.



Fonte: Brasil (2024).

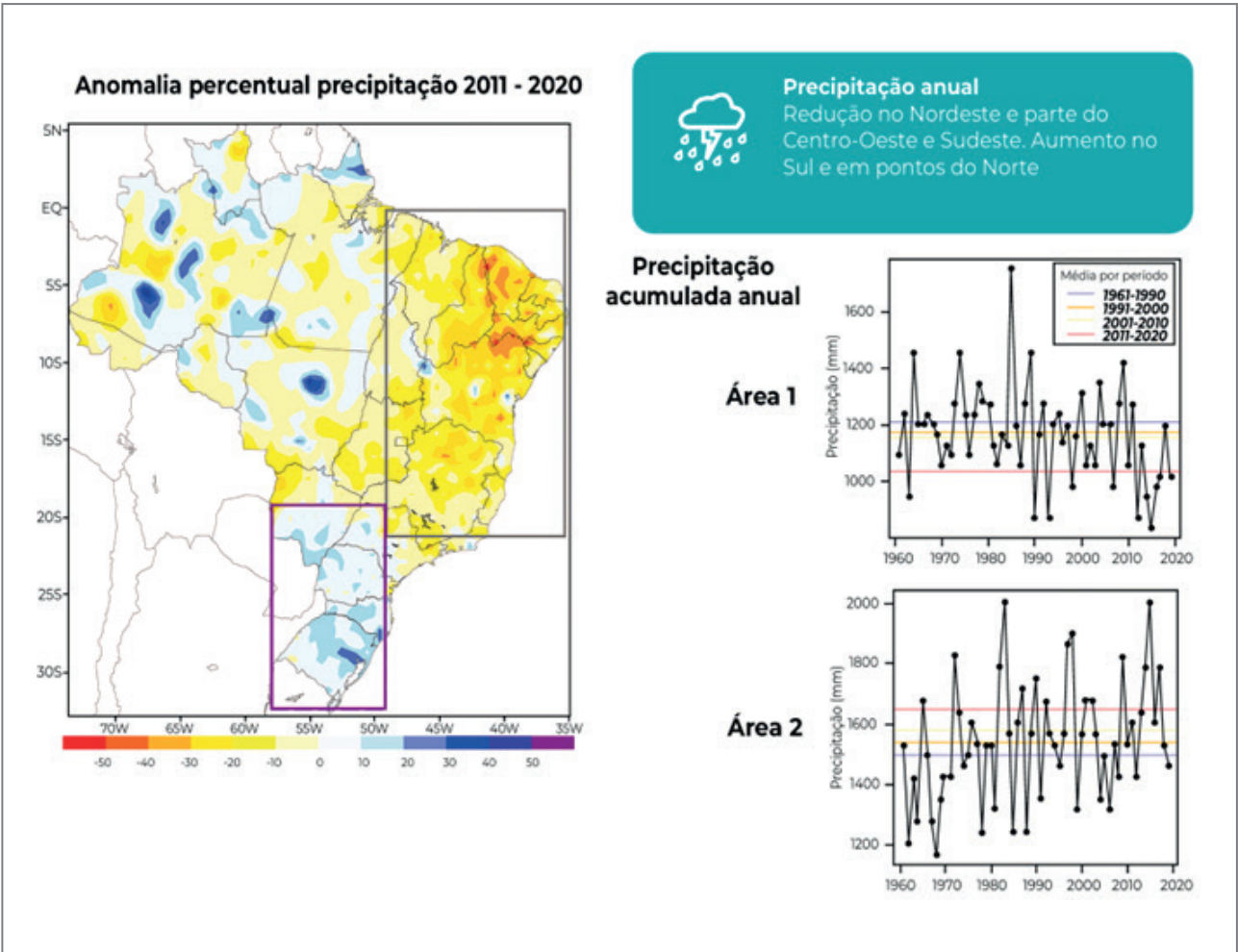
Nota: período de 1961-1990 como referência, com área de interesse selecionada no quadrado do mapa (esquerda) e série histórica dos valores médios anuais de temperatura máxima da mesma área selecionada (gráfico à direita), incluindo as linhas das médias por período.

acima do limite histórico, e que novos recordes de temperatura continuem sendo observados. Os efeitos esperados das mudanças climáticas também deverão se intensificar nos próximos anos: o derretimento do gelo nas calotas polares deve se acentuar, e anomalias de precipitação serão mais intensas, tanto em termos de secas mais prolongadas quanto de eventos de precipitação mais fortes do que o usual, além de maior irregularidade em relação à sazonalidade esperada (WMO, 2025).

As alterações climáticas também se manifestam no território brasileiro. O Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação elaborou um relatório identificando as ameaças climáticas, distribuídas por região (Brasil, 2024), em que fica evidente o aumento em anomalias de temperatura máxima (Figura 2) e precipitação (Figura 3)

Entretanto, embora a temperatura tenha crescido em todo o território brasileiro, as mudanças climáticas trazem impactos diferenciados regionalmente: secas no Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste; aumento de vento severo nas regiões Norte, Nordeste, Sudeste e Sul (podendo resultar em tempestades severas, frentes frias intensas e ciclones extratropicais); aumento de chuva no Sul e partes do Norte. A Figura 4 apresenta o sinal de mudança, observada e esperada, para 14 ameaças relacionadas ao clima, por região, considerando cenários de níveis de aquecimento global de 1,5 °C e 2°C.

Figura 3. Anomalia percentual de precipitação observada para 2011-2020.



Fonte: Brasil (2024).

Nota: período de 1961-1990 como referência, com as áreas de interesse selecionadas nos quadros cinza (Área 1) e roxo (Área 2) e suas correspondentes séries dos valores médios anuais de precipitação anual (à direita), incluindo as linhas das médias por período.

Figura 4. Mudanças observadas e futuras (1,5° C e 2° C) por região para diferentes tipos de ameaças climáticas

Ameaças Climáticas	Norte			Nordeste			Centro-oeste			Sudeste			Sul		
	Obs.	Futuro		Obs.	Futuro		Obs.	Futuro		Obs.	Futuro		Obs.	Futuro	
		1,5 °C	2 °C		1,5 °C	2 °C		1,5 °C	2 °C		1,5 °C	2 °C		1,5 °C	2 °C
Temperatura média	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Temperatura máxima	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Temperatura mínima	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Ondas de calor	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Chuva anual	—*	▼	▼	▼	▼	—*	—*	▼	▼	▼	▲	▲	▲	▲	▲
Chuva extrema	▲	▲	▲	▼	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Chuva extrema persistente	▲*	▲	▲	▼*	▲	▲	—*	▲	▲	▲*	▲	▲	▲	▲	▲
Frequência de seca	—	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▼	▼	▼
Duração da seca	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▼	▲	▲
Vento severo	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲	▲
Nível médio do mar	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲	▲	▲	▲	▲
Temperatura da superfície do mar	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲	▲	▲	▲	▲
Onda de calor marinha	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲	▲	▲	▲	▲
Acidificação do oceano	▲	▲	▲	▲	▲	▲				▲	▲	▲	▲	▲	▲

▲ : aumento com muita evidência (mais da metade das fontes concordam)

▲ : aumento com alguma evidência (metade, ou menos, das fontes concordam)

▼ : diminuição com muita evidência (mais da metade das fontes concordam)

▼ : diminuição com alguma evidência (metade, ou menos, das fontes concordam)

— : indefinido (sem evidência ou fontes com sinal de mudança opostos)

* : apresenta diferenças de sinal de mudança dentro da macrorregião

▲ : tendência plausível (alta confiança)

▲ : tendência possível (média confiança)

▲ : tendência incerta

▲ : não se aplica

Fonte: Brasil (2024).

Há particular interesse na Amazônia porque, em função de sua dimensão e estoque de biomassa, alterações na temperatura e uso do solo podem trazer efeitos amplificados no clima do resto do país (interrupção dos rios voadores, que são correntes atmosféricas de vapor de água que transportam umidade da Floresta Amazônica para outras regiões), e intensificar ainda mais a concentração de GEE (o ressecamento da floresta pode induzir mais incêndios e, consequentemente, a emissões de carbono, criando um efeito de retroalimentação das queimadas). **Nobre *et al.* (2025), a partir de uma revisão da literatura, apontam que há uma tendência consistente de aquecimento, com algumas regiões da Amazônia já ultrapassando o aumento de 1,5 °C. A temperatura média anual tem apresentado uma trajetória de elevação contínua entre 1975 e 2023, e projeções indicam que, sob cenários de altas emissões de gases de efeito estufa, a temperatura na região pode subir até 6 °C até 2100. Esses estudos também identificaram que a frequência das grandes secas deu um salto do padrão de um evento extremo a cada vinte anos para quatro eventos no mesmo intervalo.**

Mas os problemas não estão restritos à Amazônia. Eventos climáticos extremos são cada vez mais frequentes no Brasil, como incêndios florestais e seca extrema por um lado, e inundações e enchentes por outro. Com dados para o Estado do Rio de Janeiro, Sant'Anna (2018) demonstra que a probabilidade de um evento de chuva extrema transformar-se em um desastre é muito maior **em áreas pobres**. Isso ocorre porque, em regiões mais pobres, há menos infraestrutura urbana de adaptação, e a chance de um evento extremo transformar-se em desastre é maior. No outro extremo, Costa *et al.* (2021) mostram que os efeitos dos eventos de seca no Semiárido Nordeste sobre a perda de área de cultivo e produção agrícola são muito mais fortes na agricultura familiar do que nos cultivos comerciais (principais beneficiários da irrigação). As sucessivas crises causadas por eventos extremos trazem perdas de vidas humanas e significativo prejuízo material. **Young *et al.* (2015) demonstram que, no Brasil, as perdas econômicas causadas por enxurradas, inundações e movimentos de massa, em média, custaram entre 0,5% e 1% do PIB nos anos de 2002 a 2012.** Sobreira *et al.* (2025) argumentam que os incêndios florestais estão causando graves declínios na biodiversidade, aumentando os problemas de saúde pública e afetando negativamente a economia, com impactos anuais da ordem de bilhões de dólares. As chuvas no Rio Grande do Sul em 2024 trouxeram um prejuízo de pelo menos R\$ 89 bilhões (Suarez *et al.*, 2024). Há grande heterogeneidade e diversidade na tipificação desses eventos extremos e suas consequências. **Porém, pode-se afirmar, de forma geral, que as consequências dos eventos extremos causados pelas mudanças climáticas tendem a acentuar as desigualdades econômicas, sociais e regionais já existentes (Young, 2024).** Por isso, é fundamental aprofundar o estudo de metodologias que permitam avançar em métricas sistemáticas para compreender a magnitude econômica dos custos da inação climática.

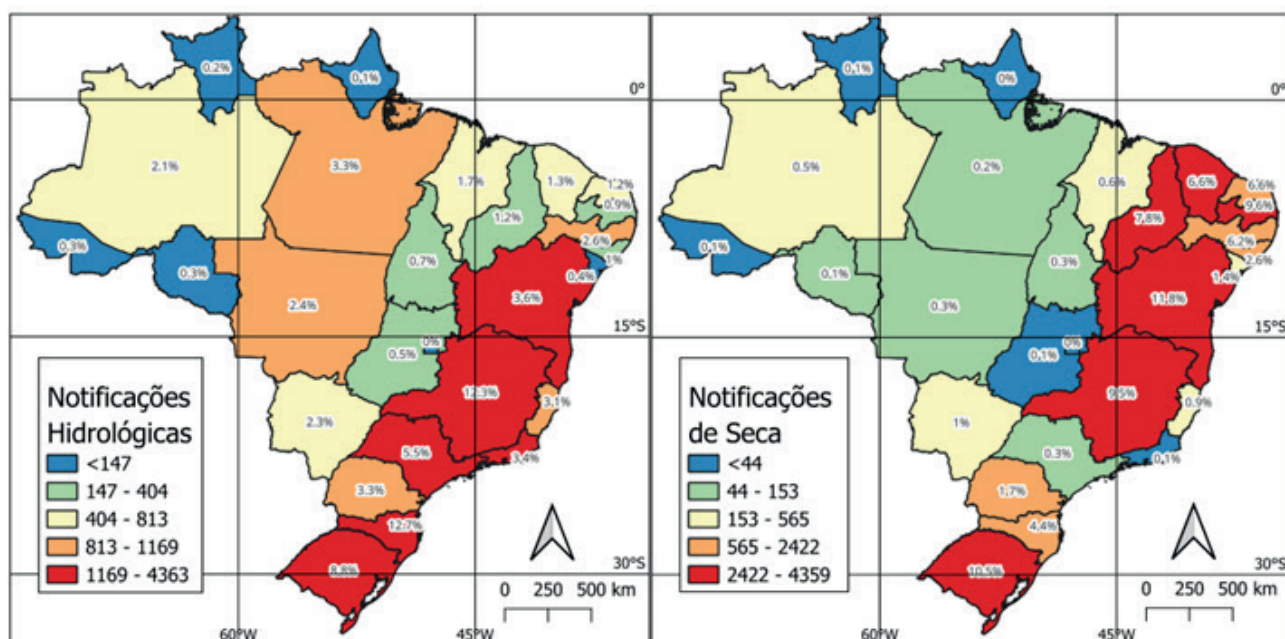
3.2. Caracterizando os Desastres Naturais (2000-2023)

Esta seção apresenta o panorama geral dos desastres ambientais no Brasil entre 2000 e 2023, analisando as mais de 56 mil notificações registradas no Atlas Digital de Desastres. A análise revela padrões regionais, sazonais e evolutivos que caracterizam a vulnerabilidade climática brasileira. Os dados evidenciam uma clara divisão territorial: **enquanto 65% dos desastres hidrológicos se concentram nas regiões Sul e Sudeste, 64% dos eventos de seca ocorrem no Nordeste, refletindo as características climáticas e geográficas distintas de cada região.** Além da distribuição espacial, a análise temporal revela uma tendência preocupante de crescimento nas notificações, especialmente para desastres hidrológicos a partir de 2020. Essa tendência vem acompanhada por danos humanos e perdas econômicas — como os R\$ 63 bilhões em prejuízos privados por seca registrados em 2022. Esta primeira perspectiva geral contextualiza a análise da magnitude dos desastres meteorológicos no país, assim como sua evolução e os padrões regionais que orientarão análises mais detalhadas sobre vulnerabilidades e impactos diferenciados.

Para proceder a esta análise, foram compilados os números de notificações de desastres naturais hidrológicos (relacionados à chuva forte) e de seca de 2000 até 2023. A Figura 5 apresenta a proporção das notificações nas Unidades da Federação. **Além dos padrões de seca no Nordeste e desastres hidrológicos no Sul e Sudeste, vale mencionar que Minas Gerais, Santa Catarina e Rio Grande do Sul sozinhos foram responsáveis por mais de 35% das notificações de desastres hidrológicos.** O Rio Grande do Sul também foi o segundo estado com mais notificações de desastres de seca, junto de outras UFs do Nordeste, como Bahia, Paraíba, Piauí e Ceará, e de Minas Gerais, cuja parte significativa do Norte do estado já se enquadra como Semiárido (Tomasella *et al.*, 2023).

Aprofundando a análise espacial das notificações de desastres naturais, a Figura 6 apresenta a soma de quantos anos em que cada município reportou desastres de seca ou relacionados às chuvas extremas. No caso da seca, os padrões regionais são muito claros: há uma enorme quantidade de anos em que municípios no interior do Nordeste brasileiro e no Norte de Minas Gerais tiveram notificações. Comparativamente com a Figura 1, fica mais fácil identificar que a região atendida é, de fato, o Semiárido, uma vez que municípios localizados no litoral não registraram tantos anos de seca. Há também uma quantidade relevante de notificações no Rio Grande do Sul e no interior de Santa Catarina.

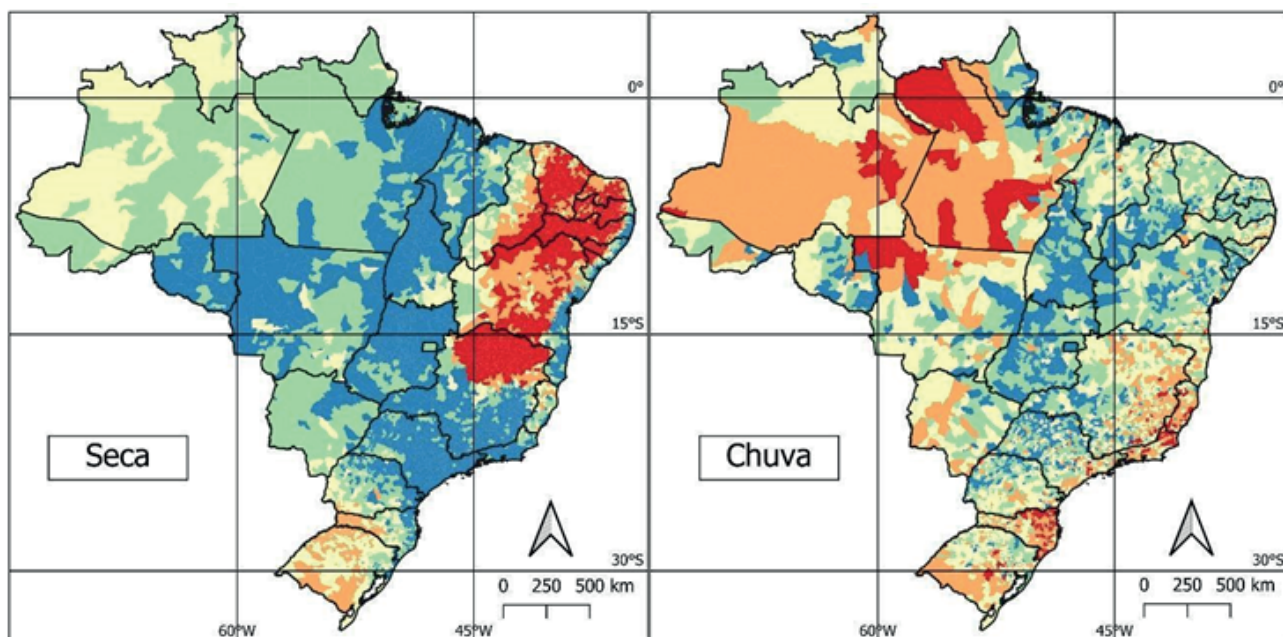
Figura 5. Número e proporção de notificações de desastres por UF, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil.

Nota: a escala (cores) dos mapas corresponde ao número total de notificações, enquanto o rótulo apresenta a proporção de cada UF.

Figura 6. Número de anos com notificação de desastres por municípios, 2000-2023.



Número de Anos com Eventos

- Sem Evento
- 1 ou 2 Anos
- De 3 a 5 Anos
- De 6 a 10 Anos
- Mais de 10 Anos

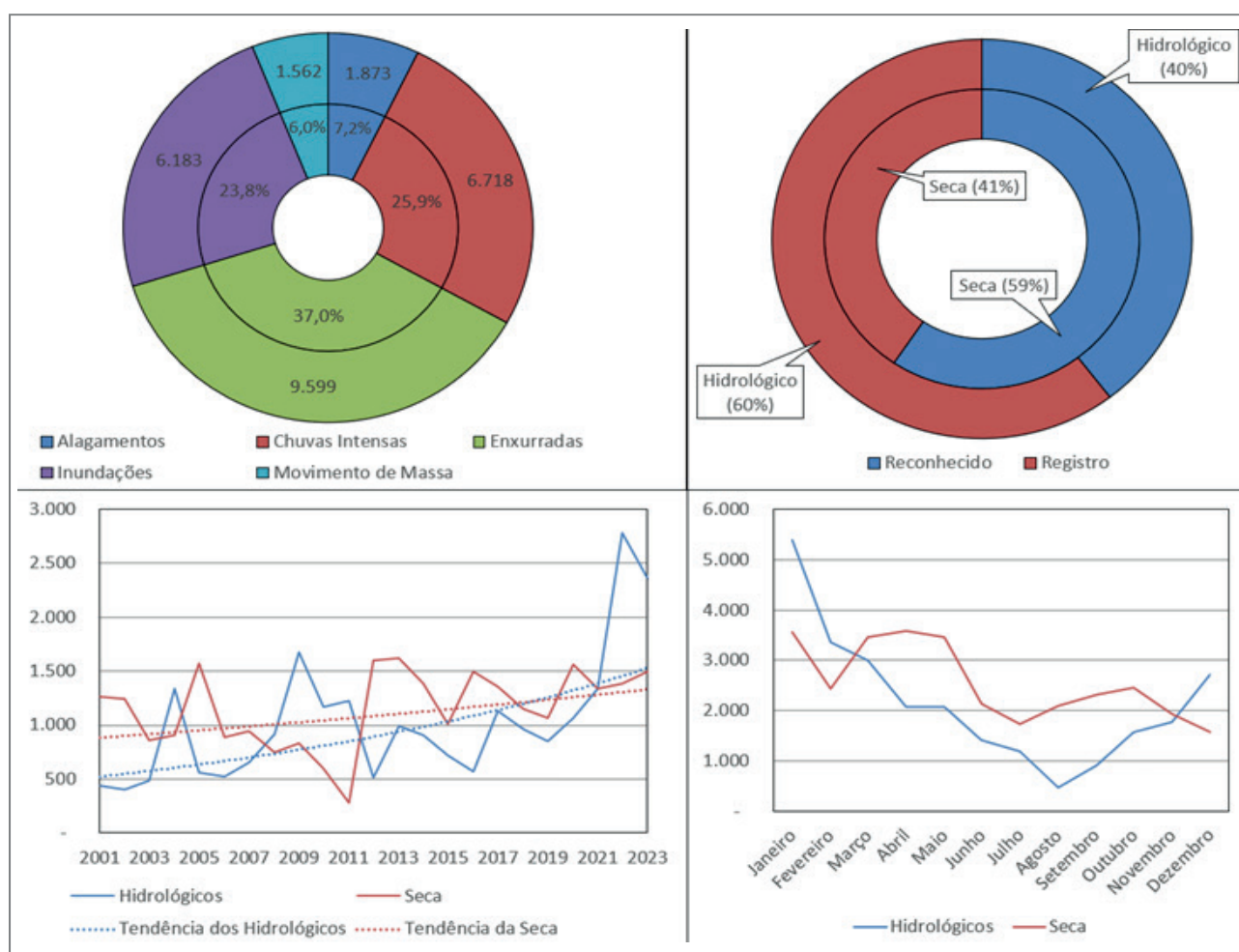
Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil.

Nota: escala escolhida de forma arbitrária para evidenciar contraste entre os municípios.

No Centro-Oeste boa parte das notificações de seca se concentram no Mato Grosso e no Mato Grosso do Sul, enquanto no Norte há uma distribuição mais uniforme entre Acre, Amazonas, Roraima, Amapá e em parte do Pará. No caso das notificações de desastres associados à chuva extrema, é possível notar uma distribuição um pouco menos concentrada, mas com algumas regiões mais atingidas. Vale destacar a região mais próxima do litoral atlântico, em especial Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e Minas Gerais; e a região Norte, com municípios com alto número de notificações no Pará e no Amazonas; além do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, no Centro-Oeste.

A Figura 7 apresenta a proporção das tipologias de desastres relacionados às chuvas extremas, a proporção de desastres apenas registrados ou já reconhecidos, a sazonalidade e a evolução nos anos das notificações de desastres hidrológicos e de seca. **Nos casos de desastres hidrológicos, os tipos mais comuns nas notificações são as enxurradas, as chuvas intensas e as inundações.** Desastres de alagamentos e movimentos de massa são menos significativos em relação ao número de notificações. No caso de seca, **a tipologia principal na base de dados é a de “seca e estiagem”, não tendo maiores detalhes sobre o tipo de seca.** No painel seguinte, é possível identificar a proporção entre as notificações de Situação de Emergência ou de Calamidade Pública reconhecidas pelo poder público federal e das notificações que apenas foram registradas (não reconhecidas). As notificações de seca tendem a ser mais

Figura 7. Painel com tipologia, *status*, evolução e sazonalidade das notificações de desastres, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil.

Nota: Painel A sobre a quantidade e participação das tipologias de eventos reportados em desastres hidrológicos; Painel B sobre a proporção dos status das notificações hidrológicas e de seca, podendo ser reconhecidas ou apenas registradas; Painel C sobre os eventos reportados por ano de 2001 até 2023, com tendência exponencial de ambos; e Painel D sobre a evolução ao longo dos meses do ano dos eventos reportados.

reconhecidas, com cerca de 59% (18,2 mil) de reconhecimento, enquanto as notificações hidrológicas têm cerca de 40% (10,2 mil) de reconhecimento.

