

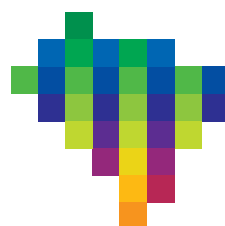


Estado do clima, extremos de clima e desastres no Brasil em 2024



Jose A. Marengo, Ana P. Cunha, Rafael Luiz, Adriana Cuartas, Alan Pimentel, Regina C. S. Alvalá, Marcelo E. Seluchi, Elisângela Broedel, Viviana Muñoz

INCTMC2
INCT para Mudanças
Climáticas · Fase 2



Estado do clima, extremos de clima e desastres no Brasil em 2024

JOSE A. MARENGO, ANA P. CUNHA, RAFAEL LUIZ, ADRIANA CUARTAS,
ALAN PIMENTEL, REGINA C. S. ALVALÁ, MARCELO E. SELUCHI,
ELISÂNGELA BROEDEL, VIVIANA MUÑOZ





Sumário

Introdução	7
Temperatura	9
Precipitação	13
Secas	21
Desastres	27
Impactos dos extremos de clima e desastres	29
Conclusões	35
Referências	37



Introdução

De acordo com o observatório europeu Copernicus (<https://climate.copernicus.eu/>), o ano de 2024 foi o mais quente já registrado, sendo o primeiro a ultrapassar 1,5°C acima dos níveis pré-industriais (1850-1900), chegando a 1,6°C. Esse limite de 1,5°C é considerado pelos cientistas como o teto necessário para impedir as piores consequências do aquecimento global, como o desaparecimento de países insulares. Esse limite é também o valor limiar pactuado no Acordo de Paris, em 2015. A marca não significa, no entanto, que o planeta já rompeu definitivamente a barreira de 1,5°C e as metas do Acordo. Para considerar que o limite foi definitivamente violado, seriam necessários vários anos com os termômetros acima desse patamar. Cada um dos últimos 10 anos, de 2015 a 2024, está dentro dos 10 anos mais quentes já registrados. As altas temperaturas globais, juntamente com os níveis recordes globais de vapor de água na atmosfera em 2024, desencadearam a ocorrência de ondas

de calor sem precedentes, secas, incêndios, e chuvas intensas, causando significativos impactos e miséria a milhões de pessoas.

As mudanças climáticas contribuíram para a morte de pelo menos 3.700 pessoas no último ano, e o deslocamento de milhões ao redor do mundo. Durante 2024, a intensificação dos fenômenos meteorológicos e climáticos extremos causaram perdas humanas em todo o planeta de forma assustadora.

Segundo o WWA (World Weather Attribution-<https://www.worldweatherattribution.org/>), muitos eventos extremos que ocorreram no início de 2024 foram influenciados pelo El Niño. No entanto, a mudança climática teve um papel significativo para alimentar esses eventos. A queima de petróleo, gás e carvão é a causa do aquecimento e a principal razão pela qual o clima extremo está se tornando mais severo. Em 2024, os riscos dos extremos climáticos se tornaram realidade.



Temperatura

Na América Latina e no Caribe, 2024 foi o ano mais quente já registrado, com $+0,95^{\circ}\text{C}$ acima do normal registrado no período 1991–2020. O evento El Niño de 2024 foi associado a temperaturas mais altas do ar e déficits de precipitação nas regiões peruanas do Altiplano boliviano, do Pantanal e da Amazônia, bem como ao aumento das chuvas em partes do sudeste da América do Sul. Também prolongou uma seca pré-existente em grande parte da região central da América do Sul que, juntamente com temperaturas mais elevadas e ondas de calor, levou a níveis extremamente baixos dos rios na maior parte da região durante a primavera no hemisfério sul. Na Figura 1 apresentam-se as tendências de temperatura do ar na América

do Sul desde 1900 até 2024, segundo várias fontes de dados. Podemos observar que 2024 foi o ano mais quente desde 1900.

Segundo a WMO (World Meteorological Organization, 2025), o ano de 2024 foi o mais quente já registado em muitas partes da América do Sul, o que se reflete nas elevadas anomalias de temperatura. A partir dos dados de temperatura do ar provenientes do conjunto de dados de reanálise climática ERA5 (Figura 2), no Brasil, as anomalias de temperatura acima de $+2^{\circ}\text{C}$ foram observadas nas regiões Norte, Centro-Oeste, Sudeste e no estado do Paraná, na região Sul, relacionadas às intensas ondas de calor que afetaram essas regiões.

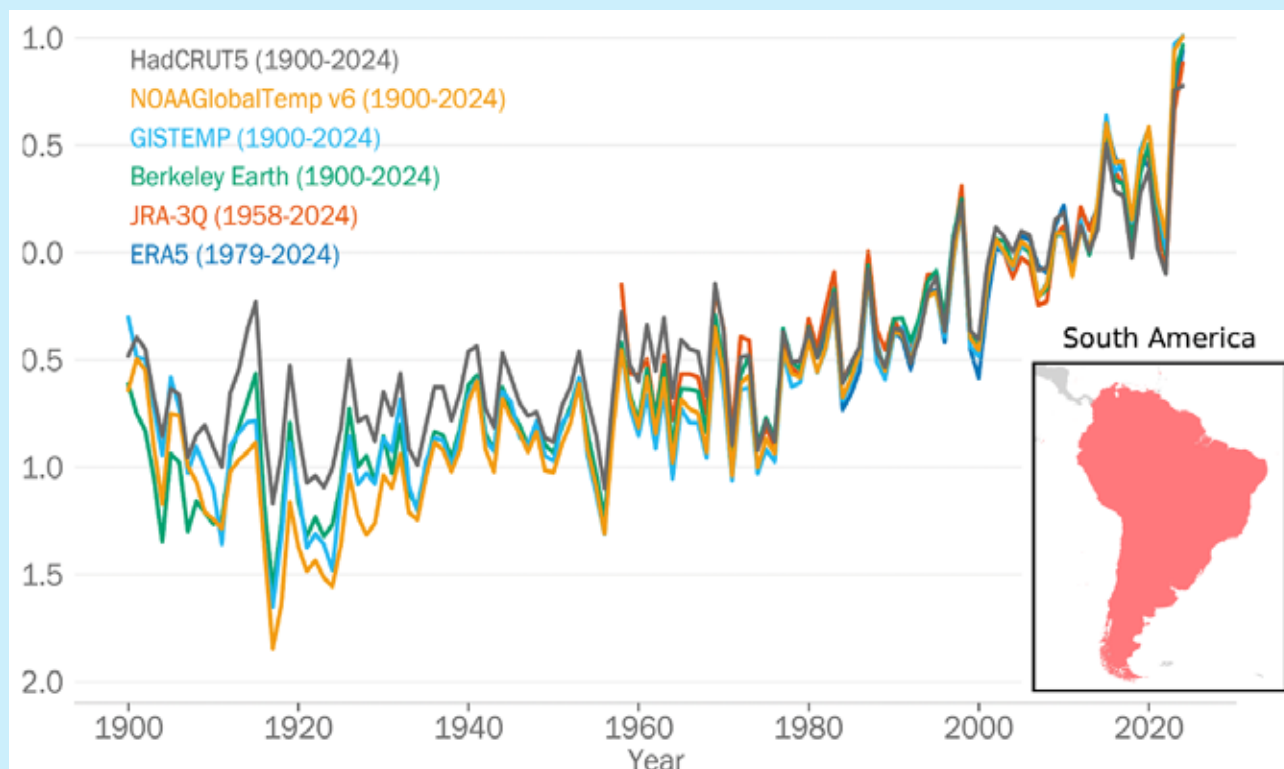


Figura 1. Anomalias médias anuais de temperatura próxima à superfície, 1900–2024, diferença em relação à média de 1991–2020 para América do Sul. Os dados são de seis conjuntos de dados diferentes, conforme indicado na legenda: Berkeley Earth, ERA5, GISTEMP, HadCRUT5, JRA-3Q e NOAA GlobalTemp V6. (Fonte: J. Kennedy, UKMO)

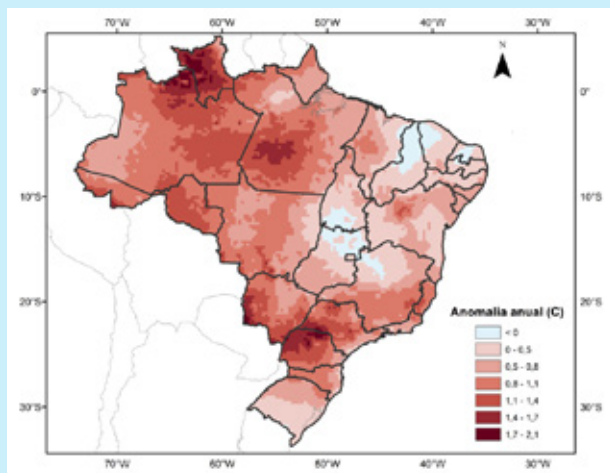


Figura 2. Anomalias de temperatura média do ar, in situ (2 m), para 2024 (em relação a 1991–2020) para a América do Sul, em °C. A escala de cores é mostrada no canto inferior direito da figura. Fonte: ERA5 elaborado pelo CEMADEN.