Considerando a sazonalidade das notificações, pode-se reparar diferentes padrões: os desastres hidrológicos tendem a ser mais notificados de dezembro até maio, períodos de chuvas mais intensas no Sul, Sudeste e no litoral Atlântico; enquanto as secas têm uma distribuição um pouco menos sazonal, mas com mais notificações nos primeiros meses do ano. Vale destacar que os padrões sazonais também revelam variações entre as diversas regiões do país. No painel da Figura 6 também é possível observar a evolução na quantidade de notificações dos dois tipos de desastres abordados. **Destaca-se um crescimento considerável no número de notificações de desastres hidrológicos a partir de 2020, enquanto as notificações de seca se mantêm em um nível mais elevado desde 2012.** Em ambos os casos há uma tendência de crescimento no período analisado. Em uma perspectiva de longo prazo, em um cenário de mudanças climáticas, é esperado que esses eventos, além de mais frequentes, sejam também cada vez mais longos e severos, como tem sido observado nos últimos anos (Zilli *et al.*, 2017; Brito *et al.*, 2018; Martini, 2022; Nunes *et al.*, 2023).

Ao realizar as notificações de desastres naturais, a Defesa Civil ou o ente encarregado devem reportar também as estimativas de danos humanos e danos e prejuízos econômicos. Os danos humanos se referem ao número de mortos (ou desaparecidos), de desalojados e desabrigados, e de feridos e doentes. Os danos materiais se referem às perdas de infraestrutura, como danos à habitação, a instituições de educação e saúde, à infraestrutura diversa, como estradas, redes de eletricidade, comunicação e distribuição de água e esgoto e às construções privadas e públicas de outra natureza. Também são reportados os prejuízos, que podem ser privados, quando se refere à perda monetária ocasionada pelo impedimento de uma atividade privada ou pela perda de produção, ou públicos, relacionados ao custo adicional de um serviço público gerado pelo evento.

A Tabela 1 apresenta, por região, os agregados de danos e prejuízos para o período de 2000 até 2023. Nesse período, é possível verificar que os desastres de seca causaram danos e prejuízos em maior

Tabela 1. Danos e prejuízos humanos e econômicos causados por secas, 2000-2023.

	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Pessoas Mortas	24	113	99	-	-
Desabrigados ou desalojados	38.998	33.607	1.824	483	538
Feridos ou doentes	3.197.233	83.825.962	10.912.083	8.830.346	2.845.907
Total DM (Bi R\$)	0,1	0,7	0,1	0,8	0,0
Prejuízo Público - Abastecimento de Água (Bi R\$)	0,3	51,6	5,4	1,4	0,0
Total Prejuízo Público (Bi R\$)	0,6	54,1	6,9	2,3	0,0
Prejuízo Privado - Agricultura (Bi R\$)	1,2	181,1	58,9	234,5	44,6
Prejuízo Privado - Pecuária (Bi R\$)	0,7	74,3	35,7	38,6	19,6
Prejuízo Privado - Comércio (Bi R\$)	1,1	4,2	3,5	0,0	0,5
Total Prejuízo Privado (Bi R\$)	3,2	273,3	101,9	277,4	65,1
Prejuízo Total (Bi R\$)	3,8	327,4	108,9	279,7	65,2

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil.

Nota: subcategorias dos prejuízos público e privados escolhidas a partir da relevância média para o tipo de desastre.

número no Nordeste. O número de feridos e doentes atribuídos à seca na região são muito maiores do que para o resto do país. É possível verificar um alto número de feridos e doentes no Sudeste e no Sul. Além da quantidade de desabrigados e desalojados no Norte — populações que, em muitos casos, estão mais isoladas e, em eventos de seca, podem precisar ser realocadas. Vale destacar ainda o prejuízo público relacionado ao abastecimento de água no Nordeste — característica que, provavelmente, está relacionada à falta de água para a população; e um alto valor de prejuízo privado para agricultura e pecuária no Nordeste e Sul, principalmente.

Na Tabela 2 são apresentados os danos e prejuízos causados por desastres hidrológicos associados às chuvas extremas. No caso dos danos humanos, é possível perceber uma distribuição mais equilibrada entre Norte, Nordeste, Sudeste e Sul. Contudo, é preciso ressaltar o valor elevado dos danos no Norte, principalmente o número de desabrigados e desalojados, em uma região com a população consideravelmente menor do que as demais regiões mais afetadas. Destacam-se os altos valores de dano material, em especial os danos em habitação e infraestrutura — com valores relevantes para todas as cinco regiões, em especial considerando o impacto proporcional ao tamanho de cada uma. A região Sul apresenta prejuízos privados consideravelmente maiores do que as demais regiões, especialmente na produção agrícola. Ainda assim, destacam-se os valores elevados das perdas para a produção agrícola do Centro-Oeste.

Considerando os danos humanos notificados de desastres hidrológicos e de seca, é possível observar uma tendência de crescimento semelhante à tendência apresentada no painel da Figura 7. Os desastres associados à chuva extrema apresentaram crescimento significativo de desabrigados e desalojados e de feridos e doentes em relação aos cinco primeiros anos da série.

Tabela 2. Danos e prejuízos humanos e econômicos causados por desastres hidrológicos, 2000-2023.

	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Pessoas Mortas	292	1.585	4.467	689	38
Desabrigados ou desalojados	2.006.780	2.566.712	2.040.157	1.841.343	68.533
Feridos ou doentes	7.741.769	20.875.526	29.882.668	22.262.928	3.325.339
DM Habitação (Bi R\$)	7,3	38,5	36,2	15,7	0,5
DM Infraestrutura (Bi R\$)	12,3	33,9	70,2	31,3	9,8
Total DM (Bi R\$)	21,3	74,7	110,2	48,5	10,5
Prejuízo Público - Transporte (Bi R\$)	2,0	3,6	12,2	8,5	3,3
Prejuízo Público - Esgoto/ Saneamento (Bi R\$)	0,5	3,8	3,2	1,2	0,4
Total Prejuízo Público (Bi R\$)	5,5	13,2	22,3	12,9	4,0
Prejuízo Privado - Agricultura (Bi R\$)	6,4	16,3	12,8	50,5	22,7
Prejuízo Privado - Pecuária (Bi R\$)	2,7	3,0	4,5	5,7	4,4
Prejuízo Privado - Comércio (Bi R\$)	0,2	7,6	29,4	21,1	0,1
Total Prejuízo Privado (Bi R\$)	11,9	29,6	63,6	95,9	28,0
Prejuízo Total (Bi R\$)	17,4	42,7	85,9	108,7	32,0

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil.

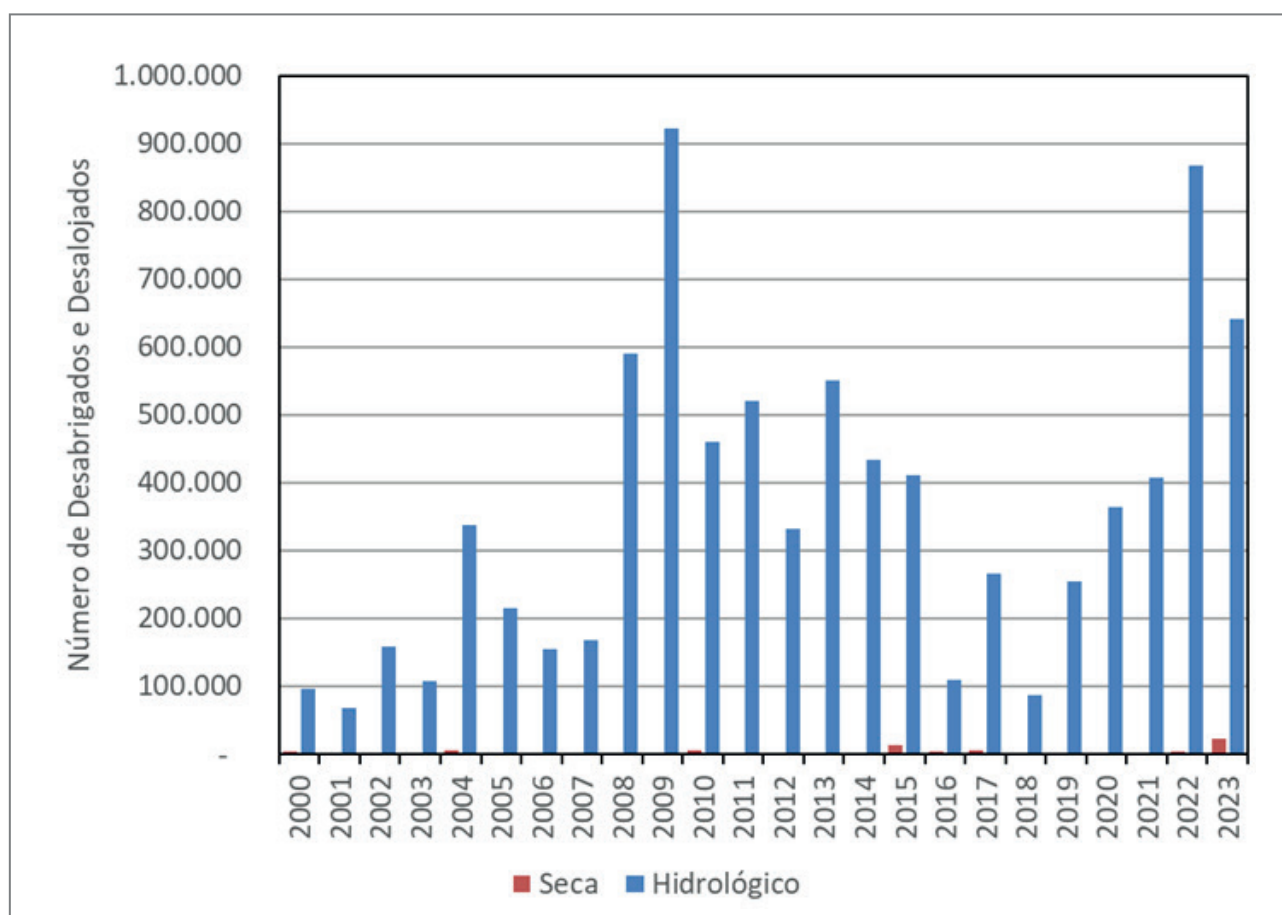
Nota: subcategorias dos prejuízos público e privados escolhidas a partir da relevância média para o tipo de desastre.

Na Figura 8 é possível observar como a média de desabrigados e desalojados aumentou para notificações de desastres hidrológicos. Em 2009 e 2022 foram observados os maiores danos humanos dessa métrica para desastres associados às chuvas extremas, especialmente por conta das fortes chuvas no Norte e Nordeste em 2009 (Leal, 2010; Young *et al.*, 2015) e dos episódios em Angra dos Reis (Magalhães, 2024), Governador Valadares (Chaves *et al.*, 2023), Petrópolis (Assunção *et al.*, 2023; Blaudt *et al.*, 2023) e em diversas cidades do litoral nordestino (Marengo *et al.*, 2023; Barbosa, 2024; Junior *et al.*, 2024), em 2022.

Além dos desabrigados e desalojados, desastres relacionados à chuva extrema também geraram um grande número de mortes e desaparecidos nas últimas décadas — efeitos estes que também tendem a ser desiguais, dependendo do acesso à infraestrutura e políticas públicas (Sant’Anna, 2018). Nesse caso, como pode ser visto na Figura 9, a série tem outliers ainda mais graves, principalmente em decorrência de episódios como o da região serrana do Rio de Janeiro, em 2011 (Dourado *et al.*, 2012; Busch e Amorim, 2011), de Petrópolis, em 2022, de Vitória da Conquista, em 2021, e de muitos outros no período. Nesses casos, destacam-se os tipos de desastres que tendem a ser ainda mais violentos, como as enxurradas e movimentos de massa que ocorrem por conta de chuvas extremas.

No caso da seca, os danos de desabrigados e desalojados e de mortos são mínimos quando comparado com os eventos de chuva extrema por conta da natureza do desastre. Porém, considerando os danos humanos de feridos e doentes, os eventos de seca se destacam, principalmente a partir de 2013, como pode ser visto na Figura 10. A partir desse período, a literatura destaca como os episódios de seca no semiárido (Marengo *et al.*, 2017) e no Sul (Fernandes *et al.*, 2021) do país se agravaram em relação aos episódios anteriores ao século XXI. Diferentemente dos desastres hidrológicos, que tendem

Figura 8. Número de desabrigados e desalojados por ano em decorrência de desastres, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil.

Figura 9. Número de mortes em decorrência de desastres, 2000-2023.

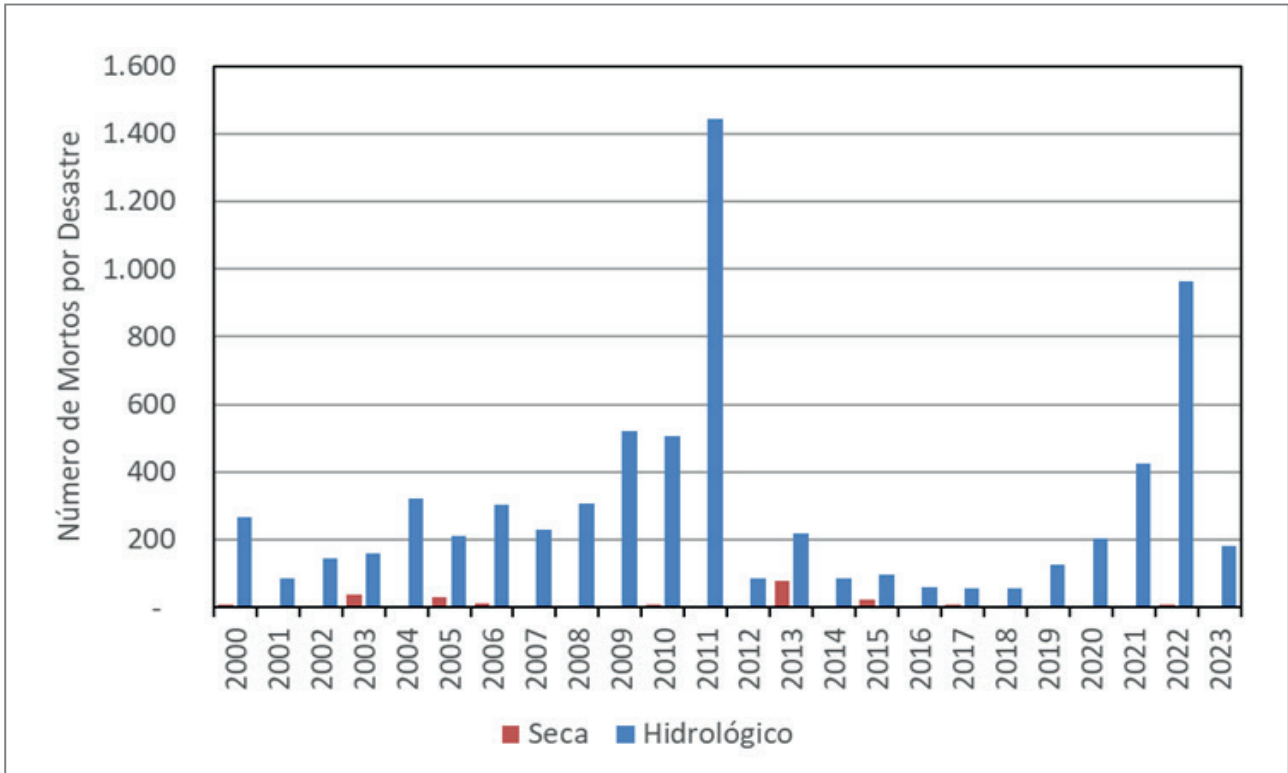
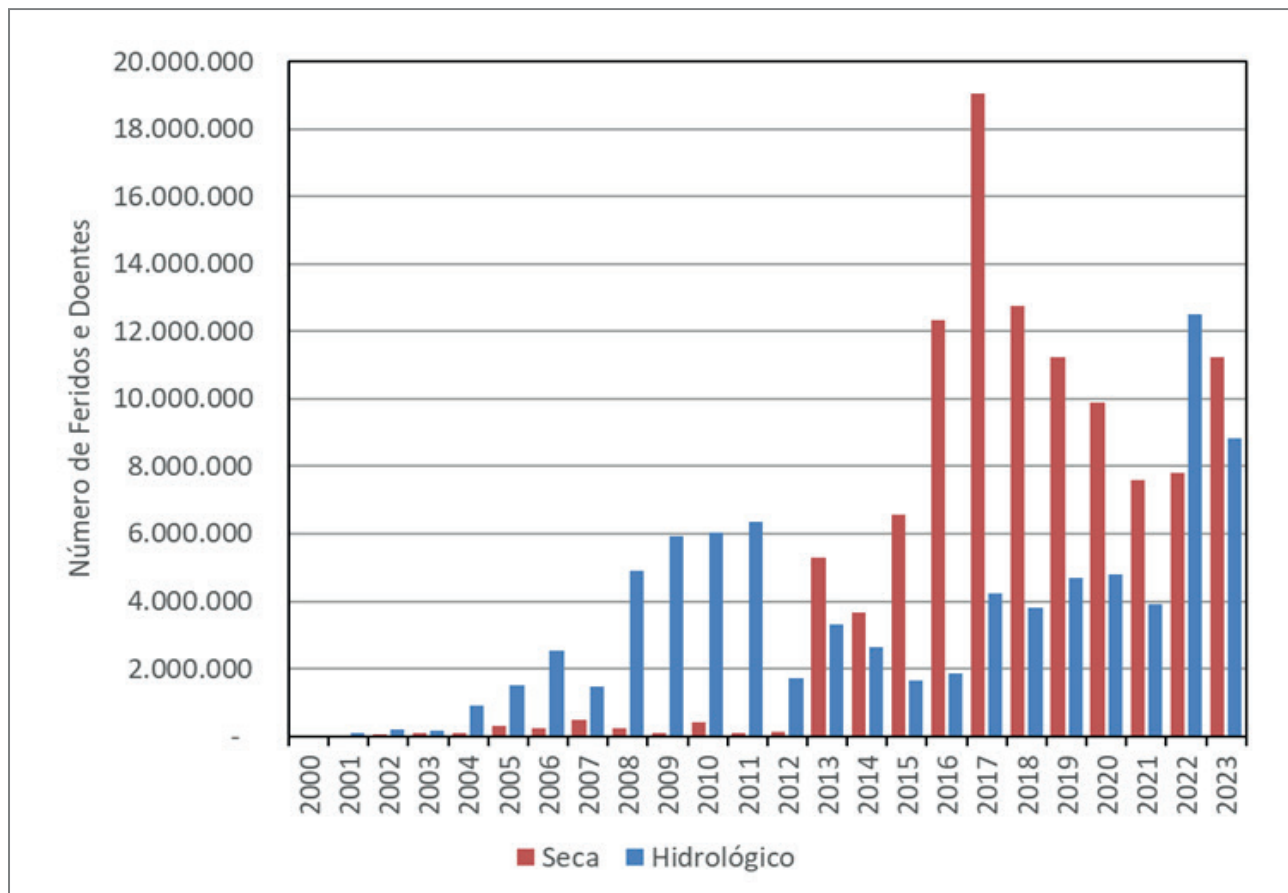


Figura 10. Número de feridos e doentes em decorrência de desastres, 2000-2023.

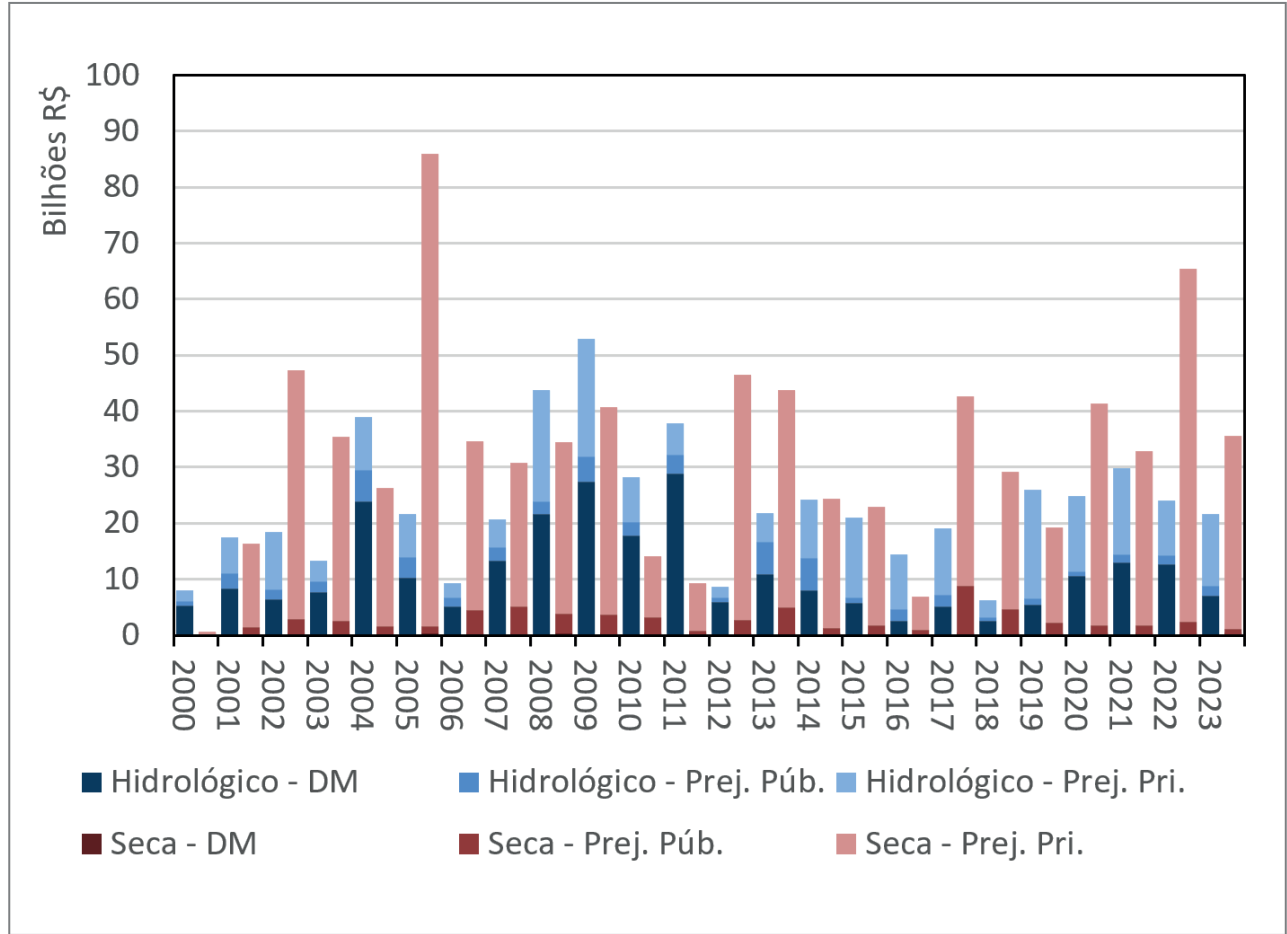


Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil.

a ser mais pontuais no espaço e tempo, os eventos de seca têm escala regional e podem ser sentidos durante anos. Desde a crise hídrica de 2014-2015 no Sudeste (Marengo *et al.*, 2015), até a grande seca de 2012-2017 no semiárido (Marengo *et al.*, 2016; Santana e Santos, 2020) e dos episódios mais recentes no Norte do país em 2023 e 2024 (Souza *et al.*, 2024; Espinoza *et al.*, 2024), a seca nos últimos anos têm afetado milhões de pessoas direta ou indiretamente, tendo seus efeitos mais perceptíveis para populações ainda mais vulneráveis (Costa *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2021; Salvador *et al.*, 2022).

Além das diversas métricas de danos humanos reportados nas notificações de desastres, também vale considerar a evolução no tempo dos valores de danos e prejuízos econômicos. A Figura 11 apresenta os valores anuais de danos e prejuízos econômicos de ambos os tipos de desastres. **Uma primeira característica das séries que vale ser mencionada é que, em todo período, as perdas econômicas relacionadas às notificações de seca são puxadas por prejuízos privados, enquanto em quase todo o período as perdas de desastres hidrológicos são puxadas por danos materiais — e prejuízo público mais recentemente.** No caso das perdas econômicas notificadas por desastres de seca, as maiores perdas ocorreram em 2005, um ano em que houve muitas notificações de seca e também próximo do período de “boom das commodities” — período em que o preço das commodities agropecuárias, principal setor atingido por secas, esteve acima dos padrões médios históricos. Além disso, vale mencionar os elevados prejuízos privados de secas em 2012, 2013 e 2023 — período da

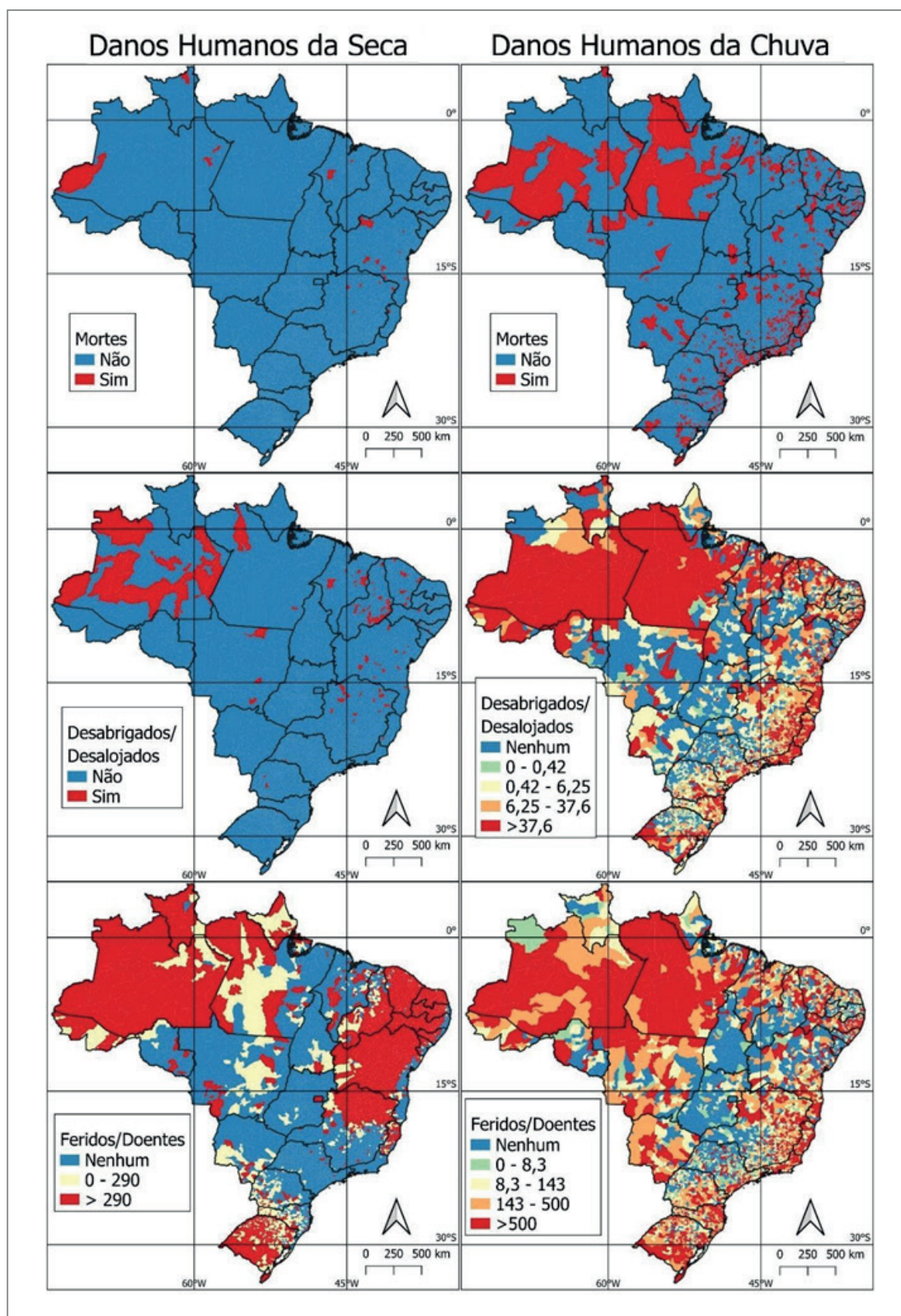
Figura 11. Danos e prejuízos econômicos em decorrência de desastres, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil.

Nota: valores deflacionados a partir do deflator implícito do PIB para 2024.

Figura 12. Média anual por município dos danos humanos reportados, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil.

Nota: adotou-se escala binária quando havia poucos municípios com as perdas específicas e escalas com quantis nas demais. No caso das escalas com quantis, é importante notar que como há sempre um quantil com valor igual a zero, essa categoria tende a ser maior que as demais, uma vez que a quebra entre uma categoria e outra pode se dar em uma observação de valor zero.

grande seca no semiárido, como já mencionado, e valores persistentemente acima dos R\$ 30 bilhões a partir de 2020, com destaque para os R\$ 63 bilhões de prejuízo privado em 2022, segundo maior ano de perda econômica da série.

As perdas econômicas notificadas de desastres hidrológicos apresentam períodos de oscilações durante toda a série. O período de 2008 até 2011 é o período de maiores perdas econômicas relacionadas a esses tipos de desastre, especialmente por conta dos danos materiais. De fato, como já relatado, esse período foi extremamente relevante, com desastres muito importantes no Norte, Nordeste e no Sudeste, especialmente no estado do Rio de Janeiro — que sofreu danos materiais relevantes em eventos na região serrana e na capital. A partir de 2019 é possível notar um novo período de elevadas perdas econômicas, mas com maior relevância para os prejuízos públicos. Apesar da dificuldade em se retirar conclusões robustas a partir dessas séries temporais, vale destacar que nos anos mais recentes as perdas econômicas parecem ter estacionado em um patamar elevado.

3.3. A distribuição espacial de danos e prejuízos

Da mesma forma, eventos hidrológicos extremos tendem a ter mais notificações no Sudeste e no Sul, enquanto os indicadores meteorológicos apontam para mais casos no Nordeste. É importante destacar que eventos extremos só se tornam desastres naturais se houver consequências socioeconômicas. Portanto, não se deve esperar que indicadores de eventos extremos estejam completamente correlacionados com os desastres naturais reportados. Porém, essas diferenças podem indicar capacidades diversas de resiliência e fragilidade das comunidades das regiões, mas também podem indicar propensões distintas de se declarar determinado tipo de desastre.

A Figura 12 apresenta os mapas com a distribuição espacial dos danos humanos das notificações de desastres naturais de seca e de chuva extrema. No caso de mortes e de desabrigados ou desalojados pela seca, é possível notar que as ocorrências se deram em um número específico de municípios concentrados, principalmente, no Norte e no semiárido brasileiro. Já os feridos e doentes foram reportados principalmente no Norte, Nordeste e Sul (além de casos no Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Espírito Santo), com grande parte dos municípios dessa região tendo mais de 290 pessoas afetadas.

No caso dos danos humanos de desastres associados à chuva extrema, percebe-se novamente um padrão espacial menos concentrado. De todo modo, pode-se notar um número maior de municípios com mortes associadas a esses desastres, em especial nas regiões mais próximas ao litoral atlântico e no Norte do país. Um padrão espacial parecido — mas mais difundido — pode ser observado para as notificações de desabrigados ou desalojados e feridos ou doentes por esse tipo de desastre — com destaque para municípios com notificações relevantes também no interior do país, como no Mato Grosso do Sul, Mato Grosso, no interior de Minas Gerais e dos estados do Nordeste.

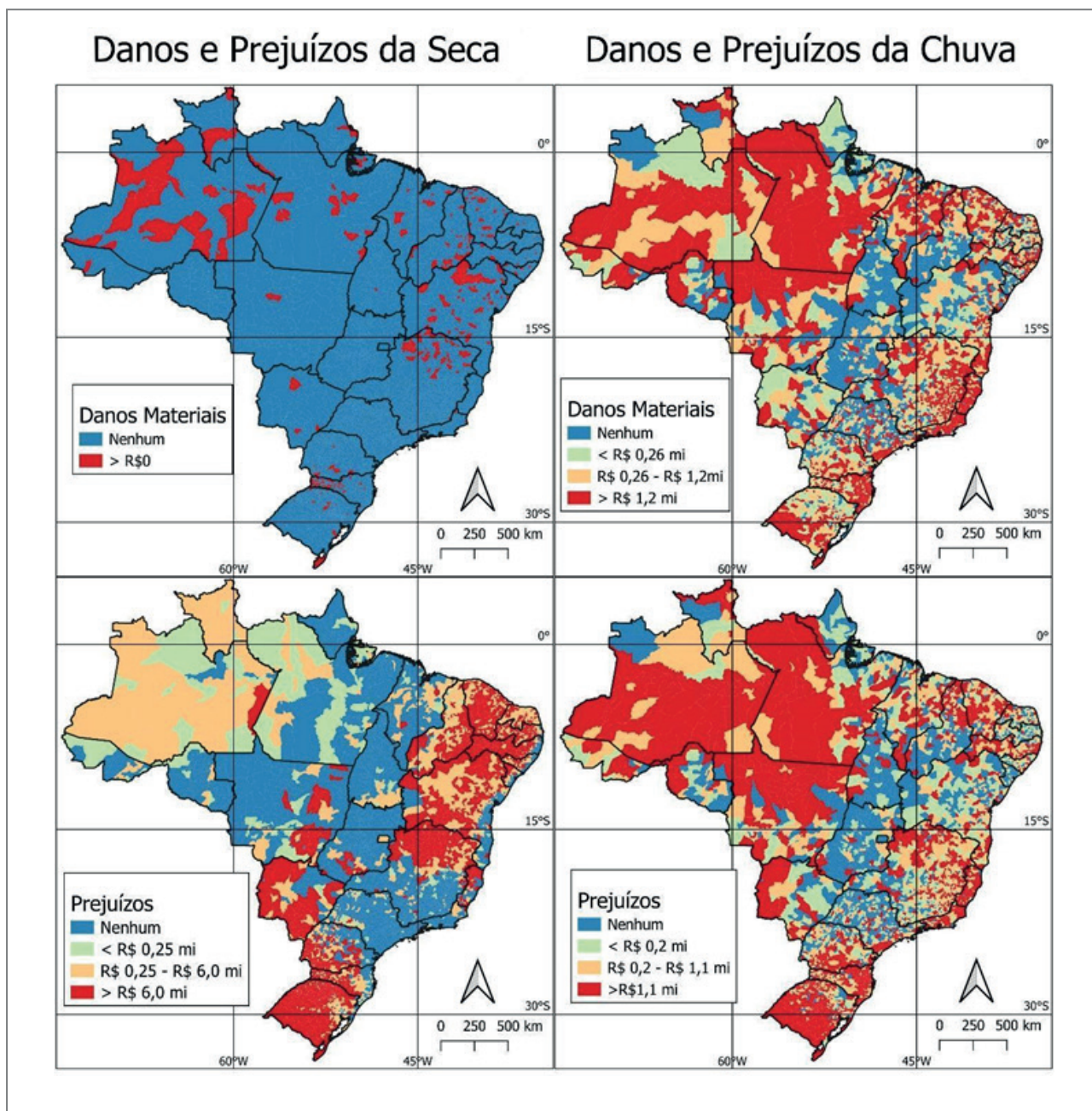
Em relação à distribuição espacial das perdas econômicas notificadas pelos dois tipos de desastre, apresentadas na Figura 13, é possível observar uma distribuição espacial próxima às observadas na Figura 12. No caso da seca, os danos materiais tendem a ser inexistentes para a grande maioria dos municípios. **Já os prejuízos econômicos se concentram tanto no semiárido brasileiro, no Sul, no Mato Grosso do Sul, no Mato Grosso e, em menor escala, no Norte.** Um aspecto importante de se notar é que os prejuízos privados tendem a ser maiores nas localidades em que as atividades econômicas tendem a ser mais produtivas — como a agricultura no Sul e no Centro-Oeste. Isso pode ajudar a explicar, por exemplo, maiores danos humanos no Nordeste e no Norte, e uma concentração maior de municípios com mais perdas econômicas médias no Sul e Centro-Oeste. Essas tendências são relevantes de se entender, uma vez que podem auxiliar na estimação de efeitos heterogêneos dos desastres naturais nas regiões do país. **No caso de perdas econômicas por desastres hidrológicos, o padrão espacial é semelhante ao de danos humanos, com danos e prejuízos menores no centro do país e maiores nas demais regiões** — e, como ressaltam Young *et al.* (2015), tendem a ser especialmente mais altos em proporção do

PIB em regiões mais pobres, como Norte e Nordeste. No caso de prejuízos econômicos, vale ressaltar uma proporção maior de regiões afetadas no Sul do país, em especial em Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

3.4. Panorama sobre os eventos meteorológicos extremos

Nesta subseção será analisada em detalhes a distribuição espacial das notificações de desastres relacionados à seca e às chuvas extremas, além dos respectivos danos humanos e perdas econômicas.

Figura 13 Média anual por município das perdas econômicas reportadas, 2000-2023.

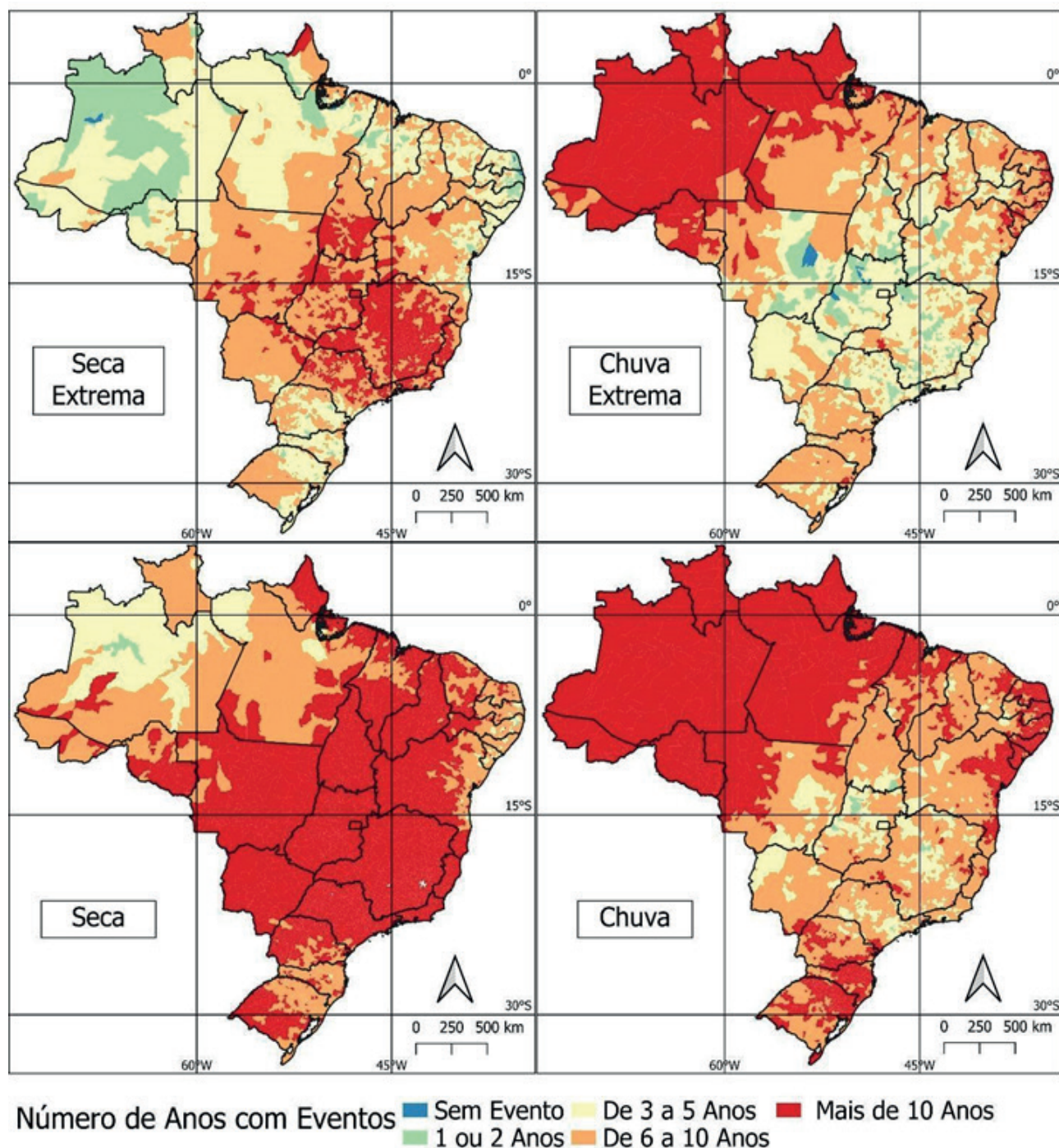


Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil.

Nota: adotou-se escala binária quando havia poucos municípios com as perdas específicas e escalas com quantis nas demais. No caso das escalas com quantis, é importante notar que como há sempre um quantil com valor igual a zero, essa categoria tende a ser maior que as demais, uma vez que a quebra entre uma categoria e outra pode se dar em uma observação de valor zero.

Porém, como já abordado na Seção 2.2, os dados notificados podem sofrer diversas distorções, como as sobrenotificações e a subestimativa das perdas de eventos de grande escala, que acabam dificultando estimativas mais robustas de perdas e danos. Portanto, nesta subseção serão analisados também os padrões espaciais de eventos meteorológicos relacionados à seca e às chuvas extremas, **para que seja possível associar as notificações de desastres com indicadores meteorológicos de eventos extremos fora do normal de cada localidade.**

Figura 14. Número de anos com eventos meteorológicos relevantes por município, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir do ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).

Nota: escala da Figura 2 mantida para destacar a diferença entre as variáveis de notificação e de eventos meteorológicos.

A Figura 14 apresenta os mapas com eventos extremos e eventos relevantes (ver nota da figura para detalhamento) a partir dos indicadores meteorológicos construídos neste estudo.⁸ Como pode ser visto, os mapas da Figura 14 apresentam um padrão distinto dos mapas das notificações apresentados nas Figura 5 e 6. Considerando os eventos de seca extrema, é possível observar um número maior de anos com eventos no Sudeste e no Centro-Oeste — isto é, secas que tendem a ser mais extremas do que os padrões dos municípios da região. Nesse caso, vale destacar um padrão distinto para a região do semiárido brasileiro, uma vez que essa região é historicamente mais seca e, para ser considerado extremo, o evento meteorológico precisa ser ainda mais relevante. Ainda assim, vale destacar uma quantidade relevante de municípios na região com mais de dez anos de eventos (no Norte de Minas Gerais) e regiões com mais de seis anos com eventos no interior do Nordeste. Outras regiões relevantes no número de notificações, como no interior do Rio Grande do Sul, no Mato Grosso do Sul e no Mato Grosso, também foram categorizadas como seca extrema em boa parte dos anos analisados. Ao considerar os episódios de secas relevantes, é possível observar que a maior parte dos municípios foram categorizados como seca em mais de dez anos. Isso indica que no período de 2000 até 2023, os municípios passaram a experimentar eventos meteorológicos de baixa precipitação além do que eles estão acostumados, dado o padrão histórico individual.

No caso dos municípios com mais anos de chuvas extremas significativas, é possível observar uma maior concentração no Norte do Brasil, além do litoral do Nordeste e dos estados do Sul. De todo modo, existem poucos casos de municípios que observaram menos de três anos de chuva extrema para o seu padrão histórico. Isso fica ainda mais evidente no mapa de eventos de chuva relevantes, em que quase todo o território brasileiro experienciou mais de seis anos de chuvas além do seu padrão histórico. Isso vale mesmo para regiões que têm histórico de desastres de chuvas extremas, como em boa parte do Sudeste.

Na Tabela 3 é possível ver a quantidade de observações (municípios-ano) por região que foram categorizadas com evento extremo de seca para cada um dos indicadores utilizados (precipitação média,

Tabela 3. Número de observações identificadas com eventos extremos de seca, 2000-2023.

	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	BRASIL
Seca Reportada (Notificações)	412 2,0%	12.614 62,6%	2.975 14,8%	3.940 19,5%	213 1,1%	20.154 100,0%
Seca Extrema (Precipitação)	1.298 5,9%	4.682 21,2%	10.048 45,5%	3.554 16,1%	2.517 11,4%	22.099 100,0%
Seca Extrema (dias seguidos de seca de 0.5mm)	1.536 8,4%	3.941 21,6%	8.091 44,3%	2.267 12,4%	2.432 13,3%	18.267 100,0%
Seca Extrema (dias seguidos de seca de 1mm)	840 5,0%	3.241 19,1%	8.601 50,8%	2.557 15,1%	1.686 10,0%	16.925 100,0%

Fonte: Elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).

Nota: os casos de seca extrema identificados a partir de variáveis meteorológicas são aqueles com valores acima de 1 desvio em relação a média histórica do município (ou -1 desvio no caso de seca extrema identificado a partir da média de precipitação). As variáveis de seca explicitadas consistem em (i) notificações de seca reportada pelas defesas civis; (ii) seca extrema identificada a partir de 1 desvio negativo em relação à média histórica de precipitação média mensal no ano; (iii) seca extrema identificada a partir de 1 desvio padrão em relação ao valor máximo de dias seguidos de precipitação abaixo de 0,5 mm; (iv) análogo a iii, porém com dias seguidos de precipitação abaixo de 1 mm.

⁸ Vale destacar que, para realizar essa identificação, conforme explicado na seção de metodologia, foi realizada a ponderação pelo desvio padrão das observações históricas dos municípios — de modo que, para ser considerado extremo, o evento precisa estar fora do padrão normal do município.

dias seguidos de precipitação abaixo de 0,5 mm e abaixo de 1 mm). **Uma característica que se destaca é que a região Nordeste é a que mais notifica desastres de seca (63%), mas não é a região com mais secas extremas identificadas a partir dos indicadores meteorológicos.** Isso se deve, em grande medida, pela própria natureza dos indicadores de eventos extremos, que tendem a identificar como seca os eventos que mais se distanciam das médias históricas — levando em conta também a variação dos valores históricos. No caso do Semiárido brasileiro, que ocupa a maior parte do Nordeste, os eventos climáticos de seca, apesar de estarem se agravando (Brito *et al.*, 2018), são eventos bastante notificados em toda a série histórica. **Desse modo, os indicadores identificam como seca extrema os casos que são extremos para os próprios padrões de cada município. Desse modo, a diferença dos indicadores para o que é notificado pode refletir, a depender da região, uma tendência de eventos extremos (significativamente distantes da média histórica) cada vez mais comuns, mas que ainda não são o suficiente para serem notificados como desastres naturais na mesma proporção — como secas no Sudeste.** Alternativamente, podem indicar uma tendência de eventos de seca não tão extremos para os padrões da região, mas que continuam sendo notificados como desastres por conta da alta vulnerabilidade daquela região para lidar com eles — como no Nordeste.

Além disso, vale mencionar o número maior de seca extrema identificada a partir da precipitação e as diferenças de proporção entre os casos de seca reportada e seca identificadas pelos indicadores meteorológicos. **Assim como destacado na análise dos mapas da Figura 14, pode-se notar como há mais secas reportadas no Nordeste, enquanto as identificações a partir do desvio da média histórica apresentam mais observações no Sudeste.** No Centro-Oeste são notificadas apenas 1% das secas do país, enquanto os indicadores meteorológicos sugerem que mais de 10% dos casos ocorrem na região.

Analogamente, a Tabela 4 apresenta o número e a proporção de observações por região que tiveram notificação de evento hidrológico ou que foram identificados como eventos hidrológicos extremos pelos indicadores meteorológicos utilizados. No caso dos eventos hidrológicos, há uma variabilidade menor na proporção de observações entre os indicadores meteorológicos e entre os indicadores com as

Tabela 4. Número de observações identificadas com eventos hidrológicos extremos, 2000-2023.

	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste	BRASIL
Hidrológico Reportado (Notificações)	1.385 8,8%	3.280 20,8%	5.401 34,2%	4.795 30,4%	916 5,8%	15.777 100,0%
Hidrológico Extremo (Precipitação)	1.354 11,3%	5.350 44,7%	1.410 11,8%	3.404 28,5%	444 3,7%	11.962 100,0%
Hidrológico Extremo (Precipitação Diária Máxima)	2.561 11,8%	8.430 38,8%	4.895 22,6%	4.453 20,5%	1.361 6,3%	21.700 100,0%
Hidrológico Extremo (LSRR)	2.881 14,8%	8.445 43,4%	2.974 15,3%	4.246 21,8%	899 4,6%	19.445 100,0%
Hidrológico Extremo (LSPR)	2.979 14,8%	8.729 43,5%	3.051 15,2%	4.365 21,7%	955 4,8%	20.079 100,0%

Fonte: Elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).

Nota: os casos de eventos hidrológicos extremos identificados a partir de variáveis meteorológicas são aqueles com valores acima de 1 desvio em relação a média histórica do município. As variáveis de eventos hidrológicos explicitadas consistem em (i) notificações de eventos hidrológicos reportados pelas defesas civis; (ii) hidrológico extremo identificado a partir de 1 desvio em relação a média histórica de precipitação média mensal no ano; (iii) hidrológico extremo identificado a partir de 1 desvio em relação a média histórica da precipitação diária máxima; (iv) hidrológico extremo identificado a partir de 1 desvio em relação a média histórica de Large Scale Rain Rate (LSRR); (v) análogo ao anterior, porém utilizando o Large Scale Precipitation Rate (LSPR).

observações com notificações de desastres hidrológicos — apesar de um maior número de notificações no Sudeste e menor número de notificações no Nordeste, em relação aos indicadores. Entre os indicadores meteorológicos, o de precipitação média identifica um número consideravelmente menor de eventos extremos hidrológicos do que os demais indicadores.

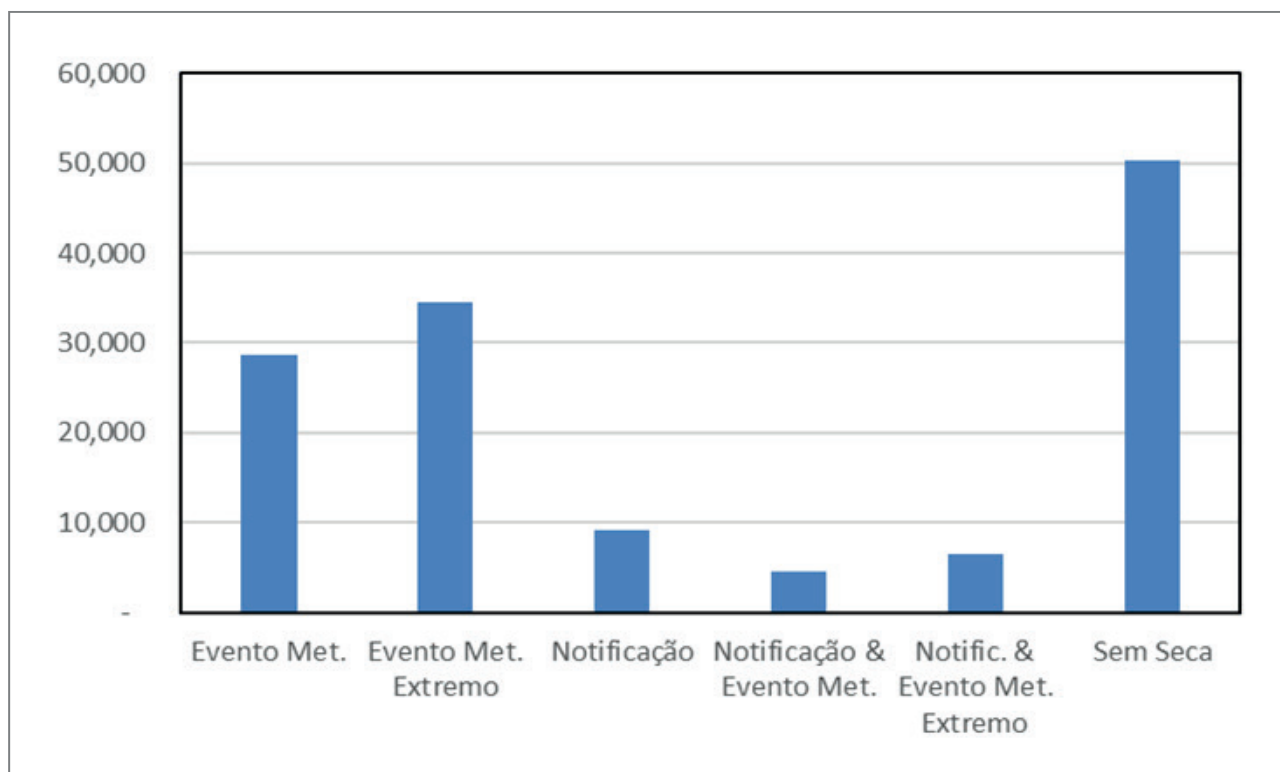
Um dos aspectos evidentes apresentados nesta subseção, mas também considerados ao longo de toda a seção, são as heterogeneidades regionais, tanto em relação aos desastres notificados e aos danos e perdas reportados quanto em relação ao que é identificado a partir dos indicadores meteorológicos. Essas características reforçam a importância de abordar as regiões de forma cuidadosa buscando considerar suas particularidades, uma vez que eventos climáticos extremos, isto é, fora dos padrões de cada município, podem gerar efeitos distintos a depender das diversas condições locais.

4. Análise descritiva dos custos de desastres

Nesta seção, serão apresentadas estatísticas descritivas que correlacionam as variáveis construídas a partir de dados climáticos — utilizadas para identificar eventos meteorológicos relevantes e extremos — com os registros de desastres naturais e outros indicadores socioeconômicos. A identificação e categorização dos eventos meteorológicos com base nos dados de precipitação e seca é essencial para gerar estimativas mais robustas das perdas associadas a eventos extremos, conforme a metodologia discutida na Seção 2.3. **O objetivo desta análise descritiva é compreender os indicadores socioeconômicos e os custos reportados no contexto de diferentes tipos de eventos climáticos. Trata-se de uma etapa preliminar do processo de estimação dos custos socioeconômicos dos desastres naturais, cujos resultados serão apresentados em um relatório posterior.**

Para realizar essa análise foram construídas categorias de interseção entre os indicadores meteorológicos de eventos relevantes e eventos extremos com as notificações de desastres. Para cada um dos dois tipos de desastres, seis categorias foram construídas: (i) observações que tiveram ao menos um evento relevante, com um indicador meteorológico entre 0,5 e 1 no desvio em relação à média —

Figura 15. Número de observações por categorização de seca, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).

Nota: 'Evento meteorológico relevante (Evento Met.)' são os eventos que têm valores entre 0,5 e 1 de desvio em relação à média de determinado indicador meteorológico (conforme Equação 1); Evento meteorológico extremo são os eventos que têm valores superiores a 1 de algum dos indicadores meteorológicos.

conforme na Equação 1; (ii) observações com ao menos um evento meteorológico extremo, com um indicador acima de 1 no valor do desvio em relação à média; (iii) observações sem eventos relevantes ou extremos, mas com ao menos uma notificação de desastre; (iv) observações com um evento relevante e uma notificação; (v) observações com um evento extremo e uma notificação; e (vi) observações sem qualquer evento relevante, extremo ou notificação. Com a criação destes grupos será possível ver se, na média, há diferenças relevantes entre eles. O objetivo com esta análise descritiva não é atribuir causalidade, mas sim apontar correlações das variáveis analisadas com os grupos, **buscando identificar se municípios com eventos climáticos e com notificações de desastres tendem a ser distintos do grupo que não tem desastres ou eventos extremos identificados.**

4.1. Análise descritiva dos eventos de seca

Para entender a proporção das diferentes categorias de eventos extremos e desastres naturais associados à seca, a Figura 15 apresenta a quantidade de observações (municípios-ano) em cada um dos grupos — definidos conforme explicado no início desta seção. Como é possível notar, de mais de 133 mil observações, cerca de 50 mil não tiveram qualquer categoria associada à seca, seja por meio dos indicadores climáticos, das notificações de desastres ou de ambos. Do total, cerca de 20 mil observações tiveram notificações de desastres de seca, em que 11 mil dessas observações também foram associadas a eventos climáticos relevantes ou extremos.

Além disso, é possível observar cerca de 34 mil observações de eventos extremos de seca que não foram associados com notificações de desastres. Esse alto valor pode apontar a falta de capacidade de alguns municípios de declararem o desastre da seca, mas também se deve em parte ao fato de que nem todo evento extremo fora do padrão do município se converte em desastre, dada a capacidade de resiliência e das características dos municípios. Por fim, vale mencionar que 74 mil observações tiveram ao menos um indicador de evento relevante ou extremo de seca (número obtido somando as barras de todas as observações com algum tipo de evento meteorológico, extremo ou não, na Figura 15), representando cerca de 55% da amostra.

A Tabela 5 apresenta a quantidade de observações de cada categoria em cada um dos três indicadores específicos (precipitação média anual, dias seguidos abaixo de 0,5 mm de precipitação diária

Tabela 5. Número de observações de categorias de seca por indicador meteorológico, 2000-2023.

Categoria	Seca Extrema (Precipit.)	Seca (Precipit.)	Seca Extrema (dias abaixo de 0,5mm)	Seca (dias abaixo de 0,5mm)	Seca Extrema (dias abaixo de 1mm)	Seca (dias abaixo de 1mm)
Evento Met.	–	16.759	–	11.030	–	7.957
Evento Met. Extremo	18.117	6.373	15.774	4.843	14.098	5.556
Notificação & Evento Met.	–	2.936	–	1.407	–	1.054
Notific. & Evento Met. Extremo	3.982	1.080	2.493	912	2.827	983

Fonte: Elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).

Nota: ¹ Evento meteorológico relevante (Evento Met.) são os eventos que têm valores entre 0,5 e 1 de desvio em relação à média de determinado indicador meteorológico (conforme Equação 1); Evento meteorológico extremo são os eventos que têm valores superiores a 1 de algum dos indicadores meteorológicos.

² Se qualquer um dos indicadores de evento extremo ou relevante tiver entre os valores acima, então aquele município-ano estará naquela subcategoria. Caso um município-ano tenha um evento relevante e um evento extremo para dois indicadores distintos, é considerado apenas o evento extremo.

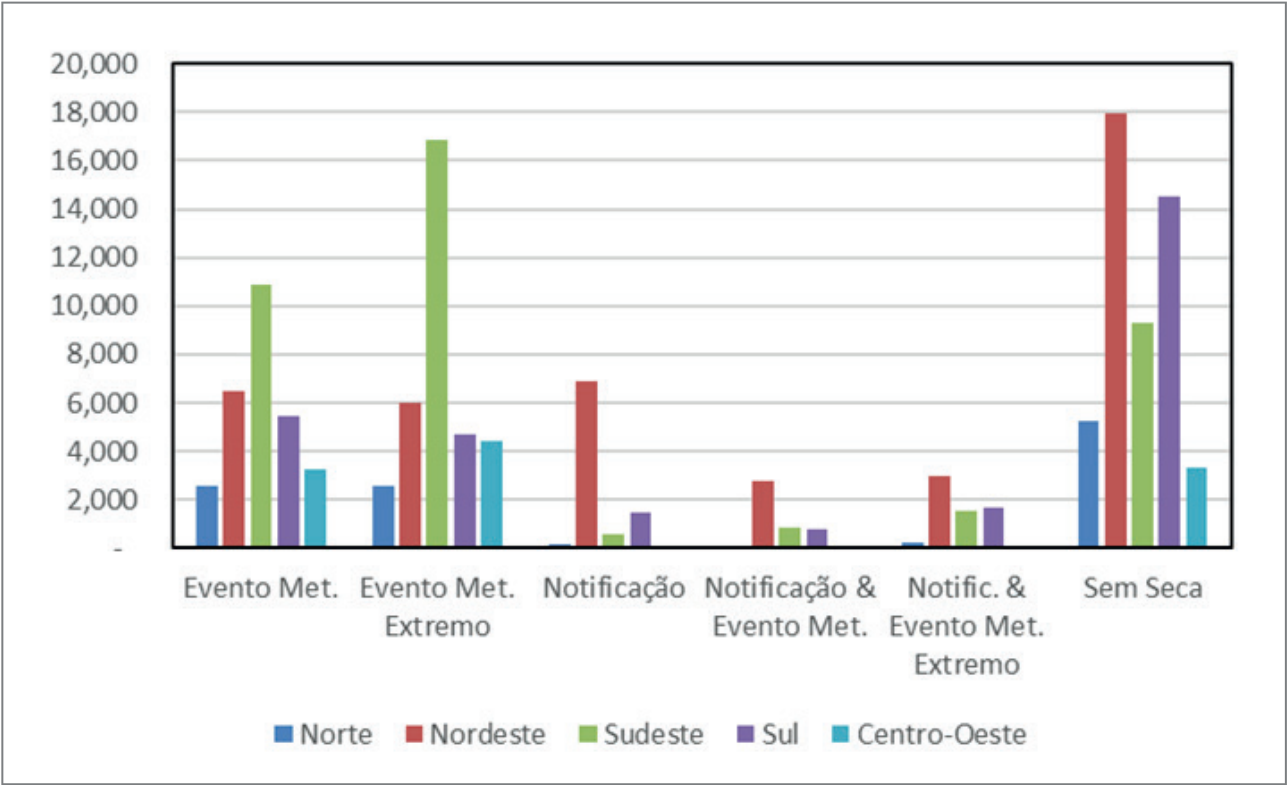
³ No caso do indicador de seca por precipitação, os valores de referência dos desvios são negativos (ausência de precipitação em relação à média histórica).

e dias seguidos abaixo de 1 mm de precipitação diária). Vale destacar que o indicador meteorológico baseado na precipitação média anual foi o indicador com mais observações associadas e o que mais identificou observações que também tiveram notificações de desastres — o que sugere uma correlação maior dessa métrica com as observações que de fato reportaram desastres de seca.

Analogamente à Figura 15, a Figura 16 apresenta a quantidade de observações em cada uma das categorias dividindo a contagem por região do Brasil. A Tabela A1 (Anexo) apresenta, por região, os dados detalhados pelos indicadores meteorológicos específicos, assim como na Tabela 5. **Nesse caso é possível notar que há muito mais eventos extremos no Norte, Sudeste, Sul e Centro-Oeste que não são notificados como desastres de seca.** Nessas regiões, quando há notificações de seca, é possível perceber que a maior parte está associada a um evento meteorológico de seca, seja relevante ou extremo. No Nordeste há uma proporção muito maior de observações que notificam os casos de seca e a maior parte dessas observações não está associada a um indicador meteorológico de seca. Como já ressaltado na seção anterior, vale apontar a possibilidade de haver uma baixa resiliência das comunidades e das atividades econômicas da região frente aos eventos climáticos recorrentes — eventos esses que, historicamente, são mais intensos no Semiárido brasileiro.

Utilizando a categorização que associa as notificações com os indicadores de eventos meteorológicos, a Tabela 6 apresenta os danos e prejuízos humanos e econômicos para cada uma das três categorias que reportaram perdas.⁹ Os dados são apresentados pela média simples dos municípios

Figura 16. Número de observações por categorização de seca e região, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).

Nota: 1evento meteorológico relevante (Evento Met.) são os eventos que têm valores entre 0,5 e 1 de desvio em relação à média de determinado indicador meteorológico (conforme Equação 1); evento meteorológico extremo são os eventos que têm valores superiores a 1 de algum dos indicadores meteorológicos.

9 Nesse caso são omitidas as categorias em que não há notificação, uma vez que, não havendo notificações, não há danos e prejuízos reportados.

em cada categoria e pela média dos danos por milhão de habitantes — visando corrigir diferenças significativas entre os municípios de cada grupo. No caso dos danos humanos, é possível perceber que o grupo em que há notificação e ao menos um indicador de evento meteorológico extremo tem maiores danos humanos — em especial quando considerada a proporção de danos pela população. Em situações em que há danos e prejuízos econômicos, os resultados são menos claros: no caso de dano material e prejuízo público, os municípios que tiveram também a ocorrência de eventos meteorológicos extremos não tiveram, na média, perdas maiores. Contudo, para prejuízos privados — que tendem a ser maiores nos casos de seca — esse grupo de observações reportaram maiores perdas, em especial para as atividades agropecuárias.

A Tabela 7 especifica a média por milhão de habitantes para os danos humanos e perdas econômicas, por cada categoria e região. No Anexo, a Tabela A2 apresenta os mesmos recortes

Tabela 6. Média das perdas notificadas por categoria de desastre e evento extremo de seca, 2000-2023.

	Categoria	Notificação	Notificação & Evento Met.	Notificação & Evento Met. Extremo
Média por Município-Ano	Mortos	0,01	0,01	0,02
	Desabrigados/ Desalojados	2,36	3,75	5,67
	Feridos/ Doentes	5.327	5.540	5.524
	Dano Material (mi R\$)	0,08	0,11	0,08
	Prejuízo Público (mi R\$)	3,43	3,22	2,80
	Prejuízo Privado - Agricultura (mi R\$)	22,90	27,89	28,46
	Prejuízo Privado - Pecuária (mi R\$)	6,39	9,40	10,47
	Prejuízo Privado - Comércio (mi R\$)	0,22	0,69	0,64
	Prejuízo Privado (mi R\$)	30,64	39,17	40,62
	Prejuízo Total (mi R\$)	34,06	42,38	43,41
Por Milhão de Habitantes	Mortos	0,44	0,71	2,03
	Desabrigados/ Desalojados	163,20	240,00	488,83
	Feridos/ Doentes	309.548	307.161	342.770
	Dano Material (mi R\$)	11,1	21,3	7,1
	Prejuízo Público (mi R\$)	334,7	287,1	286,2
	Prejuízo Privado - Agricultura (mi R\$)	2.650,4	2.932,2	3.083,4
	Prejuízo Privado - Pecuária (mi R\$)	539,0	765,6	876,5
	Prejuízo Privado - Comércio (mi R\$)	10,5	39,3	26,3
	Prejuízo Privado (mi R\$)	3.303,9	3.813,5	4.045,9
	Prejuízo Total (mi R\$)	3.638,5	4.100,6	4.332,1

Fonte: Elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores de população do IBGE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

Nota: como a tabela reflete a média das variáveis notificadas, são apresentados apenas os grupos com notificações de desastres.

considerando apenas a média em cada grupo — sem considerar a proporção por habitante. **É possível ressaltar, no caso do Nordeste e do Sudeste, que observações com notificações associadas a eventos meteorológicos relevantes ou extremos tendem a ter danos reportados consideravelmente superiores do que as demais observações — sem eventos meteorológicos atípicos para os padrões locais.** O resultado é ainda mais nítido na Tabela 7, quando ponderado pela população de cada município — especialmente para mortos, desabrigados/desalojados e feridos/doentes. No caso do Sul, outra região bastante afetada por secas, os feridos ou doentes são consideravelmente maiores quando as notificações estão associadas a algum indicador meteorológico de seca extrema. As demais regiões apresentam resultados piores para esse grupo de notificações associadas à seca extrema, mas o número de observações em cada um desses três grupos dificulta conclusões um pouco mais confiáveis.

Nos casos dos danos materiais, as médias dos grupos com eventos relevantes ou extremos do Norte e Nordeste tendem a ser consideravelmente maiores do que em observações que notificaram desastres sem evento meteorológico associado. Nas outras regiões os grupos que apenas notificaram o desastre tendem a ter perdas ainda maiores. Considerando os prejuízos totais, cada região apresenta padrões distintos: no Norte, o grupo que com evento extremo tende a notificar prejuízos muito maiores; já no Nordeste e no Sudeste, o prejuízo médio maior se dá no grupo de municípios com eventos relevantes — e não no grupo de eventos extremos. No Sul e no Centro-Oeste, na média, as perdas foram maiores no grupo que apenas notificou o desastre de seca.

Tabela 7. Média dos danos e prejuízo por milhão de habitantes, por categoria e região, 2000-2023.

Região	Categoria	Mortos	Desabrigados/ Desalojados	Feridos/ Doentes	Dano Material (mi R\$)	Prejuízo Total (mi R\$)
N	Notificação	6,1	3.761	272.875	2,0	291
	Notificação & Evento Met.	–	4.688	274.609	3,9	294
	Notific. & Evento Met. Extremo	1,3	5.476	334.190	28,3	910
NE	Notificação	0,2	126	347.398	1,3	1.993
	Notificação & Evento Met.	0,5	275	369.188	28,3	2.440
	Notific. & Evento Met. Extremo	1,9	603	402.642	3,4	1.986
SE	Notificação	2,7	31	195.147	8,7	2.414
	Notificação & Evento Met.	2,2	47	255.364	2,6	3.455
	Notific. & Evento Met. Extremo	4,7	94	279.330	3,8	2.856
S	Notificação	–	44	191.379	57,8	11.174
	Notificação & Evento Met.	–	2	168.385	20,1	9.661
	Notific. & Evento Met. Extremo	–	13	303.412	14,3	9.973
CO	Notificação	–	762	73.255	31,5	29.986
	Notificação & Evento Met.	–	251	106.168	–	15.906
	Notific. & Evento Met. Extremo	–	–	181.510	4,3	12.243

Fonte: Elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).
Valores de população do IBGE.

Nota: como a tabela reflete a média das variáveis notificadas, são apresentados apenas os grupos com notificações de desastres. Prejuízo total refere-se à soma do prejuízo público e prejuízo privado reportados.

Tabela 8. Média de população e PIB por região e categoria de seca, 2000-2023.

Região	Categoria	População	PIB Municipal (mi R\$)	Média do PIB per capita	PIB per capita médio
N	Evento Met.	28.716	874	23.480	30.420
	Evento Met. Extremo	30.455	996	25.112	32.706
	Notificação	37.671	872	17.878	23.137
	Notificação & Evento Met.	35.167	663	20.511	18.857
	Notific. & Evento Met. Extremo	38.558	253	20.149	6.563
	Sem Seca	42.019	1.376	21.677	32.750
NE	Evento Met.	33.512	876	15.920	26.142
	Evento Met. Extremo	30.326	828	16.736	27.317
	Notificação	22.598	419	14.487	18.538
	Notificação & Evento Met.	23.586	451	13.652	19.108
	Notific. & Evento Met. Extremo	22.741	399	13.755	17.528
	Sem Seca	33.467	873	16.961	26.098
SE	Evento Met.	51.251	3.268	40.117	63.757
	Evento Met. Extremo	52.095	3.355	40.499	64.412
	Notificação	16.779	371	17.286	22.082
	Notificação & Evento Met.	19.157	449	19.006	23.420
	Notific. & Evento Met. Extremo	18.709	500	20.721	26.715
	Sem Seca	51.261	3.571	40.263	69.661
S	Evento Met.	26.578	1.539	44.709	57.920
	Evento Met. Extremo	25.640	1.377	47.309	53.714
	Notificação	14.045	568	41.821	40.424
	Notificação & Evento Met.	15.707	658	42.431	41.864
	Notific. & Evento Met. Extremo	14.658	720	50.273	49.117
	Sem Seca	24.406	1.392	47.218	57.053
CO	Evento Met.	29.610	1.771	44.750	59.801
	Evento Met. Extremo	33.527	2.099	46.491	62.601
	Notificação	37.700	2.261	49.762	59.966
	Notificação & Evento Met.	75.471	8.255	56.517	109.378
	Notific. & Evento Met. Extremo	33.120	1.555	51.799	46.944
	Sem Seca	27.905	1.736	46.615	62.208

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores de população e PIB municipal do IBGE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

4.1.1. Análise descritiva de eventos de seca em variáveis socioeconômicas

Como visto nesta subseção, para melhor comparar as médias de perdas humanas e econômicas entre os grupos de afetados por desastres e eventos extremos, é relevante considerar, entre outros, o tamanho da população dos municípios presentes nos diferentes grupos. Além disso, os dados notificados, apesar de imprescindíveis para análise de perdas de desastres naturais, podem ser imprecisos, com vieses nas notificações e subestimações dos custos, tornando-os insuficientes para uma análise completa. Portanto, serão apresentados agora também os diferenciais entre os grupos para diversas variáveis socioeconômicas.

Na Tabela 8 são apresentadas as médias de população, PIB, do PIB per capita (média simples entre os PIB per capita de cada município-ano) e o PIB per capita médio (PIB médio do grupo dividido pela população média do grupo). **No caso do Norte, por exemplo, é possível notar que as observações sem qualquer notificação ou indicador de seca tendem a ser maiores em população e PIB, tendo também PIB per capita médio maior do que os grupos com notificação de desastres. O grupo de municípios sem notificação de desastre e com eventos de seca relevantes para o padrão da região tendem a ter população menor, mas têm PIB per capita superior aos outros grupos com eventos meteorológicos relevantes ou extremos. Por fim, o PIB e as médias per capita das observações que reportaram seca são consideravelmente menores — podendo variar os grupos com menor PIB per capita a depender da métrica utilizada.**

Nas regiões mais afetadas por seca (Nordeste, Sul, Sudeste) observa-se um padrão relativamente semelhante: observações que notificam os desastres tendem a ter população e PIB consideravelmente menores do que os demais grupos e, na grande maioria dos casos, também apresentam PIB per capita menor em ambas as métricas. É fundamental destacar que são necessárias mais ferramentas para entender a causalidade com mais propriedade. É possível pensar que os eventos extremos e desastres naturais diminuem a população, o PIB e o PIB per capita nessas regiões; do mesmo modo que é factível que locais com menor resiliência e menor PIB sejam mais suscetíveis a internalizar eventos extremos de seca como desastres naturais.

Outras variáveis relevantes que podem tanto ajudar a explicar o efeito de desastres de seca

Tabela 9. Média das variáveis orçamentárias *per capita* por categoria de seca, 2000-2023.

		Evento Met.	Evento Met. Extremo	Notificação	Notificação & Evento Met.	Notificação & Evento Met. Extremo	Sem Seca
R\$ por Habitante	Receita Orçamentária	5.147	5.602	4.716	4.701	5.327	4.732
	Receita Corrente	5.081	5.454	4.591	4.603	5.115	4.667
	Receita Tributária	363	441	195	208	269	309
	Transferências Correntes	4.404	4.668	4.182	4.156	4.548	4.071
	Transferências da União	2.491	2.608	2.669	2.543	2.687	2.319
	Despesas Orçamentárias	4.773	5.104	4.365	4.351	4.794	4.399
	Despesas Correntes	4.190	4.485	3.869	3.851	4.199	3.850
	Despesas de Capital	583	619	496	500	595	549
	Investimentos	513	546	430	434	524	481

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores de receita e despesa orçamentária do Finbra e população do IBGE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

como podem ser afetadas por desastres de seca são variáveis orçamentárias. A Tabela 9 apresenta a média per capita de diversas variáveis orçamentárias (receitas e despesas) de cada categoria — no Anexo, a Tabela A3 apresenta essas médias sem considerar os dados por habitante. Um aspecto claro ao comparar a média entre os grupos é que a média das observações que notificam seca tendem a ser consideravelmente menores do que os demais grupos, para todas as variáveis de receita e despesa consideradas. Comparando os grupos que têm notificação de desastre entre eles, não parece haver diferenças significativas. Além disso, os municípios com eventos meteorológicos relevantes ou extremos tendem a ter valores médios de despesa e receita maiores do que as observações sem seca — diferença que é maior ao não incluir o valor per capita. Municípios com notificação de seca tendem a ter menor receita e despesa orçamentária. No caso do grupo com notificação e evento meteorológico extremo, é possível perceber uma maior proporção de transferências correntes e de investimento — comparados com os grupos sem seca e de notificação sem evento extremo. Contudo, a partir dessas métricas, os grupos não parecem ser tão diferentes entre si, ou, tampouco, os municípios que notificam seca parecem receber um montante de transferências substancialmente maior para combater o desastre.

Vale destacar os resultados especificamente para o Nordeste, região que mais notifica desastres de seca (Tabela A4). Para esta região, os resultados orçamentários sugerem interpretações um pouco distintas quando consideradas as médias per capita. Observações com notificação de seca tendem a ter menor receita e despesa orçamentária, apesar da diferença entre esses grupos para os outros ser menor do que no agregado para o Brasil. Considerando as receitas per capita, é possível notar que os grupos com notificação tendem a ter um resultado um pouco superior aos demais, em especial por conta das transferências intergovernamentais da união — ao passo que as receitas tributárias, em média, são menores nesses grupos. No caso da despesa orçamentária per capita, é possível notar também um resultado um pouco superior entre os grupos com notificação frente ao grupo sem seca — o que pode ser um indício de alguma política anticíclica na região.

Outro aspecto econômico que pode ser afetado por desastres naturais — e, eventualmente, até afetar a capacidade de resiliência da população e o efeito dos desastres — é a participação da população no mercado de trabalho formal. A Tabela 10 apresenta as médias de trabalhadores formais por milhão de habitantes para cada região e categoria de seca (na Tabela A5 é possível observar esses dados por setor econômico). No Nordeste e Sudeste é possível observar uma proporção consideravelmente menor de trabalhadores formais nos municípios que notificam secas, enquanto no Centro-Oeste, municípios que notificam secas tendem a ter mais trabalhadores formais por habitante.

Tabela 10. Média de trabalhadores formais por milhar de habitantes, por região e categoria de seca, 2000-2023.

Categoria	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Evento Met.	111	88	245	245	217
Evento Met. Extremo	131	94	249	251	239
Notificação	85	86	125	221	286
Notificação & Evento Met.	95	80	142	233	276
Notific. & Evento Met. Extremo	101	83	147	251	270
Sem Seca	95	96	237	248	221

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores retirados da RAIS e setores construídos por meio de interpretação nossa dos código CNAE 2.0. População do IBGE.

Considerando as médias por setor econômico, vale destacar que os grupos com notificações de desastre têm menores quantidades de trabalhadores por habitante na agropecuária, no setor de construção civil, no setor de serviços gerais (comércio, transporte, alimentação) e no setor de indústria de transformação nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste. No Sudeste, Sul e Centro-Oeste também é possível observar média de trabalhadores menores para a indústria extrativa. Além disso, nos grupos com notificação de desastres, o setor de utilidades pública tem menos trabalhadores no Sudeste, a indústria de transformação tem menos trabalhadores no Sul e o setor de construção civil apresenta menor número de trabalhadores no Centro-Oeste. Na maior parte dos casos, nos grupos selecionados a partir da ocorrência de evento meteorológico relevante ou extremo, não há uma grande diferença de trabalhadores frente às observações sem seca. Apesar de alguns desses valores serem bem expressivos, ressalta-se a necessidade de ferramentas mais avançadas para indicar algum tipo de causalidade.

4.1.2. Análise descritiva de eventos de seca na produção agropecuária

Umas das consequências mais relevantes de eventos climáticos extremos, em especial nos casos de seca, são os efeitos sobre a produção agropecuária — como já sugerido na análise de perdas econômicas notificadas. Na Tabela 11 são apresentadas as médias de resultados de algumas produções agropecuárias para cada categoria de desastre e região do país. **No Nordeste, as diferenças entre os grupos são significativas: observações com notificação de seca têm menor VBP (Valor Bruto da Produção) agrícola e VBP de extração vegetal e silvicultura, além de área plantada perdida consideravelmente maior (maior ainda nos casos em que a notificação está associada a evento meteorológico relevante ou extremo).** No Sudeste, resultados semelhantes podem ser percebidos, exceto para a produção de extração vegetal e silvicultura. No Sul e no Centro-Oeste os resultados são ambíguos, uma vez que os municípios têm área plantada média muito distintas, mas nesses casos também há um valor de área plantada perdida consideravelmente maior — além do VBP para extração vegetal e silvicultura no Centro-Oeste ser menor nos municípios com notificação. No caso do VBP da aquicultura, apenas no Sudeste parece haver menor produção nos municípios com notificação de seca.

A variável de área perdida, construída a partir do resíduo da área plantada e da área colhida, é uma das melhores variáveis para analisar o efeito de desastres climáticos, uma vez que a área plantada serve como um alvo no qual a área colhida deveria atingir caso não houvesse perda — seja de eventos extremos ou de outras naturezas. Na Tabela A6 são apresentadas as áreas plantadas perdidas para algumas das culturas mais relevantes do país, por categoria de desastre e por região. **No Nordeste, região mais afetada por secas no país, os resultados parecem bem significativos: as observações com notificação de seca têm mais perdas em todas as culturas apresentadas, exceto cana-de-açúcar, quando comparados com os municípios sem indicadores de seca.** As observações que não tiveram seca notificada, mas têm evento extremo a partir dos indicadores meteorológicos também têm perdas consideravelmente maiores para todas as culturas — exceto cana-de-açúcar e fumo. Isso reforça a importância de considerar não só as notificações de desastres como identificador de eventos extremos.

No Sudeste os resultados de área perdida também são expressivos para algodão, arroz, feijão, milho e soja para os grupos com notificação de seca. Para os grupos com evento meteorológico relevante ou extremo de seca que não notificaram desastre de seca não foram identificadas perdas maiores do que as observações sem qualquer indicador de seca. No Sul e no Centro-Oeste, as perdas de milho são bem expressivas, mas vale destacar também as perdas maiores para soja, para feijão e para arroz. No Norte, nota-se resultados maiores apenas para mandioca e para soja no caso de observações com notificação e evento meteorológico extremo.

Um outro indicador que pode ser acentuado no caso de secas é o de focos de queimadas, que podem se espalhar mais facilmente na ocorrência desse tipo de evento climático. A Tabela 12 apresenta a média de foco de queimadas por quilômetro quadrado de área vegetada (natural ou antrópica) por

Tabela 11. Média de variáveis da produção agropecuárias por região e categoria de seca, 2000-2023.

Região	Categoria	Área Plantada	VBP Agrícola (mi R\$)	Área Perdida	VBP Extração e silvicultura	VBP Aquicultura
N	Evento Met.	8.041	56,9	77	1.638	1.082
	Evento Met. Extremo	9.411	70,0	115	1.014	1.381
	Notificação	4.826	39,3	114	1.709	1.001
	Notificação & Evento Met.	6.211	56,1	156	1.842	2.739
	Notific. & Evento Met. Extremo	5.590	56,9	103	1.431	2.619
	Sem Seca	6.940	54,5	103	2.246	1.401
NE	Evento Met.	7.805	43,2	228	47	254
	Evento Met. Extremo	8.780	51,8	394	57	361
	Notificação	4.552	18,0	414	24	353
	Notificação & Evento Met.	5.544	22,2	520	26	584
	Notific. & Evento Met. Extremo	6.839	29,6	688	32	615
	Sem Seca	6.703	36,4	214	45	176
SE	Evento Met.	8.907	89,3	41	12	159
	Evento Met. Extremo	8.718	93,3	29	14	337
	Notificação	3.483	28,5	318	179	36
	Notificação & Evento Met.	5.018	37,6	239	188	58
	Notific. & Evento Met. Extremo	5.224	51,8	227	172	136
	Sem Seca	8.616	84,1	52	10	185
S	Evento Met.	17.626	112,7	150	702	538
	Evento Met. Extremo	18.930	130,4	200	883	975
	Notificação	16.487	97,9	218	344	524
	Notificação & Evento Met.	18.536	104,5	261	856	206
	Notific. & Evento Met. Extremo	21.112	123,2	330	194	538
	Sem Seca	15.840	102,9	143	719	403
CO	Evento Met.	38.518	223,0	157	46	578
	Evento Met. Extremo	48.248	335,2	199	37	996
	Notificação	118.502	503,3	2.326	3	3.674
	Notificação & Evento Met.	102.746	577,0	1.298	2	1.534
	Notific. & Evento Met. Extremo	92.740	589,3	1.684	10	1.821
	Sem Seca	47.050	229,6	208	35	845

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores retirados da PAM, PPM e PEVS do IBGE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

Nota: área perdida calculada a partir do resíduo das áreas plantadas e áreas colhidas.

Tabela 12. Média de focos/km² de queimada por região e categoria de seca, 2000-2023.

Categoria	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Evento Met.	0,77	0,57	1,34	0,26	0,34
Evento Met. Extremo	0,63	0,44	0,52	0,31	0,29
Notificação	0,27	0,23	0,26	0,37	0,17
Notificação & Evento Met.	0,25	0,28	0,26	0,16	0,24
Notific. & Evento Met. Extremo	0,25	0,32	0,33	0,12	0,23
Sem Seca	0,59	0,37	0,99	0,21	0,34

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores de focos do TerraBrasilis do INPE.

Nota: para calcular o número médio de focos por km² foram divididos, para cada município-ano, o número de focos pelas categorias de vegetação natural e antrópica do MapBiomas (categorias 1, 2 e 3).

categoria de desastre e região. **Nesse caso, para todas as regiões, não foi possível notar uma correlação maior de queimadas para os grupos com desastres de seca notificados.** Contudo, nos grupos de evento meteorológico relevante ou extremo de seca é possível identificar uma quantidade de focos de queimadas superiores ao grupo sem seca — exceto no Centro-Oeste e para o grupo de eventos extremos do Sudeste.

4.2. Análise descritiva dos eventos hidrológicos

De forma análoga ao realizado na Subseção 4.1, com a análise descritiva dos eventos de seca, nesta subseção serão apresentadas as médias das diversas variáveis da base de dados para os seis diferentes grupos. Para identificar os grupos com eventos meteorológicos, foram utilizadas as variáveis de precipitação total do ano, precipitação diária máxima por ano, large scale rain rate (LSRR) e large scale precipitation rate (LSPR) — nesse caso precipitação pode incluir tipos além de chuva, como neve, conforme explicado na metodologia. Da mesma forma, eventos extremos são aqueles com desvio em relação à média histórica acima de 1 ponto, enquanto eventos meteorológicos relevantes são aqueles categorizados entre 0,5 e 1 ponto. A Figura 17 apresenta a contagem de observações em cada um dos grupos, enquanto a Tabela 13 apresenta a soma de municípios-anos (observações) identificados por cada indicador. Diferentemente dos casos de seca, a maior parte das observações no período 2000-2023 não apresentaram qualquer indício de desastre hidrológico — cerca de 75 mil das 133 mil observações. Mesmo assim, uma quantidade expressiva teve algum evento meteorológico de chuva relevante ou extremo (52 mil), em que o número de observações com eventos extremos para os padrões locais chegou a 35 mil.

Do total de observações, cerca de 15,8 mil observações tiveram ao menos uma notificação de desastre hidrológico, em que 9 mil foram identificados com algum evento meteorológico relevante ou extremo de chuva. A maior parte dessas observações foram identificadas com os indicadores de precipitação máxima em um dia, ou pelos indicadores de LSRR e LSPR — o que sugere que o indicador de precipitação média anual talvez não seja tão correlacionado com as notificações, como observado para a seca. Além disso, vale destacar que 28,7 mil observações tiveram eventos meteorológicos extremos e não notificaram desastre — a maior parte também identificada pelos indicadores de precipitação máxima diária, LSRR e LSPR.

Tabela 13. Observações de categorias de eventos hidrológicos por indicador meteorológico, 2000-2023.

Categoria	Hidro Extrema (Precipit.)	Hidro (Precipit.)	Hidro Extrema (Precipit. máx dia)	Hidro Extrema (LSRR)	Hidro (LSRR)	Hidro Extrema (LSPR)	Hidro (LSPR)
Evento Met.	-	6.192	-	-	9.383	-	10.128
Evento Met. Extremo	8.745	6.062	17.553	15.044	5.382	15.503	5.167
Notificação & Evento Met.	-	926	-	-	1.474	-	1.575
Notific. & Evento Met. Extremo	3.217	1.333	4.147	4.401	1.293	4.576	1.170

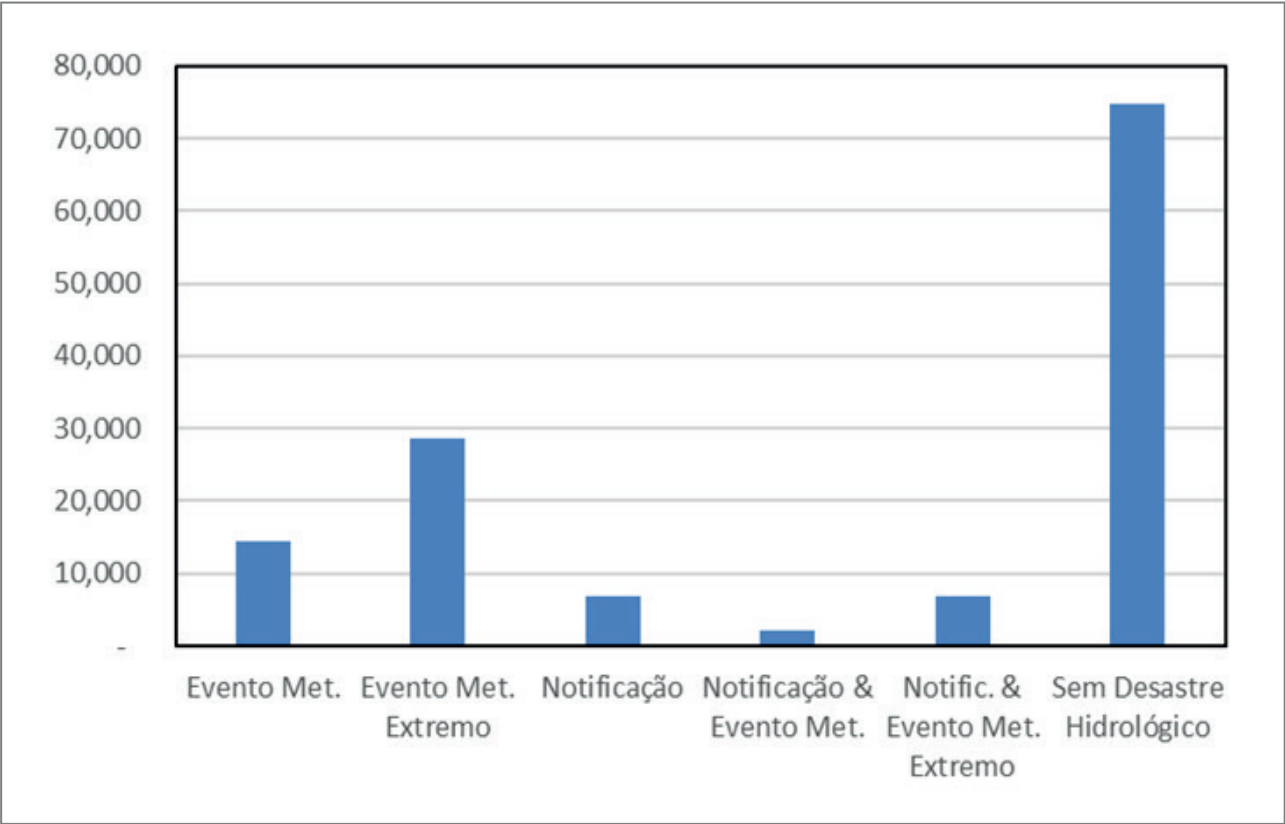
Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).

Nota: ¹Evento meteorológico relevante (Evento Met.) são os eventos que têm valores entre 0,5 e 1 de desvio em relação à média de determinado indicador meteorológico (conforme Equação 1); evento meteorológico extremo são os eventos que têm valores superiores a 1 de algum dos indicadores meteorológicos.

² Se qualquer um dos indicadores de evento extremo ou relevante tiver entre os valores acima, então aquele município-ano estará naquela subcategoria. Caso um município-ano tenha um evento relevante e um evento extremo para dois indicadores distintos, é considerado apenas o evento extremo.

³ No caso do indicador de seca por precipitação, os valores de referência dos desvios são negativos (ausência de precipitação em relação à média histórica).

Figura 17. Observações por categorização de eventos hidrológicos, 2000-2023.



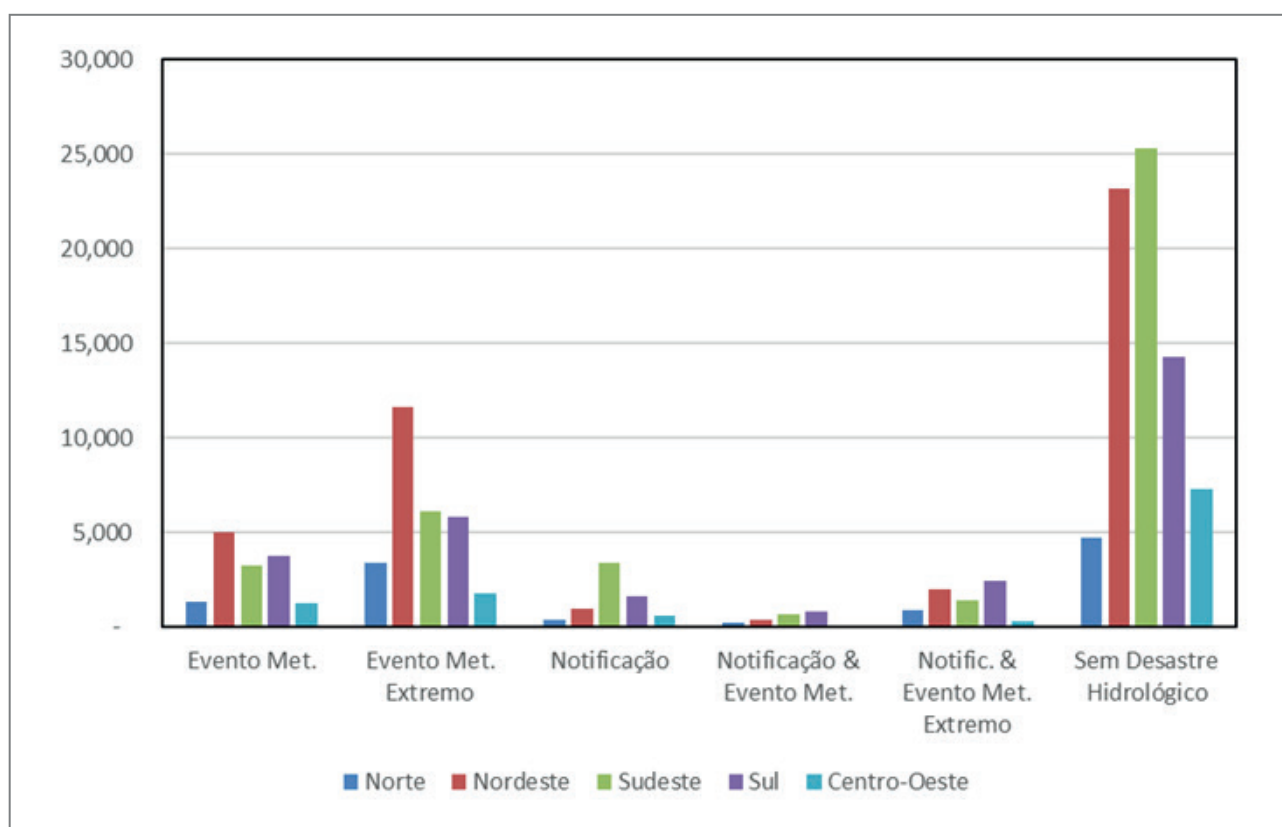
Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5.

Nota: ¹Evento meteorológico relevante (Evento Met.) são os eventos que têm valores entre 0,5 e 1 de desvio em relação à média de determinado indicador meteorológico (conforme Equação 1); Evento meteorológico extremo são os eventos que têm valores superiores a 1 de algum dos indicadores meteorológicos.

Assim como na Figura 17, a Figura 18 apresenta a quantidade de observações em cada uma das categorias e para cada região. Nas regiões Norte, Nordeste e Sul a maior parte das notificações de desastres de chuva tiveram eventos extremos associados. No caso do Sudeste, região que mais notifica desastres hidrológicos, apenas 2 mil observações com notificações foram identificadas com evento meteorológico relevante ou extremo — do total de 5,4 mil. Assim como no caso do Nordeste para desastres de seca, o Sudeste é uma região que historicamente sofre com eventos de chuva extrema, o que torna a identificação a partir do desvio da média histórica diferente das outras regiões. Novamente, é preciso pontuar a importância de buscar trabalhar algumas heterogeneidades, tanto na análise descritiva quanto em modelos econométricos. Em relação à diferença dos indicadores meteorológicos (pode ser visto na Tabela A7), ressalta-se que ao utilizar a precipitação máxima diária foi possível identificar mais observações com evento extremo no Sudeste — enquanto outros indicadores são proporcionalmente mais relevantes para outras regiões.

Para compreender se os indicadores de eventos meteorológicos são correlacionados com as perdas notificadas pelas defesas civis, a Tabela 14 apresenta um resumo com as médias das perdas de desastres hidrológicos das observações das três categorias com desastres notificados. **No caso dos danos humanos, quanto mais relevante o evento meteorológico associado, maior tende a ser as perdas humanas (de mortos, desabrigados/desalojados e feridos/doentes), tanto para a média simples das observações quanto da média dos valores por habitante.** Esse resultado, a princípio, corrobora com a utilização de indicadores meteorológicos associados às notificações de desastre para estimar os efeitos de eventos extremos com maior precisão. No caso dos danos e prejuízos econômicos, as médias das

Figura 18. Observações por categorização de eventos hidrológicos por região, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).

Nota: 1evento meteorológico relevante (Evento Met.) são os eventos que têm valores entre 0,5 e 1 de desvio em relação à média de determinado indicador meteorológico (conforme Equação 1); evento meteorológico extremo são os eventos que têm valores superiores a 1 de algum dos indicadores meteorológicos.

Tabela 14. Média das perdas notificadas por região e categoria de evento hidrológico, 2000-2023.

	Perdas Humanas e Econômicas	Notificação	Notificação & Evento Met.	Notificação & Evento Met. Extremo
Média por Município-Ano	Mortos	0,31	0,56	0,56
	Desabrigados/ Desalojados	389	496	704
	Feridos/ Doentes	4.550	5.272	6.123
	DM Habitação (mi R\$)	3,8	3,6	9,4
	DM Infraestrutura (mi R\$)	9,3	9,8	10,7
	Dano Material Total (mi R\$)	13,6	14,1	20,8
	Prejuízo Público - Transporte (mi R\$)	1,9	1,8	1,8
	Prejuízo Público - Saneamento (mi R\$)	0,6	0,4	0,6
	Prejuízo Público Total (mi R\$)	3,6	3,4	3,8
	Prejuízo Privado - Agricultura (mi R\$)	5,6	9,3	7,4
	Prejuízo Privado - Pecuária (mi R\$)	1,5	0,9	1,2
	Prejuízo Privado - Comércio (mi R\$)	4,6	1,0	3,6
	Prejuízo Privado Total (mi R\$)	13,7	12,9	15,8
	Prejuízo Público e Privado (mi R\$)	17,3	16,3	19,6
Por Milhão de Habitantes	Mortos	10,3	10,8	18,5
	Desabrigados/ Desalojados	14.192	18.403	26.000
	Feridos/ Doentes	126.953	162.613	227.980
	DM Habitação (mi R\$)	140	158	209
	DM Infraestrutura (mi R\$)	551	532	541
	Dano Material Total (mi R\$)	715	726	776
	Prejuízo Público - Transporte (mi R\$)	129	132	137
	Prejuízo Público - Saneamento (mi R\$)	21	18	24
	Prejuízo Público Total (mi R\$)	212	216	234
	Prejuízo Privado - Agricultura (mi R\$)	494	819	793
	Prejuízo Privado - Pecuária (mi R\$)	110	76	107
	Prejuízo Privado - Comércio (mi R\$)	127	48	62
	Prejuízo Privado Total (mi R\$)	803	1.022	1.045
	Prejuízo Público e Privado (mi R\$)	1.016	1.238	1.280

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores de população do IBGE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

Nota: como a tabela reflete a média das variáveis notificadas, são apresentados apenas os grupos com notificações de desastres.

observações de cada grupo são um pouco mais próximas entre si, apesar de sugerirem que o grupo com eventos meteorológicos extremos associados tendem a ter perdas médias e per capita maiores do que as outras duas categorias.

Para analisar as diferenças nas médias dos danos humanos e perdas econômicas, é importante identificar se os padrões entre os grupos também têm diferenças entre as regiões. A Tabela 15 apresenta a média por milhão de habitantes das perdas notificadas por cada uma das regiões do Brasil, separando as três categorias com notificações (na Tabela A8 são apresentadas as médias sem considerar a proporção por habitante). Em todos os indicadores e regiões — exceto no Centro-Oeste —, os grupos com eventos meteorológicos relevantes ou extremos de chuva parecem ter perdas maiores de danos humanos — resultado que é ainda maior quando ponderado pela população. Em casos como mortes no Sudeste, Sul e no Nordeste, os indicadores de eventos extremos estão associados com perdas consideravelmente maiores do que as categorias com eventos meteorológicos menos extremos. Os grupos com eventos relevantes ou extremos também têm perdas maiores em quase todas as regiões — exceto Centro-Oeste e feridos/doentes no Norte.

Considerando as perdas econômicas, no Sudeste os danos materiais tendem a ser consideravelmente maiores quando há indicador de evento meteorológico relevante ou extremo; contudo, não se observa o mesmo padrão para o prejuízo total na região. **No Centro-Oeste, Sul e Nordeste é possível observar o inverso: o prejuízo privado é relativamente maior nos grupos com eventos meteorológicos relevantes ou extremos**

Tabela 15. Média dos danos e prejuízos por milhão de habitantes por região e categoria de evento hidrológico, 2000-2023.

Região	Categoria	Mortos	Desabrigados/ Desalojados	Feridos/ Doentes	Dano Material (mi R\$)	Prejuízo Total (mi R\$)
N	Notificação	5,4	39.322	161.792	530	599
	Notificação & Evento Met.	6,4	46.818	166.561	529	332
	Notific. & Evento Met. Extremo	6,4	52.459	166.459	468	620
NE	Notificação	12,7	25.250	140.221	759	498
	Notificação & Evento Met.	3,3	22.703	143.331	588	525
	Notific. & Evento Met. Extremo	18,7	32.952	184.800	892	716
SE	Notificação	13,6	12.272	114.151	691	750
	Notificação & Evento Met.	22,7	14.413	134.858	894	556
	Notific. & Evento Met. Extremo	33,9	19.199	161.573	923	537
S	Notificação	5,1	9.111	131.190	612	1.612
	Notificação & Evento Met.	7,1	14.667	190.689	716	1.461
	Notific. & Evento Met. Extremo	15,6	17.298	325.129	689	2.202
CO	Notificação	3,7	6.085	149.143	1.195	2.080
	Notificação & Evento Met.	0,0	3.103	186.515	609	8.153
	Notific. & Evento Met. Extremo	3,6	4.021	198.898	967	2.960

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores de população do IBGE.

Nota: como a tabela reflete a média das variáveis notificadas, são apresentados apenas os grupos com notificações de desastres. Prejuízo total refere-se à soma do prejuízo público e prejuízo privado reportados.

Tabela 16. Média de população e PIB por região e categoria de evento hidrológico, 2000-2023.

Região	Categoria	População	PIB Municipal (mi R\$)	PIB Municipal por Habitante	PIB per capita médio
N	Evento Met.	33.469	1.030	21.431	30.769
	Evento Met. Extremo	36.430	1.095	23.310	30.054
	Notificação	69.274	3.134	27.407	45.233
	Notificação & Evento Met.	48.656	1.447	21.135	29.733
	Notific. & Evento Met. Extremo	70.219	2.774	24.015	39.510
	Sem Desastre Hidrológico	27.069	757	22.495	27.972
NE	Evento Met.	26.515	655	16.543	24.705
	Evento Met. Extremo	28.182	704	16.467	24.964
	Notificação	71.760	2.155	17.633	30.028
	Notificação & Evento Met.	75.326	2.540	19.508	33.716
	Notific. & Evento Met. Extremo	46.125	1.118	15.798	24.247
	Sem Desastre Hidrológico	27.707	641	15.374	23.122
SE	Evento Met.	28.507	1.612	38.489	56.545
	Evento Met. Extremo	35.787	2.090	38.762	58.403
	Notificação	128.800	10.136	37.198	78.696
	Notificação & Evento Met.	82.966	6.228	36.375	75.072
	Notific. & Evento Met. Extremo	96.509	6.096	36.655	63.162
	Sem Desastre Hidrológico	40.921	2.476	39.056	60.518
S	Evento Met.	20.829	1.197	46.346	57.473
	Evento Met. Extremo	21.998	1.225	47.540	55.677
	Notificação	34.696	1.953	47.869	56.292
	Notificação & Evento Met.	32.540	2.042	47.855	62.763
	Notific. & Evento Met. Extremo	27.959	1.763	47.777	63.075
	Sem Desastre Hidrológico	22.644	1.232	45.871	54.429
CO	Evento Met.	25.185	1.701	48.648	67.542
	Evento Met. Extremo	25.902	1.644	49.310	63.484
	Notificação	39.552	1.781	42.048	45.036
	Notificação & Evento Met.	65.173	2.927	57.179	44.916
	Notific. & Evento Met. Extremo	46.335	2.257	45.243	48.709
	Sem Desastre Hidrológico	31.572	2.026	44.940	64.171

Fonte: Elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach et al., 2023a; 2023b). Valores de população e PIB municipal do IBGE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

— **o que não ocorre de modo tão evidente no caso do dano material.** No caso dos prejuízos públicos, a diferença entre os grupos e regiões é relativamente menor, enquanto no Norte não são observados padrões de maiores perdas quanto mais intenso os eventos meteorológicos.

4.2.1. Análise descritiva de eventos hidrológicos em variáveis socioeconômicas

Considerando a população e o PIB dos municípios, a Tabela 16 apresenta as médias por região e categoria, mostrando também a média do PIB per capita e o PIB per capita calculado a partir da média da população e da média do PIB. Um padrão bem distinto do observado na seca é que, **em todas as regiões, municípios que notificam casos de desastres associados à chuva tendem a ser maiores do que os que o não fazem.** Desse modo, é possível notar também a média do PIB maior nos grupos de notificação e, inclusive, maiores PIB per capita nesses grupos. Quando comparados os grupos que realizaram notificação, em quase todas as regiões (exceto Centro-Oeste e Sul), a ocorrência de indicadores meteorológicos relevantes ou extremos estão associados a um PIB per capita médio menor. Esses padrões são relevantes para compreender as correlações dos dados, mas não sugerem causalidade robusta para efeitos de política pública.

Na Tabela 17 é possível observar que os municípios atingidos por eventos extremos e que notificam desastres naturais tendem a ter, em média, maiores despesas e receitas orçamentárias (na Tabela A9 são apresentados as médias sem considerar valores per capita). No caso das receitas, é possível notar que esse grupo tem maior receita média do que todos os demais, em especial por conta das transferências correntes. Os outros grupos não são tão distintos entre si, apesar de alguns terem valores médios de transferência maiores e outros terem valores médios de receita tributária maiores. **Considerando as despesas orçamentárias, é possível observar um padrão semelhante: observações com notificação e com evento meteorológico relevante ou extremo tendem a ter despesas maiores — inclusive maiores despesas médias de capital e investimento.**

Por fim, a Tabela 18 apresenta a comparação da média de trabalhadores formais por setor para cada milhão de população, dividindo os resultados por região e categoria, enquanto a Tabela A10 apresenta esses valores por setores econômicos. Utilizando as categorias de notificação de desastres e eventos meteorológicos de chuva, poucos resultados se destacam. No Nordeste e Sul, municípios com notificação de desastres hidrológicos tendem a ter uma proporção de trabalhadores formais maior do que os demais grupos; no Centro-Oeste, o grupo sem seca reportada ou identificada pelos dados meteorológicos tende a ter quantidade menor de trabalhadores formais. Nos demais grupos e regiões não é possível identificar outros padrões de forma clara.

Considerando os dados por setor econômico vale destacar também que, no Norte, municípios com notificação ou eventos meteorológicos relevantes ou extremos tendem a ter menores quantidades médias de trabalhadores na agropecuária e no setor de construção. No Sudeste, municípios com notificação de desastres também parecem ter médias menores de trabalhadores na agropecuária, mas também nas indústrias de transformação. Além disso, no Nordeste e no Centro-Oeste o setor extrativista parece ter menos trabalhadores em algumas categorias específicas de eventos extremos e desastres notificados.

4.2.2. Análise descritiva de eventos hidrológicos na produção agropecuária

Assim como nos desastres de seca, desastres de chuva extrema podem acabar impactando negativamente a produção agrícola ao gerar perdas de produção. A Tabela 19 apresenta a média de área plantada, VBP agrícola e área plantada perdida para cada categoria e região. Diferente do caso da seca, em que há uma correlação entre municípios com notificação de desastres e diminuição da produção agrícola, nesse caso essa correlação não parece ser muito significativa. No Norte, por exemplo, parece haver uma maior quantidade de área perdida quando os grupos são comparados com as observações sem desastre hidrológico. Contudo, o mesmo não ocorre para o VBP agrícola médio na região. No Sudeste

Tabela 17. Média *per capita* das variáveis orçamentárias por categoria de evento hidrológico, 2000-2023.

		Evento Met.	Evento Met. Extremo	Notificação	Notificação & Evento Met.	Notificação & Evento Met. Extremo	Sem Desastre Hidrológico
R\$ por Habitante	Receita Orçamentária	5.102	4.962	5.032	5.273	5.479	5.069
	Receita Corrente	5.036	4.874	4.899	5.102	5.249	4.976
	Receita Tributária	313	306	465	451	403	340
	Transferências Correntes	4.427	4.294	4.067	4.264	4.468	4.339
	Transferências da União	2.587	2.483	2.163	2.257	2.460	2.496
	Despesas Orçamentárias	4.690	4.581	4.657	4.811	4.977	4.680
	Despesas Correntes	4.105	4.027	4.064	4.178	4.324	4.116
	Despesas de Capital	585	554	593	632	652	564
	Investimentos	515	488	519	560	578	494

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores de receita e despesa orçamentária do Finbra e população do IBGE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

Tabela 18. Média dos trabalhadores formais por milhão de habitantes por região e categoria de evento hidrológico, 2000-2023.

Categoria	Norte	Nordeste	Sudeste	Sul	Centro-Oeste
Evento Met.	96	89	240	232	241
Evento Met. Extremo	111	91	240	255	253
Notificação	126	119	229	275	236
Notificação & Evento Met.	92	113	235	308	276
Notific. & Evento Met. Extremo	110	107	222	301	249
Sem Seca	107	88	239	231	218

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores retirados da RAIS e setores construídos por meio de interpretação nossa dos código CNAE 2.0. População do IBGE.

a área perdida média dos grupos com notificação é superior à do grupo sem desastres, enquanto o VBP agrícola é consideravelmente menor para o grupo que tem apenas notificação e o grupo que tem notificação e evento meteorológico extremo. Nas demais regiões os resultados não sugerem que grupos com notificações e eventos meteorológicos extremos tenham perdas agrícolas mais relevantes.

Um outro caminho é analisar a diferença das médias das áreas plantadas perdidas por cultura, já que dependendo da região determinados tipos de produção podem ser mais sensíveis a esses desastres hidrológicos. No Anexo, a Tabela A11 apresenta as médias de perda de área plantada por cultura, categoria e região. No Norte, é possível notar perdas médias maiores nas categorias com notificação

Tabela 19. Média das variáveis de produção agrícola por região e categoria de evento hidrológico, 2000-2023.

Região	Categoria	Área Plantada	VBP Agrícola (mi R\$)	Área Perdida
N	Evento Met.	7.390	51,4	110
	Evento Met. Extremo	7.589	64,5	120
	Notificação	10.376	93,1	116
	Notificação & Evento Met.	11.279	91,5	93
	Notificação & Evento Met. Extremo	8.398	76,6	120
	Sem Desastre Hidrológico	7.470	49,3	78
NE	Evento Met.	6.675	32,4	250
	Evento Met. Extremo	6.333	32,1	269
	Notificação	8.151	45,9	391
	Notificação & Evento Met.	6.682	43,2	241
	Notificação & Evento Met. Extremo	6.579	39,4	273
	Sem Desastre Hidrológico	6.932	36,4	374
SE	Evento Met.	9.499	100,9	77
	Evento Met. Extremo	9.400	92,7	68
	Notificação	6.258	70,0	56
	Notificação & Evento Met.	6.916	82,5	73
	Notificação & Evento Met. Extremo	6.151	67,0	57
	Sem Desastre Hidrológico	8.527	86,1	48
S	Evento Met.	16.899	103,4	241
	Evento Met. Extremo	17.183	108,9	97
	Notificação	15.810	118,3	93
	Notificação & Evento Met.	15.310	115,3	129
	Notificação & Evento Met. Extremo	15.240	110,9	74
	Sem Desastre Hidrológico	17.680	111,3	212
CO	Evento Met.	52.360	320,3	139
	Evento Met. Extremo	53.771	301,0	290
	Notificação	65.319	383,3	134
	Notificação & Evento Met.	100.379	663,3	483
	Notificação & Evento Met. Extremo	56.836	323,7	226
	Sem Desastre Hidrológico	40.522	246,4	216

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores retirados da PAM do IBGE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

Nota: área perdida calculada a partir do resíduo das áreas plantadas e áreas colhidas.

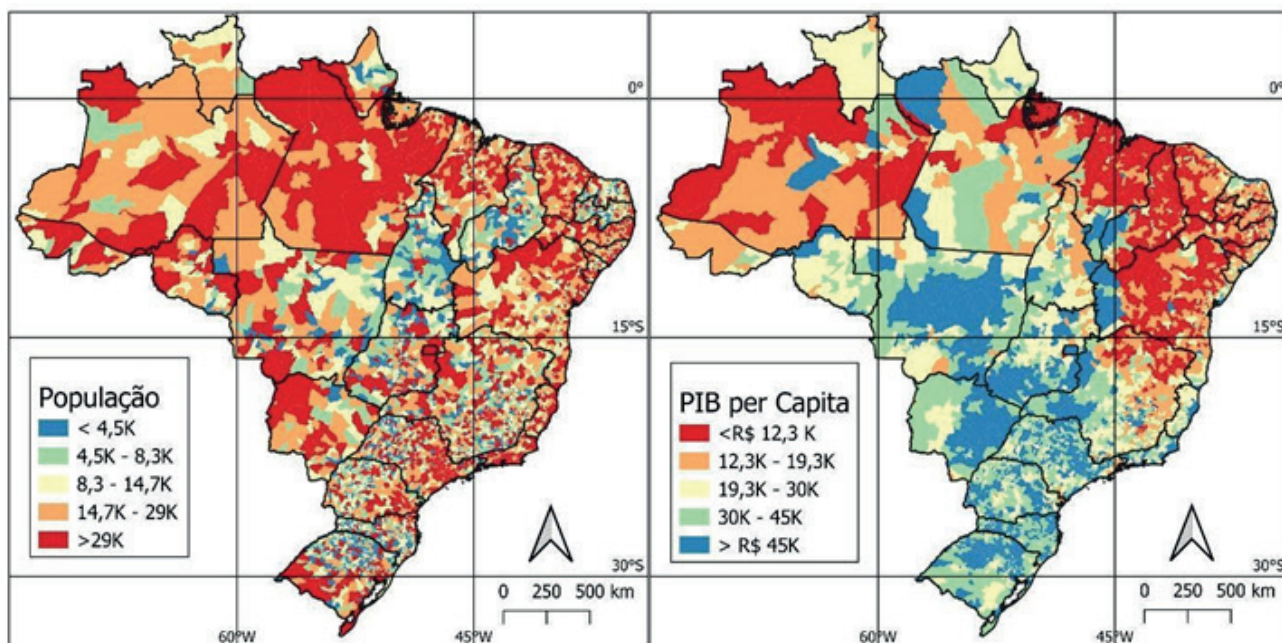
ou evento meteorológico relevante ou extremo para milho e, principalmente, mandioca; além dessas, arroz e cana parecem ter perdas maiores em algumas categorias específicas — principalmente as com evento meteorológico extremo sem notificação de desastre. No Nordeste, a mandioca também parece ter perdas relevantes nas categorias com notificação de desastre hidrológico, enquanto arroz parece ter perdas maiores consideravelmente maiores na categoria de notificação e evento meteorológico extremo. Outras culturas como algodão, cana e feijão parecem ter perdas significativas em pelo menos uma das categorias com notificação de desastre.

No Sudeste as culturas de cana-de-açúcar e milho têm perdas relevantes em quase todas as categorias com notificação ou evento meteorológico extremo; e tem perdas em categorias específicas para algodão e soja. No Sul é possível notar perdas mais relevantes da área plantada de arroz nas categorias com notificação de desastre. Por sua vez, no Centro-Oeste há perdas em categorias específicas de cana-de-açúcar, milho e soja. Como é possível notar, algumas culturas como arroz, cana-de-açúcar, mandioca e milho parecem ter perdas mais relevantes nas categorias de desastres e eventos extremos, mas muitos dos resultados não são consistentes entre as categorias com eventos mais extremos, por exemplo. Desse modo, vale frisar que qualquer conclusão retirada a partir dessa comparação descritiva parece precipitada, havendo a necessidade de um ferramental estatístico mais robusto para conclusões mais assertivas.

4.3. Distribuição regional das variáveis socioeconômicas

Na Seção 3 foram apresentados mapas das distribuições espaciais das variáveis notificadas de desastres naturais e da identificação de municípios com eventos relevantes ou extremos de chuva e seca. Nessa subseção, como complemento dos dados apresentados em 4.1 e 4.2, serão apresentados mapas com as distribuições espaciais médias de variáveis socioeconômicas dos municípios entre 2000 e 2023. A Figura 19 apresenta os valores médios de população e PIB per capita dos municípios entre 2000 e 2023. **Como é possível perceber, enquanto o padrão espacial do tamanho das populações é mais pulverizado no território brasileiro, o PIB per capita apresenta um grau maior de correlação espacial. As maiores populações se concentram nos principais centros urbanos do país e nos municípios com**

Figura 19. Média da população e PIB *per capita* por município, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir dos valores de população e PIB municipal do IGBE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

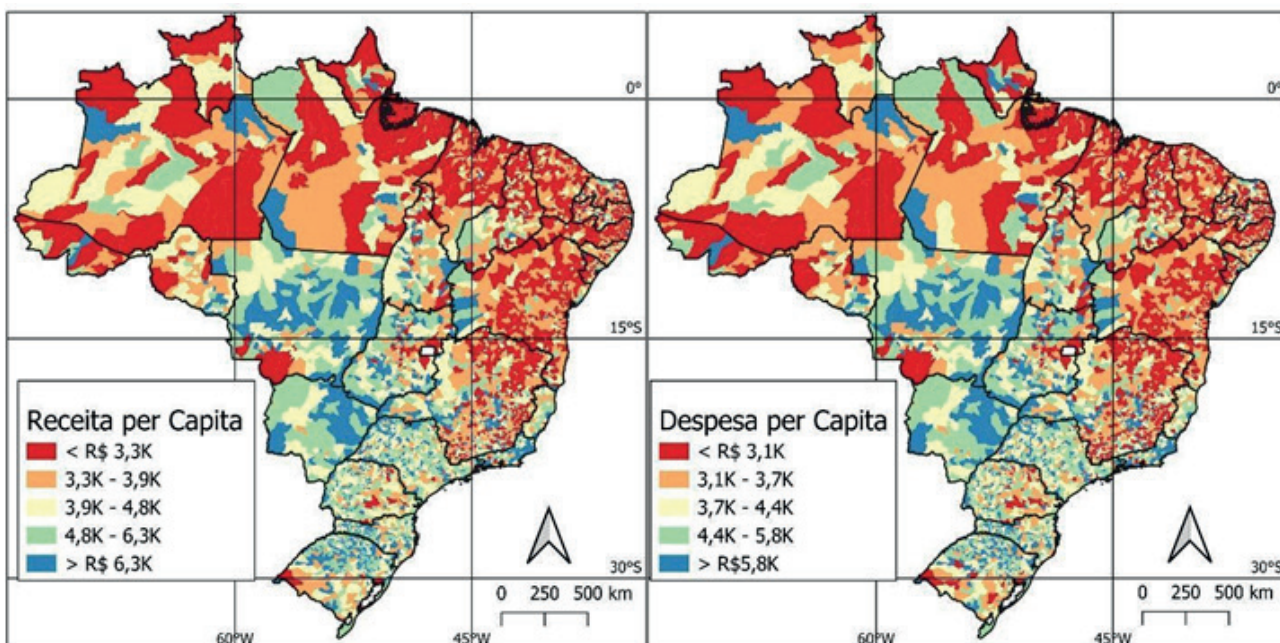
maior território do Norte e Centro-Oeste. Por sua vez, os maiores PIB per capita também se concentram nos principais centros urbanos do Sudeste, Sul e Centro-Oeste, mas também no interior desses estados centrais, onde há, entre outros, maior produtividade agrícola — inclusive na região do MATOPIBA. No Nordeste, mesmo nos centros urbanos, é onde se concentram os percentis de menores PIB per capita — em especial na região do interior, do semiárido brasileiro, indo até o Norte de Minas Gerais.

Da mesma forma, a Figura 20 apresenta a média das receitas e despesas orçamentárias per capita dos municípios no mesmo período. Apesar de apresentar um padrão menor de concentração espacial do que o PIB per capita, as variáveis orçamentárias também apresentam um padrão mais favorável para as regiões com melhor resultado econômico. É possível notar que estados do Sul, Centro-oeste e Sudeste — exceto Minas Gerais — apresentam mais municípios nos percentis superiores. Por sua vez, municípios do Norte e do Nordeste apresentam uma alta concentração nos percentis inferiores. Esse resultado é um indício de como muitas vezes municípios com menor capacidade econômica têm menos capacidade de responder a eventos extremos.

Na Figura 21 é possível observar as regiões com maior VBP agrícola por hectare plantado e com maior proporção de área plantada perdida. É possível notar que boa parte dos municípios nos maiores quantis de PIB per capita — e receita e despesa orçamentária — também estão nos maiores quantis de VBP agrícola, exceto pela região Norte, que apresentam municípios com menores PIB per capita e elevado VBP por hectare plantado. Apesar das enormes limitações dessa análise, vale salientar a forte correlação entre essa variável com as demais, inclusive com as áreas mais propícias a sofrerem seca. Já no caso das áreas perdidas, a correlação espacial entre proporção de área perdida com as demais variáveis econômicas é ainda maior, com destaque para regiões como Norte, Nordeste e Sul, que apresentam maiores perdas por seca. Para conclusões mais assertivas sobre os efeitos dos desastres naturais são necessários testes econométricos robustos, mas esses padrões apontam caminhos que serão relevantes na hora da especificação do modelo.

Por fim, vale apontar também os padrões espaciais dos empregos formais per capita e das remunerações médias dos empregos formais, conforme os mapas da Figura 22. Fica evidente o padrão

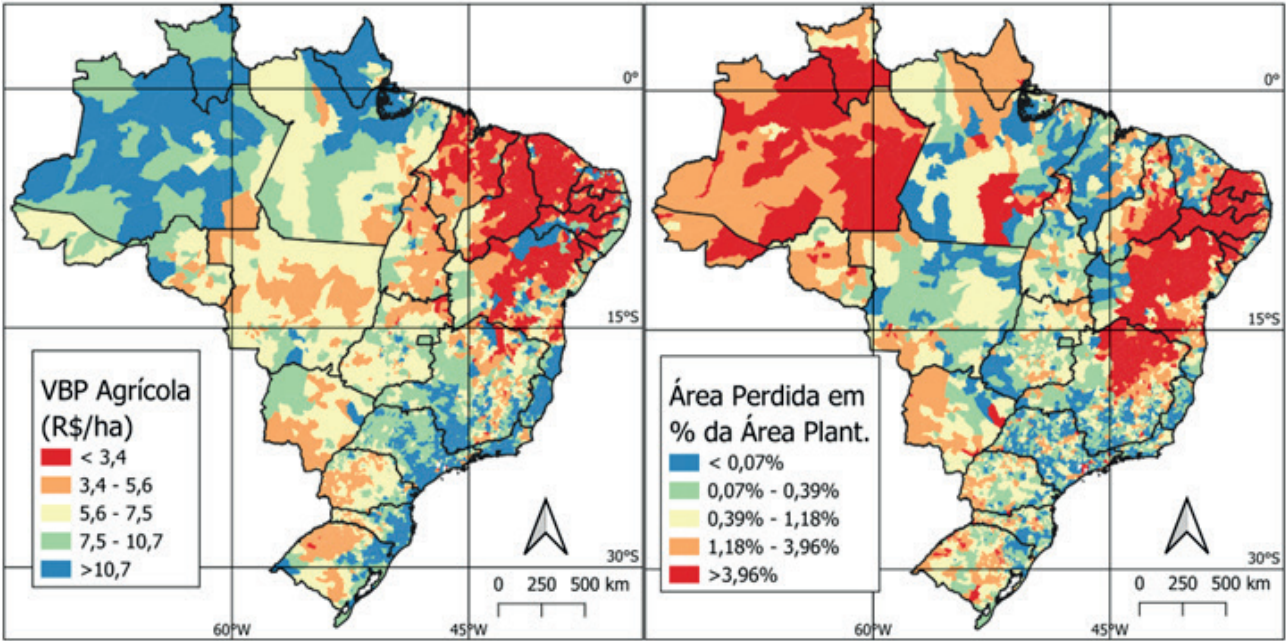
Figura 20. Média da receita e despesa orçamentária *per capita* por município, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir dos valores de receita e despesa orçamentária do Finbra. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

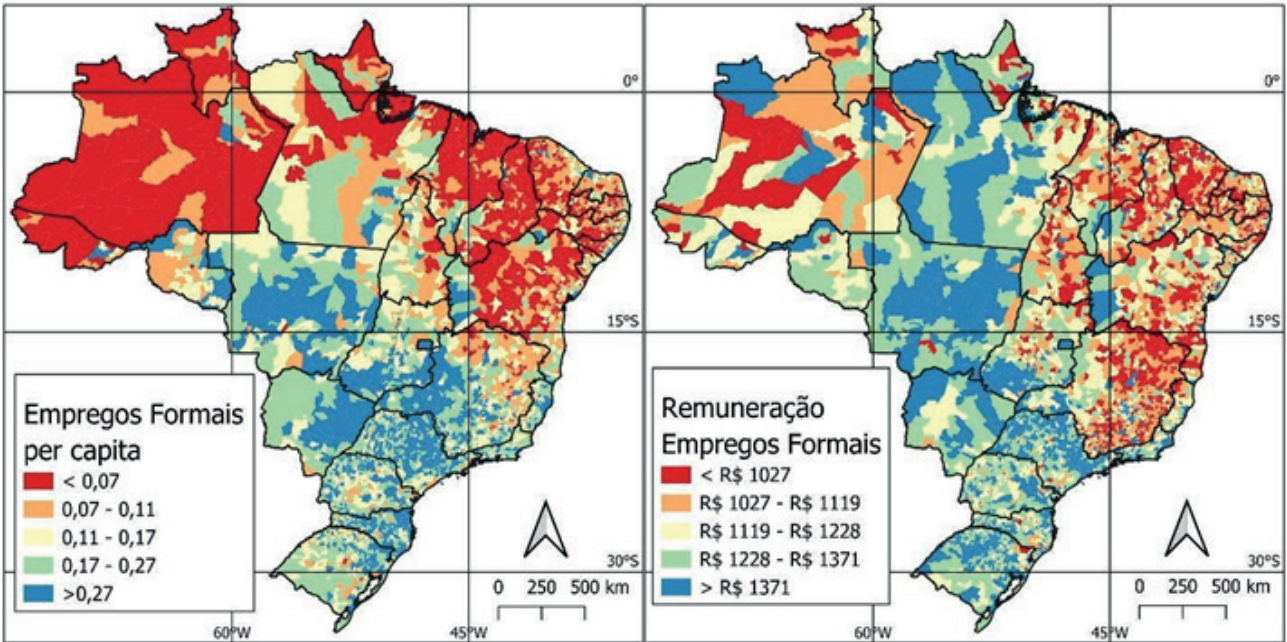
semelhante nesses casos, em que parte da região Norte e Nordeste, incluindo o Norte de Minas Gerais, tendem a ter menos empregos formais per capita e menores remunerações dos empregos formais. Nesses casos a correlação espacial é bem forte, assim como em boa parte dos mapas apresentados anteriormente. Evidencia-se, ainda, padrões mais favoráveis no Centro-oeste, Sul e parte do Sudeste, além de partes do Pará e do MATOPIBA.

Figura 21. Média do VBP agrícola e da área perdida por município, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir dos valores da PAM do IGBE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

Figura 22. Média dos empregos formais *per capita* e da remuneração média por município, 2000-2023.



Fonte: elaboração própria a partir dos valores da RAIS. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

5. Considerações Finais

O objetivo de realizar a análise descritiva dos dados é identificar padrões e correlações simples para subsidiar a formação de hipóteses que podem ser testadas por metodologias estatísticas mais robustas. Os dados das notificações de desastres são fundamentais para compreender em diversas dimensões os seus efeitos. Contudo, eles estão propícios a erros de medidas (especialmente subestimação por ignorar efeitos mais específicos, indiretos ou de médio e longo prazo) e vieses nas notificações, relacionados à capacidade e ao interesse de cada município em realizar as declarações. Portanto, seguindo a literatura de eventos extremos e desastres, o relatório utilizou indicadores meteorológicos para identificar eventos extremos e relevantes de seca e chuva. Essa metodologia permite selecionar as observações com maiores perdas notificadas.

Ao agrupar as observações de municípios no período 2000-2023 entre grupos com notificação de desastres simultaneamente com indicadores meteorológicos de eventos extremos, alguns padrões se destacaram. **No Nordeste, existe uma grande proporção de notificações de seca que não estão associadas a eventos meteorológicos extremos — isto é, extremos em relação ao padrão local. Analogamente, no Sudeste a maioria das notificações de desastres de chuva extrema não está associada a indicadores de evento meteorológico hídrico extremo.** Esses resultados sugerem que a vulnerabilidade a eventos meteorológicos é tão elevada em determinados municípios que, mesmo quando os indicadores meteorológicos não se afastam significativamente da média histórica, os eventos são notificados como desastres naturais. **Por outro lado, o Centro-Oeste e Norte tiveram números consideráveis de eventos meteorológicos extremos e praticamente não notificaram desastres naturais — tanto em casos de seca como em casos de chuvas extremas.** Em um contexto de mudanças climáticas, caso esses padrões meteorológicos continuem a se agravar, eventos cada vez mais distantes dos padrões históricos locais poderão ser percebidos como desastres pelas populações dessas regiões.

As diversas análises descritivas propostas neste relatório evidenciam os fortes padrões regionais dos eventos extremos e dos desastres naturais. Esses padrões se verificaram tanto nas ocorrências — sejam notificações ou eventos meteorológicos — quanto nos resultados calculados a partir das notificações e de outras variáveis socioeconômicas. Essas características sugerem que, para exercícios empíricos robustos, pode ser mais apropriado construir modelos específicos para regiões onde os desastres apresentam padrões similares. Nesse contexto, existe um possível trade-off. Por um lado, ao delimitar excessivamente a região, pode-se capturar melhor as heterogeneidades locais. Por outro lado, a redução da base de dados implica menor disponibilidade de informações úteis para a estimação dos coeficientes. **Alguns recortes regionais, contudo, emergem de modo mais evidente da análise das estatísticas descritivas. Para eventos de seca, o semiárido brasileiro e a região Sul constituem os dois grupos regionais que mais se destacam.** O litoral do Nordeste, por exemplo, pode apresentar características mais próximas às de municípios do Sudeste, enquanto municípios do Centro-Oeste encontram-se em uma zona de transição entre Sul, Sudeste e Norte. **Para chuvas extremas, o padrão populacional indica que uma das principais divisões espaciais deve basear-se na distinção entre grandes centros urbanos e demais áreas.**

Em relação aos indicadores utilizados para estimar o impacto das secas e chuvas extremas, destacam-se alguns padrões relevantes. **Municípios que notificam eventos de seca tendem a ser**

menores em termos de população, PIB e capacidade orçamentária — características que indicam algum tipo de vulnerabilidade no enfrentamento a eventos de grande escala. Ainda no caso da seca, as perdas relacionadas ao setor agropecuário são notórias, mesmo em uma análise descritiva simples. **Em relação aos desastres de chuva extrema, destaca-se que os municípios que mais os notificam são os municípios maiores em termos de população e PIB.** Esse resultado permite formular três hipóteses não excludentes. Primeiro, eventos meteorológicos de chuva extrema convertem-se em desastres principalmente em municípios maiores, caracterizados por crescimento urbano mais desordenado. Segundo, os municípios mais populosos e com maior PIB concentram-se próximos ao litoral brasileiro, região que apresenta mais áreas de risco e maior volume pluviométrico. Terceiro, esse tipo de desastre pode promover aumento da atividade econômica ao demandar reconstrução de infraestrutura, especialmente quando o município atingido recebe apoio dos demais entes federativos.

Na análise descritiva dos grupos categorizados a partir das notificações e da ocorrência de eventos meteorológicos relevantes ou extremos ficou claro que, na média, municípios em cada um dos grupos podem ser bem distintos dos outros grupos. A identificação de eventos extremos de seca e precipitação intensa baseou-se na aplicação de indicadores meteorológicos e na sua comparação com a média e desvio padrão históricos do local, conforme sugerido pela literatura. Essa metodologia aumenta a precisão de efeitos estimados por modelos econométricos — inclusive para indicar a ausência de impactos significativos. Nesse sentido, a presente análise é uma etapa intermediária que será seguida pela estimação dos impactos socioeconômicos dos eventos extremos. Diversos dos resultados reportados acima evidenciam a necessidade de um ferramental estatístico mais complexo. Alguns exemplos são: a dificuldade de interpretação e de potencial dupla causalidade no efeito de desastres naturais sobre a atividade econômica; resultados ambíguos ao se considerar variáveis absolutas ou variáveis relativas (como per capita, ou proporcional à área); e a diferença de resultados entre municípios que notificam desastres, e municípios que os notificam e apresentam evento meteorológico. Portanto, é fundamental isolar várias características a partir de controles e efeitos fixos em modelos econométricos, de modo a produzir aplicações relevantes para a política pública. O aprofundamento dessas questões com as metodologias adequadas constituirá o foco central da próxima etapa desta investigação. Os resultados dessas análises avançadas serão sistematizados e apresentados em relatório subsequente, oferecendo resultados robustos para compreender os prejuízos causados por eventos extremos e, dessa forma, os custos relacionados à mudança climática no Brasil.

6. Referências Bibliográficas

- Amare, M., Jensen, N. D., Shiferaw, B., & Cissé, J. D. (2018). Rainfall shocks and agricultural productivity: Implication for rural household consumption. *Agricultural systems*, 166, 79-89.
- Assunção, V. D., Haniya, M. V., de Oliveira Fonseca, A. C., Jacob, A. C. P., Junior, J. T. A., de Magalhães, P. C., ... & de Sousa, M. M. (2023). Análise dos desastres naturais em Petrópolis ocorridos em fevereiro de 2022. *Encontro Nacional De Desastres*, 3.
- Barbosa, I. C. D. A. (2024). Políticas públicas em tempo de catástrofes naturais: desastre hidrológico em Igreja Nova-AL em 2022.
- Barrios, S., Bertinelli, L., & Strobl, E. (2010). Trends in rainfall and economic growth in Africa: A neglected cause of the African growth tragedy. *The Review of Economics and Statistics*, 92(2), 350-366.
- Bilal, A., & Känzig, D. R. (2024). The macroeconomic impact of climate change: Global vs. local temperature (No. w32450). National Bureau of Economic Research.
- Blaudt, L. M., Alvarenga, T. W., & Garin, Y. (2023). Desastre ocorrido em Petrópolis no verão de 2022: aspectos gerais e dados da defesa civil: Disaster occurred in Petrópolis in the summer of 2022: general aspects and civil defense data. *Geosciences= Geociências*, 42(1), 59-71.
- Brasil. (2024). Primeiro relatório bienal de transparência do Brasil à Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. [Primeiro Relatório Bienal de Transparência do Brasil à Convenção do Clima](#)
- Brito, S. S. B., Cunha, A. P. M., Cunningham, C. C., Alvalá, R. C., Marengo, J. A., & Carvalho, M. A. (2018). Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. *International Journal of Climatology*, 38(2), 517-529.
- Burton, C., Kelley, D. I., Jones, C. D., Betts, R. A., Cardoso, M., & Anderson, L. (2022). South American fires and their impacts on ecosystems increase with continued emissions. *Climate Resilience and Sustainability*, 1(1), e8.
- Carleton, T. A., & Hsiang, S. M. (2016). Social and economic impacts of climate. *Science*, 353(6304), aad9837.
- CEPED/UFSC – Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil. (2025). Atlas Digital de Desastres no Brasil [Base de dados]. Acesso em: [Downloads](#)
- Chaves, D. M., de Assis, C. B. R., & Furbino, S. A. R. (2023). Impactos das enchentes do rio Doce em Governador Valadares no período de 2013 a 2022: pesquisa documental. *Revista Científica FACS*, 23(2), 42-52.
- CMN (Confederação Nacional de Municípios). (2023). Danos e prejuízos causados por desastres no Brasil entre 2013 a 2023. Disponível em: https://cnm.org.br/storage/biblioteca/2022/Estudos_tecnicos/202204_ET_DEF_Danos_Prejuizos_Causados_Desastres2023.pdf?t=1697462457
- Costa, L., Sant'Anna, A. A., & Young, C. E. F. (2021). Barren lives: drought shocks and agricultural vulnerability in the Brazilian Semi-Arid. *Environment and Development Economics*, 28(6), 603-623.

Dalagnol, R., Gramscianinov, C. B., Crespo, N. M., Luiz, R., Chiquetto, J. B., Marques, M. T., ... & Sparrow, S. (2022). Extreme rainfall and its impacts in the Brazilian Minas Gerais state in January 2020: Can we blame climate change?. *Climate Resilience and Sustainability*, 1(1), e15.

Dell, M., Jones, B. F., & Olken, B. A. (2014). What do we learn from the weather? The new climate-economy literature. *Journal of Economic literature*, 52(3), 740-798.

Dourado, F., Coutinho Arraes, T., & Fernandes Silva, M. (2012). O megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro — as causas do evento, os mecanismos dos movimentos de massa e a distribuição espacial dos investimentos de reconstrução no pós-desastre. *Anuário do Instituto de Geociências*.

Espinoza, J. C., Jimenez, J. C., Marengo, J. A., Schongart, J., Ronchail, J., Lavado-Casimiro, W., & Ribeiro, J. V. M. (2024). The new record of drought and warmth in the Amazon in 2023 related to regional and global climatic features. *Scientific Reports*, 14(1), 8107.

Fernandes, V. R., do Amaral Cunha, A. P. M., Pineda, L. A. C., Leal, K. R. D., Costa, L. C., Broedel, E., ... & Marengo, J. (2021). Secas e os impactos na região Sul do Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, 28, 561-584.

Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., Thépaut, J.-N. (2023b): ERA5 monthly averaged data on single levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), DOI: [10.24381/cds.f17050d7](https://doi.org/10.24381/cds.f17050d7)

Hersbach, H., Comyn-Platt, E., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., Thépaut, J.-N., Cagnazzo, C., Cucchi, M. (2023a): ERA5 post-processed daily-statistics on pressure levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), DOI: [10.24381/cds.50314f4c](https://doi.org/10.24381/cds.50314f4c)

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change). (2023). Summary for policymakers. In H. Lee & J. Romero (Eds.), *Climate change 2023: Synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1–34). IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001>

Junior, F. D. C. V., Zachariah, M., do Vale Silva, T. L., dos Santos, E. P., Coelho, C. A., Alves, L. M., ... & Otto, F. E. (2024). An attribution study of very intense rainfall events in Eastern Northeast Brazil. *Weather and Climate Extremes*, 45, 100699.

Kotz, M., Levermann, A., & Wenz, L. (2024). The economic commitment of climate change. *Nature*, 628(8008), 551-557.

Leal, S. V. (2010). Desastres naturais sobre a Amazônia e Nordeste brasileiro associados às enchentes e inundações: O caso de 2009 [Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal do Pará]. Universidade Federal do Pará.

Li, S., Rifai, S., Anderson, L. O., & Sparrow, S. (2022). Identifying local-scale meteorological conditions favorable to large fires in Brazil. *Climate Resilience and Sustainability*, 1(1), e11.

Magalhães, L. S. (2024). Ocorrências de deslizamentos em encostas e soluções baseadas na natureza: uma análise dos municípios de Angra dos Reis – RJ e São Sebastião – SP [Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual de Campinas]. Universidade Estadual de Campinas.

Marengo, J. A., Alcantara, E., Cunha, A. P., Seluchi, M., Nobre, C. A., Dolif, G., ... & Moraes, O. L. (2023). Flash floods and landslides in the city of Recife, Northeast Brazil after heavy rain on May 25–28, 2022: causes, impacts, and disaster preparedness. *Weather and Climate Extremes*, 39, 100545.

Marengo, J. A., Alves, L. M., Soares, W. R., Rodriguez, D. A., Camargo, H., Riveros, M. P., & Pabló, A. D. (2013). Two contrasting severe seasonal extremes in tropical South America in 2012: flood in Amazonia and drought in northeast Brazil. *Journal of climate*, 26(22), 9137-9154.

- Marengo, J. A., Cunha, A. P., & Alves, L. M. (2016). A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. *Revista Climanalise*, 3(1), 49-54.
- Marengo, J. A., Nobre, C. A., Seluchi, M. E., Cuartas, A., Alves, L. M., Mendingo, E. M., ... & Sampaio, G. (2015). A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, 106(106), 31-44.
- Marengo, J. A., Torres, R. R., & Alves, L. M. (2017). Drought in Northeast Brazil — past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology*, 129(3), 1189-1200.
- Martini, L. C. P. (2022). Changes in rainfall patterns in southern Brazil over 1961–2020 period detected by rain gauge data. *International Journal of Climatology*, 42(16), 9101-9114.
- Nobre, C. A., Arieira, J., & Brandão, D. O. (2025). Amazônia em risco e a COP30 como uma oportunidade crítica para evitar o ponto de não retorno. *Estudos Avançados*, 39(114), e39114029.
- Nunes, L. H., Gabriel, G. H., & Marengo, J. A. (2023). More erratic and more extreme: trends in precipitation in the state of São Paulo, Brazil. *American Journal of Climate Change*, 12(1), 140-171.
- Oliveira, V. H. (2019). Natural disasters and economic growth in Northeast Brazil: evidence from municipal economies of the Ceará State. *Environment and Development Economics*, 24(3), 271-293.
- Poveda, G., Espinoza, J. C., Zuluaga, M. D., Solman, S. A., Garreaud, R., & Van Oevelen, P. J. (2020). High impact weather events in the Andes. *Frontiers in Earth Science*, 8, 162.
- Rudorff, C., Sparrow, S., Guedes, M. R., Tett, S. F., Brêda, J. P. L., Cunningham, C., ... & Lott, F. C. (2022). Event attribution of Parnaíba River floods in Northeastern Brazil. *Climate Resilience and Sustainability*, 1(1), e16.
- Salvador, C., Vicedo Cabrera, A. M., Libonati, R., Russo, A., Garcia, B. N., Belem, L. B. C., ... & Nieto, R. (2022). Effects of drought on mortality in macro urban areas of Brazil between 2000 and 2019. *GeoHealth*, 6(3), e2021GH000534.
- Santana, A. S. D., & Santos, G. R. D. (2020). Impactos da seca de 2012-2017 na região semiárida do Nordeste: notas sobre a abordagem de dados quantitativos e conclusões qualitativas.
- Sant'Anna, A. A. (2018). Not so natural: Unequal effects of public policies on the occurrence of disasters. *Ecological economics*, 152, 273-281.
- Silva, P. E., Spyrides, M. H. C., de Melo Barbosa Andrade, L., Santos e Silva, C. M., Mutti, P. R., & Lucio, P. S. (2021). An epidemiological index for drought vulnerability in the Rio Grande do Norte State, Brazil. *International Journal of Biometeorology*, 65(2), 325-335.
- Sobreira, E., Lázaro, W. L., Vitorino, B. D., da Frota, A. V. B., Young, C. E. F., de Souza Campos, D. V., ... & Bogoni, J. A. (2025). Wildfires and their toll on Brazil: Who's counting the cost?. *Perspectives in Ecology and Conservation*, 23(3), 214–217.
- Souza, C. M., Marengo, J., Ferreira, B., Ribeiro, J., Schirmbeck, L. W., Schirmbeck, J., ... & Latuf, M. O. (2024). Amazon severe drought in 2023 triggered surface water loss. *Environmental Research: Climate*, 3(4), 041002.
- Suarez, G., Bello, O., & Campbell, J. (2024). Avaliação dos efeitos e impactos das inundações no Rio Grande do Sul. <https://doi.org/10.18235/0013254>
- Tomasella, J., Cunha, A., & Marengo, J. A. (2023). Nota técnica: elaboração dos mapas de índice de aridez e precipitação total acumulada para o Brasil. Brasília: Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação.
- WMO (World Meteorological Organization). (2025). Global annual to decadal climate update 2025. World Meteorological Organization. [WMO_GADCU_2025-2029_Final.pdf](#)

Young, C. E. F., Aguiar, C., & Souza Neto, E. D. (2015). Valorando tempestades: custo econômico dos eventos climáticos extremos no Brasil nos anos de 2002-2012. São Paulo: Observatório do Clima.

Young, C. E. F. (2024). Aspectos econômicos da adaptação às mudanças climáticas. *Jornal dos Economistas*, (421), 5-7.

Zilli, M. T., Carvalho, L. M., Liebmann, B., & Silva Dias, M. A. (2017). A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. *International Journal of Climatology*, 37(5), 2269-2279.

7. Anexos

Tabela A1. Soma de observações por indicador de seca e categoria por região e categoria de seca, 2000-2023.

Região	Categoria	Cont.	Seca Extrema (Precipit.)	Seca (Precipit.)	Seca Extrema (dias abaixo de 0,5mm)	Seca (dias abaixo de 0,5mm)	Seca Extrema (dias abaixo de 1mm)	Seca (dias abaixo de 1mm)
N	Evento Met.	2.590	-	1.109	-	1.398	-	717
	Evento Met. Extremo	2.559	1.177	450	1.356	386	797	439
	Notificação & Evento Met.	57	-	28	-	38	-	8
	Notific. & Evento Met. Extremo	222	121	46	180	20	43	48
NE	Evento Met.	6.483	-	3.643	-	2.558	-	1.454
	Evento Met. Extremo	5.978	3.051	947	2.779	788	1.999	779
	Notificação & Evento Met.	2.740	-	1.801	-	837	-	553
	Notific. & Evento Met. Extremo	3.005	1.631	566	1.162	473	1.242	365
SE	Evento Met.	10.904	-	6.649	-	3.619	-	3.570
	Evento Met. Extremo	16.848	9.048	2.930	7.327	2.188	7.859	2.857
	Notificação & Evento Met.	827	-	539	-	326	-	173
	Notific. & Evento Met. Extremo	1.550	1.000	261	764	240	742	271
S	Evento Met.	5.464	-	3.533	-	1.754	-	1.321
	Evento Met. Extremo	4.674	2.391	1.046	1.915	518	1.781	570
	Notificação & Evento Met.	794	-	512	-	176	-	309
	Notific. & Evento Met. Extremo	1.668	1.163	193	352	156	776	281
CO	Evento Met.	3.277	-	1.825	-	1.701	-	895
	Evento Met. Extremo	4.402	2.450	1.000	2.397	963	1.662	911
	Notificação & Evento Met.	75	-	56	-	30	-	11
	Notific. & Evento Met. Extremo	87	67	14	35	23	24	18

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).

Nota: ¹Evento meteorológico relevante (Evento Met.) são os eventos que têm valores entre 0,5 e 1 de desvio em relação à média de determinado indicador meteorológico (conforme Equação 1); Evento meteorológico extremo são os eventos que têm valores superiores a 1 de algum dos indicadores meteorológicos.

² Se qualquer um dos indicadores de evento extremo ou relevante tiver entre os valores acima, então aquele município-ano estará naquela subcategoria. Caso um município-ano tenha um evento relevante e um evento extremo para dois indicadores distintos, é considerado apenas o evento extremo.

³ No caso do indicador de seca por precipitação, os valores de referência dos desvios são negativos (ausência de precipitação em relação à média histórica).

Tabela A2. Média dos danos e prejuízo por região e categoria de seca, 2000-2023.

Região	Categoria	Mortos	Desabrigados/ Desalojados	Feridos/ Doentes	Dano Material (mi R\$)	Prejuízo Total (mi R\$)
N	Notificação	0,113	58,75	9.049	0,03	5,0
	Notificação & Evento Met.	0,000	79,37	5.738	0,08	3,9
	Notific. & Evento Met. Extremo	0,041	120,09	7.507	0,28	12,9
NE	Notificação	0,003	1,93	6.296	0,03	23,8
	Notificação & Evento Met.	0,009	4,07	6.631	0,13	30,1
	Notific. & Evento Met. Extremo	0,022	3,07	7.457	0,05	27,1
SE	Notificação	0,018	0,46	2.515	0,13	30,4
	Notificação & Evento Met.	0,021	0,63	3.410	0,02	40,0
	Notific. & Evento Met. Extremo	0,046	0,66	4.250	0,03	37,2
S	Notificação	0,000	0,11	1.737	0,28	74,5
	Notificação & Evento Met.	0,000	0,28	1.731	0,16	68,3
	Notific. & Evento Met. Extremo	0,000	0,06	2.931	0,16	69,2
CO	Notificação	0,000	1,71	2.213	0,22	366,6
	Notificação & Evento Met.	0,000	6,01	29.336	–	271,0
	Notific. & Evento Met. Extremo	0,000	–	6.124	0,09	300,8

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).
Valores de população do IBGE.

Nota: como a tabela reflete a média das variáveis notificadas, são apresentados apenas os grupos com notificações de desastres. Prejuízo total refere-se à soma do prejuízo público e prejuízo privado reportados.

Tabela A3. Média das variáveis orçamentárias por região e categoria de seca, 2000-2023.

	Evento Met.	Evento Met. Extremo	Notificação	Notificação & Evento Met.	Notificação & Evento Met. Extremo	Sem Seca
Receita Orçamentária (mi R\$)	180	200	80	84	87	146
Receita Corrente (mi R\$)	172	190	77	81	83	142
Receita Tributária (mi R\$)	41	45	7	8	7	26
Transferências Correntes (mi R\$)	111	122	65	67	68	99
Transferências da União (mi R\$)	47	51	38	37	37	45
Despesas Orçamentárias (mi R\$)	169	187	75	78	80	138
Despesas Correntes (mi R\$)	150	166	67	70	71	122
Despesas de Capital (mi R\$)	19	21	8	8	9	16
Investimentos (mi R\$)	15	17	6	7	7	13

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).
Valores de receita e despesa orçamentária do Finbra e população do IBGE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

Tabela A4. Média das variáveis orçamentárias para região Nordeste e por categoria de seca, 2000-2023.

		Evento Met.	Evento Met. Extremo	Notificação	Notificação & Evento Met.	Notificação & Evento Met. Extremo	Sem Seca
Média por Município-Ano	Receita Orçamentária (mi R\$)	114	112	81	82	81	114
	Receita Corrente (mi R\$)	112	109	78	79	79	112
	Receita Tributária (mi R\$)	15	13	6	6	5	15
	Transferências Correntes (mi R\$)	89	88	67	69	70	89
	Transferências da União (mi R\$)	49	48	40	40	40	50
	Despesas Orçamentárias (mi R\$)	109	107	76	77	76	109
	Despesas Correntes (mi R\$)	98	96	69	70	69	98
	Despesas de Capital (mi R\$)	11	11	7	7	7	11
	Investimentos (mi R\$)	9	9	6	6	6	9
R\$ por Habitante	Receita Orçamentária	3.632	4.027	4.286	4.038	4.060	3.643
	Receita Corrente	3.610	3.985	4.178	3.955	3.960	3.649
	Receita Tributária	151	163	150	141	139	158
	Transferências Correntes	3.350	3.701	3.878	3.674	3.683	3.368
	Transferências da União	2.098	2.279	2.575	2.357	2.284	2.137
	Despesas Orçamentárias	3.487	3.835	4.005	3.776	3.792	3.515
	Despesas Correntes	3.108	3.443	3.621	3.422	3.427	3.146
	Despesas de Capital	379	392	384	354	365	369
	Investimentos	332	341	325	300	313	317

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores de receita e despesa orçamentária do Finbra e população do IGBE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

Tabela A5. Média de trabalhadores formais por milhão de habitantes, por região e categoria de seca, 2000-2023.

Reg.	Categoria	Agropec.	Constr.	Outros Serviços	Serviços Gerais	Ind. Transf.	Extrativa	Utilidade Pública
N	Evento Met.	18.353	7.274	53.654	19.411	10.075	1.573	727
	Evento Met. Extremo	24.565	7.596	63.854	22.484	9.709	1.744	794
	Notificação	6.908	2.197	57.712	12.424	3.172	1.417	791
	Notificação & Evento Met.	7.932	3.183	62.381	14.578	4.132	1.635	872
	Notific. & Evento Met. Extremo	10.899	3.608	62.794	15.895	6.130	1.178	694
	Sem Seca	12.738	5.926	48.930	16.674	9.178	1.337	544
NE	Evento Met.	9.030	3.909	48.763	13.679	11.450	790	507
	Evento Met. Extremo	10.418	4.747	51.449	15.376	10.939	987	537
	Notificação	3.823	3.271	58.061	12.029	7.785	954	483
	Notificação & Evento Met.	4.481	3.247	53.361	11.531	6.305	872	437
	Notific. & Evento Met. Extremo	5.908	3.198	52.905	12.562	6.866	848	478
	Sem Seca	8.979	4.237	51.143	14.509	15.233	952	510
SE	Evento Met.	49.645	9.841	78.517	50.571	52.859	2.710	1.328
	Evento Met. Extremo	43.201	10.595	84.355	54.679	52.244	2.864	1.404
	Notificação	23.302	4.450	65.543	20.990	8.826	1.471	225
	Notificação & Evento Met.	29.096	4.549	68.530	25.294	13.025	1.402	299
	Notific. & Evento Met. Extremo	28.103	5.372	68.963	27.853	14.593	2.164	374
	Sem Seca	42.214	9.745	80.028	51.044	50.832	2.225	1.386
S	Evento Met.	22.951	9.356	73.721	59.569	76.432	1.153	1.732
	Evento Met. Extremo	22.639	9.317	75.079	61.725	79.411	1.486	1.806
	Notificação	18.517	10.327	69.638	54.050	65.984	709	2.078
	Notificação & Evento Met.	21.714	9.369	74.779	59.249	64.805	719	1.983
	Notific. & Evento Met. Extremo	21.713	11.298	79.256	65.799	69.423	1.270	2.434
	Sem Seca	19.977	10.801	71.300	60.091	82.749	1.421	1.714
CO	Evento Met.	56.673	8.711	68.966	41.594	37.555	2.252	1.071
	Evento Met. Extremo	65.081	8.725	75.586	47.873	37.461	3.155	1.065
	Notificação	88.781	9.227	75.599	58.636	52.423	528	491
	Notificação & Evento Met.	93.651	7.115	81.411	57.585	35.375	551	743
	Notific. & Evento Met. Extremo	84.659	7.297	73.844	67.210	34.207	1.782	1.084
	Sem Seca	63.886	9.038	65.698	43.007	36.621	2.011	1.006

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).

Valores retirados da RAIS e setores construídos através de interpretação nossa dos código CNAE 2.0. População do IBGE.

Nota: agropecuária (01-03), indústria extrativa (05-09), indústria de transformação (10-33), construção civil (41-43), utilidade pública (35-39), serviços gerais (45-56, 97, ex: transporte, alojamento, alimentação, comércio) e outros serviços (58-96, 99, ex: saúde, educação, serviços especializados).

Tabela A6. Média de área perdida por cultura, região e categoria de seca, 2000-2023.

Reg.	Categoria	Algodão	Arroz	Cana	Feijão	Fumo	Mandioca	Milho	Soja
N	Evento Met.	6,4	8,3	10,0	4,7	0,2	18,4	4,2	10,2
	Evento Met. Extremo	3,5	56,7	3,5	9,8	0,1	11,6	19,7	18,7
	Notificação		1,3	5,9	0,3	0,0	39,8	1,4	0,2
	Notificação & Evento Met.		0,8	5,1	0,4	0,3	121,1	0,5	0,0
	Notific. & Evento Met. Extremo		7,6	0,5	1,8	0,0	49,4	0,7	40,4
	Sem Seca	0,6	9,0	7,9	4,4	0,3	27,4	15,4	12,3
NE	Evento Met.	12,5	15,4	10,9	87,2	2,5	9,4	104,3	10,7
	Evento Met. Extremo	52,6	18,0	18,0	132,3	2,1	17,6	213,3	25,7
	Notificação	11,1	12,9	2,3	156,8	14,7	15,6	218,9	20,9
	Notificação & Evento Met.	14,1	18,6	0,7	182,2	32,4	24,0	285,2	22,7
	Notific. & Evento Met. Extremo	42,7	27,5	2,7	238,8	35,1	18,9	396,8	34,0
	Sem Seca	8,2	13,7	23,1	73,3	3,0	13,6	94,5	14,3
SE	Evento Met.	0,2	0,6	18,3	4,4	0,0	0,3	10,9	9,4
	Evento Met. Extremo	0,4	0,9	8,3	5,0	0,0	0,6	9,0	3,3
	Notificação	85,1	16,4	1,9	75,9	0,0	2,3	203,0	117,6
	Notificação & Evento Met.	7,6	5,4	1,8	55,1	0,0	2,5	170,8	2,2
	Notific. & Evento Met. Extremo	16,6	8,8	3,1	44,4	0,0	1,4	146,7	170,4
	Sem Seca	0,6	0,8	34,9	5,7	0,0	0,4	8,8	2,8
S	Evento Met.	0,1	17,4	0,4	7,1	0,6	0,3	51,5	51,5
	Evento Met. Extremo	0,0	15,9	0,2	11,1	1,1	0,3	100,5	40,1
	Notificação	0,0	8,4	0,1	10,2	0,8	0,0	131,2	52,7
	Notificação & Evento Met.	0,0	7,4	0,0	7,5	2,0	0,3	190,8	31,3
	Notific. & Evento Met. Extremo	0,0	57,0	0,2	12,3	0,3	0,9	123,8	153,1
	Sem Seca	0,0	8,3	3,8	8,4	0,9	0,9	50,7	28,2
CO	Evento Met.	0,9	4,4	24,0	18,6	0,0	4,4	72,2	21,3
	Evento Met. Extremo	2,4	5,1	8,2	17,1	0,0	2,6	130,3	25,7
	Notificação	0,0	39,5	6,9	24,9		0,0	1363,2	884,4
	Notificação & Evento Met.	19,0	28,6	50,0	124,5		1,7	588,2	363,2
	Notific. & Evento Met. Extremo	2,3	80,8	0,1	149,6		3,6	1227,0	306,3
	Sem Seca	1,1	7,9	37,7	12,9	0,0	3,2	81,4	50,6

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).
Valores da PAM do IBGE.

Nota: área perdida calculada a partir do resíduo das áreas plantadas e áreas colhidas. Quando não há estimativa de área perdida é porque não houve área plantada daquela cultura naquele grupo de municípios.

Tabela A7. Soma das observações por região e categoria de evento hidrológico, 2000-2023.

Região	Categoria	Cont.	Hidrológico Extremo (Precipit.)	Hidrológico (Precipit.)	Hidrológico Extremo (Precipit. máx dia)	Hidrológico Extremo (LSRR)	Hidrológico (LSRR)	Hidrológico Extremo (LSPR)	Hidrológico (LSPR)
N	Evento Met.	1.351	-	610	-	-	916	-	968
	Evento Met. Extremo	3.376	1.102	779	2.017	2.212	632	2.283	584
	Notificação & Evento Met.	189	-	41	-	-	164	-	172
	Notific. & Evento Met. Extremo	858	252	216	544	669	123	696	100
NE	Evento Met.	4.997	-	2.258	-	-	3.199	-	3.505
	Evento Met. Extremo	11.614	4.078	2.889	7.187	6.978	2.270	7.230	2.149
	Notificação & Evento Met.	374	-	196	-	-	242	-	257
	Notific. & Evento Met. Extremo	1.948	1.272	284	1.243	1.467	249	1.499	236
SE	Evento Met.	3.200	-	1.207	-	-	2.259	-	2.387
	Evento Met. Extremo	6.089	1.045	1.120	4.030	2.388	1.039	2.444	1.002
	Notificação & Evento Met.	637	-	265	-	-	425	-	463
	Notific. & Evento Met. Extremo	1.370	365	213	865	586	294	607	282
S	Evento Met.	3.735	-	1.583	-	-	2.270	-	2.422
	Evento Met. Extremo	5.799	2.146	974	3.121	2.715	1.077	2.745	1.107
	Notificação & Evento Met.	774	-	390	-	-	574	-	607
	Notific. & Evento Met. Extremo	2.425	1.258	580	1.332	1.531	574	1.620	503
CO	Evento Met.	1.215	-	534	-	-	739	-	846
	Evento Met. Extremo	1.787	374	300	1.198	751	364	801	325
	Notificação & Evento Met.	101	-	34	-	-	69	-	76
	Notific. & Evento Met. Extremo	265	70	40	163	148	53	154	49

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).

Nota: ¹Evento meteorológico relevante (Evento Met.) são os eventos que têm valores entre 0,5 e 1 de desvio em relação à média de determinado indicador meteorológico (conforme Equação 1); Evento meteorológico extremo são os eventos que têm valores superiores a 1 de algum dos indicadores meteorológicos.

² Se qualquer um dos indicadores de evento extremo ou relevante tiver entre os valores acima, então aquele município-ano estará naquela subcategoria. Caso um município-ano tenha um evento relevante e um evento extremo para dois indicadores distintos, é considerado consideramos apenas o evento extremo.

³ No caso do indicador de seca por precipitação, os valores de referência dos desvios são negativos (ausência de precipitação em relação à média histórica).

Tabela A8. Média dos danos e prejuízos por região e categoria de evento hidrológico, 2000-2023.

Região	Categoria	Mortos	Desabrigados/ Desalojados	Feridos/ Doentes	Dano Material (mi R\$)	Prejuízo Total (mi R\$)
N	Notificação	0,18	1.328	5.385	11,6	10,0
	Notificação & Evento Met.	0,15	1.428	5.655	15,4	11,2
	Notific. & Evento Met. Extremo	0,24	1.501	5.656	16,9	13,9
NE	Notificação	0,23	780	4.573	20,3	13,0
	Notificação & Evento Met.	0,30	588	8.166	17,3	9,2
	Notific. & Evento Met. Extremo	0,64	821	6.900	25,1	13,8
SE	Notificação	0,50	314	5.313	15,0	17,9
	Notificação & Evento Met.	1,30	428	5.773	19,4	10,9
	Notific. & Evento Met. Extremo	1,42	511	5.965	34,3	13,3
S	Notificação	0,06	221	3.165	7,7	16,6
	Notificação & Evento Met.	0,25	336	3.231	8,1	15,1
	Notific. & Evento Met. Extremo	0,16	507	6.066	12,3	29,1
CO	Notificação	0,05	81	3.308	12,3	27,1
	Notificação & Evento Met.	0,01	65	6.327	11,3	94,1
	Notific. & Evento Met. Extremo	0,05	66	3.272	9,6	28,7

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores de população do IBGE.

Nota: como a tabela reflete a média das variáveis notificadas, são apresentados apenas os grupos com notificações de desastres. Prejuízo total refere-se à soma do prejuízo público e prejuízo privado reportados.

Tabela A9. Média das variáveis orçamentárias por categoria de evento hidrológico, 2000-2023.

	Evento Met.	Evento Met. Extremo	Notificação	Notificação & Evento Met.	Notificação & Evento Met. Extremo	Sem Desastre Hidrológico
Receita Orçamentária (mi R\$)	107,9	124,1	456,3	276,2	248,8	140,2
Receita Corrente (mi R\$)	105,5	119,8	434,9	267,0	237,9	134,6
Receita Tributária (mi R\$)	15,7	19,9	134,3	59,3	52,4	26,5
Transferências Correntes (mi R\$)	78,5	87,3	244,0	174,9	156,2	92,7
Transferências da União (mi R\$)	38,5	42,3	89,6	77,0	67,4	42,2
Despesas Orçamentárias (mi R\$)	100,6	116,3	433,0	259,8	232,6	131,7
Despesas Correntes (mi R\$)	88,9	103,2	384,2	228,3	205,4	116,8
Despesas de Capital (mi R\$)	11,6	13,1	48,8	31,4	27,2	14,9
Investimentos (mi R\$)	9,7	10,8	37,6	25,7	21,8	12,2

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b). Valores de receita e despesa orçamentária do Finbra e população do IBGE. Valores monetários deflacionados pelo deflator do PIB para 2024.

Tabela A10. Média dos trabalhadores formais por milhão de habitantes por região e categoria de evento hidrológico, 2000-2023.

Reg.	Categoria	Agropec.	Constr.	Outros Serviços	Serviços Gerais	Ind. Transf.	Extrativa	Utilidade Pública
N	Evento Met.	15.173	5.612	46.251	16.943	9.957	1.156	586
	Evento Met. Extremo	16.477	6.002	56.201	20.315	9.908	1.501	648
	Notificação	15.842	9.430	60.722	25.079	12.083	1.843	879
	Notificação & Evento Met.	8.131	4.615	49.549	18.221	9.342	1.461	721
	Notific. & Evento Met. Extremo	9.203	5.660	64.341	20.566	8.408	1.415	871
	Sem Desastre Hidrológico	19.200	7.218	52.592	17.092	8.761	1.566	622
NE	Evento Met.	7.575	4.038	51.181	13.108	11.412	1.014	444
	Evento Met. Extremo	7.476	3.983	52.615	12.891	12.663	991	506
	Notificação	10.612	5.921	57.352	23.699	20.085	1.031	800
	Notificação & Evento Met.	8.835	7.655	56.939	22.903	14.522	1.387	780
	Notific. & Evento Met. Extremo	8.739	5.006	58.356	17.999	16.131	607	591
	Sem Desastre Hidrológico	7.910	3.718	51.400	13.460	10.550	879	489
SE	Evento Met.	48.187	8.783	78.490	48.215	52.903	2.591	1.231
	Evento Met. Extremo	49.429	9.814	77.590	48.030	51.284	2.590	1.224
	Notificação	25.132	11.937	86.616	59.518	42.080	2.193	1.572
	Notificação & Evento Met.	24.095	14.825	89.495	61.268	38.370	4.837	1.750
	Notific. & Evento Met. Extremo	23.053	12.714	87.445	55.275	38.762	3.553	1.523
	Sem Desastre Hidrológico	45.622	9.313	80.119	49.749	49.968	2.544	1.266
S	Evento Met.	21.423	9.300	69.667	54.776	74.376	1.167	1.561
	Evento Met. Extremo	22.383	10.580	72.962	61.345	84.880	1.439	1.698
	Notificação	17.599	13.160	77.951	72.732	89.562	1.610	2.348
	Notificação & Evento Met.	21.480	14.365	81.829	79.424	105.762	2.104	2.610
	Notific. & Evento Met. Extremo	18.365	15.101	84.518	79.004	99.108	1.950	2.632
	Sem Desastre Hidrológico	21.243	8.982	70.599	55.609	71.463	1.120	1.659
CO	Evento Met.	73.816	9.075	70.068	45.612	38.240	2.662	1.159
	Evento Met. Extremo	74.703	9.280	73.068	48.436	44.628	2.104	1.100
	Notificação	61.796	9.781	71.126	53.885	36.897	1.600	974
	Notificação & Evento Met.	62.377	21.225	78.188	70.215	40.200	2.767	1.368
	Notific. & Evento Met. Extremo	63.752	10.185	75.010	60.006	36.740	1.792	1.323
	Sem Desastre Hidrológico	57.954	8.328	70.017	42.270	35.305	2.681	1.002

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).

Valores retirados da RAIS e setores construídos através de interpretação nossa dos código CNAE 2.0. População do IBGE.

Nota: agropecuária (01-03), indústria extrativa (05-09), indústria de transformação (10-33), construção civil (41-43), utilidade pública (35-39), serviços gerais (45-56, 97, ex: transporte, alojamento, alimentação, comércio) e outros serviços (58-96, 99, ex: saúde, educação, serviços especializados).

Tabela A11. Média das variáveis de área plantada perdida por cultura, região e categoria de evento hidrológico, 2000-2023.

Reg.	Categoria	Algodão	Arroz	Cana	Feijão	Fumo	Mandioca	Milho	Soja
N	Evento Met.	0,1	13,5	8,7	6,9	0,3	25,6	20,5	5,9
	Evento Met. Extremo	3,9	40,1	10,6	5,2	0,1	24,7	13,6	17,4
	Notificação	-	22,6	0,5	1,9	-	43,0	12,3	0,4
	Notificação & Evento Met.		5,9	0,7	2,0	-	33,7	11,6	9,2
	Notific. & Evento Met. Extremo	-	11,3	1,5	2,6	0,1	52,8	16,1	5,7
	Sem Desastre Hidrológico	4,0	10,6	6,1	6,5	0,3	12,8	10,4	15,8
NE	Evento Met.	9,1	16,4	8,9	91,4	2,1	12,8	118,9	11,9
	Evento Met. Extremo	7,7	15,4	20,0	100,4	3,0	12,0	137,9	47,2
	Notificação	84,0	14,9	15,4	188,9	-	17,2	175,1	-
	Notificação & Evento Met.	37,9	13,2	1,4	75,2	-	38,2	106,3	-
	Notific. & Evento Met. Extremo	11,4	47,2	35,2	107,3	27,2	18,1	132,5	14,3
	Sem Desastre Hidrológico	19,3	13,5	13,6	129,5	10,8	15,8	197,9	9,5
SE	Evento Met.	0,9	1,9	42,9	8,0	-	0,6	23,8	3,4
	Evento Met. Extremo	10,4	1,7	22,7	11,0	-	1,2	27,6	13,8
	Notificação	1,7	2,2	7,7	12,7	-	0,5	23,2	0,7
	Notificação & Evento Met.	2,5	4,2	41,7	8,8	-	0,5	22,5	-
	Notific. & Evento Met. Extremo	22,5	1,6	14,8	10,2	-	0,2	30,2	-
	Sem Desastre Hidrológico	1,7	1,4	12,2	9,1	-	0,5	19,7	7,8
S	Evento Met.	0,3	8,0	0,3	5,9	1,3	0,9	107,2	31,5
	Evento Met. Extremo	-	8,4	5,4	6,9	0,4	0,5	40,4	11,3
	Notificação	-	23,9	0,2	6,6	1,8	0,4	31,9	29,8
	Notificação & Evento Met.	-	20,6	0,1	9,4	0,3	3,0	38,2	52,1
	Notific. & Evento Met. Extremo	-	20,5	4,4	8,3	1,0	0,8	12,1	10,2
	Sem Desastre Hidrológico	-	13,6	1,1	10,8	0,8	0,5	90,7	67,7
CO	Evento Met.	1,7	6,4	46,0	9,8	-	1,4	53,2	32,0
	Evento Met. Extremo	1,1	6,9	26,8	34,2	-	3,2	167,5	62,7
	Notificação	2,1	13,2	2,8	16,4		1,6	52,3	46,4
	Notificação & Evento Met.	-	6,8	109,3	1,8		-	60,8	346,5
	Notific. & Evento Met. Extremo	-	2,1	20,8	2,7		9,9	94,5	82,0
	Sem Desastre Hidrológico	2,0	6,2	17,6	17,2	-	3,6	121,2	32,4

Fonte: elaboração própria a partir do Atlas Digital de Desastres no Brasil e ERA-5 (Hersbach *et al.*, 2023a; 2023b).
Valores da PAM do IBGE.

Nota: área perdida calculada a partir do resíduo das áreas plantadas e áreas colhidas.