No Brasil, segundo o INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), 2024 foi o ano mais quente desde 1961, com $+0,79^{\circ}\text{C}$ acima do normal entre 1991 e 2020. Entre as cidades que apresentaram os maiores registros de temperatura máxima em 2024, destacam-se os municípios de Goiás (GO), com $44,5^{\circ}\text{C}$, no dia 6 de outubro; Cuiabá (MT), com $44,1^{\circ}\text{C}$, também no dia 6 de outubro; Indaiaporã (SP), com $43,3^{\circ}\text{C}$, em 8 de outubro; Aragarças (GO), com $43,3^{\circ}\text{C}$, em 3 de outubro; e Rio de Janeiro (Bairro Guaratiba), com $43,2^{\circ}\text{C}$, no dia 28 de novembro.

Durante 2024, todos os meses apresentaram altas temperaturas, ficando acima da média histórica em relação ao período 1991–2020. Além disso, 10 episódios de **ondas de calor** afetaram o Brasil, em março, abril, agosto, setembro e outubro, impactando majoritariamente os estados do Sul, Sudeste e Centro-Oeste. Em setembro, em meio a condições de clima seco e com baixa umidade relativa do ar no interior do país, as altas temperaturas ocasionadas pelas ondas de calor aumentaram o número de focos de queimadas (Figura 3).

Entre o final de agosto e a primeira semana de setembro, as ondas de calor afetaram partes do Brasil, com temperaturas 7°C acima do normal para esta época do ano no Centro-Oeste do Brasil (Belo Horizonte e Brasília), enquanto a região Norte (Manaus) enfrentou temperaturas de até 6°C acima do normal. Já nos dias 22 e 23 de setembro, Cuiabá, Goiânia e Brasília registraram novos recordes de temperatura, chegando a 40°C . No dia 22 de setembro, Palmas atingiu $41,6^{\circ}\text{C}$, enquanto no dia 23 do mesmo mês, Cuiabá registrou $43,1^{\circ}\text{C}$, Brasília, $33,5^{\circ}\text{C}$ e Corumbá, $42,5^{\circ}\text{C}$.



Figura 3. Primavera com forte calor no Rio de Janeiro 2024. a) Foto: Gabriel Paiva; b) Foto: Fernando Frazão/Agência Brasil.

A incursão de ondas de frio aconteceu em maio, junho, julho e agosto, afetando os estados do Sul, Sudeste, Centro-Oeste e Norte (estado do Acre) (Figura 4). Em particular, o mês de agosto de 2024 foi marcado por extremos climáticos em todo o Brasil. Após uma forte onda de frio que estabeleceu novos recordes de baixas temperaturas na primeira quinzena, o calor voltou com intensidade, quebrando recordes de temperatura máxima em várias capitais do país. O Brasil registrou a primeira onda de frio do ano em maio. Uma onda de frio, impulsionada por uma massa de ar vinda da Argentina, chegou no dia 11 de julho à região Sul e derrubou as temperaturas em grande parte do Brasil. Contudo, segundo o INMET, o inverno de 2024 foi o segundo mais quente desde 1961, perdendo apenas para 2023. A Figura 5 mostra alguns eventos significativos de ondas de calor e frio que afetaram o Brasil em 2024.

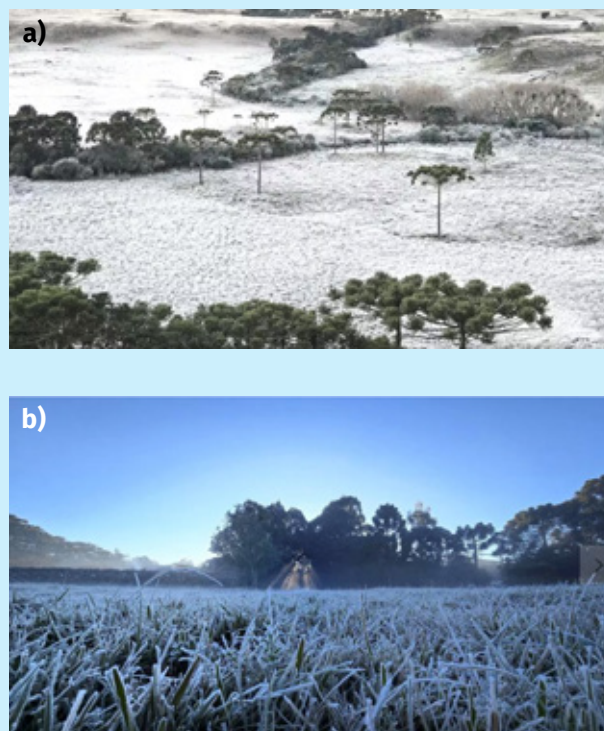


Figura 4. a) Geada no Vale de Caminhos da Neve, 1/7/2024, Foto: Micchel Legnaghi/São Joaquim online; b) São Joaquim amanhece com a temperatura abaixo dos 2°C e o Vale de Caminhos da Neve tem geada pelo segundo dia consecutivo, 1/7/2024. Foto: Mycchel Legnaghi/São Joaquim online.

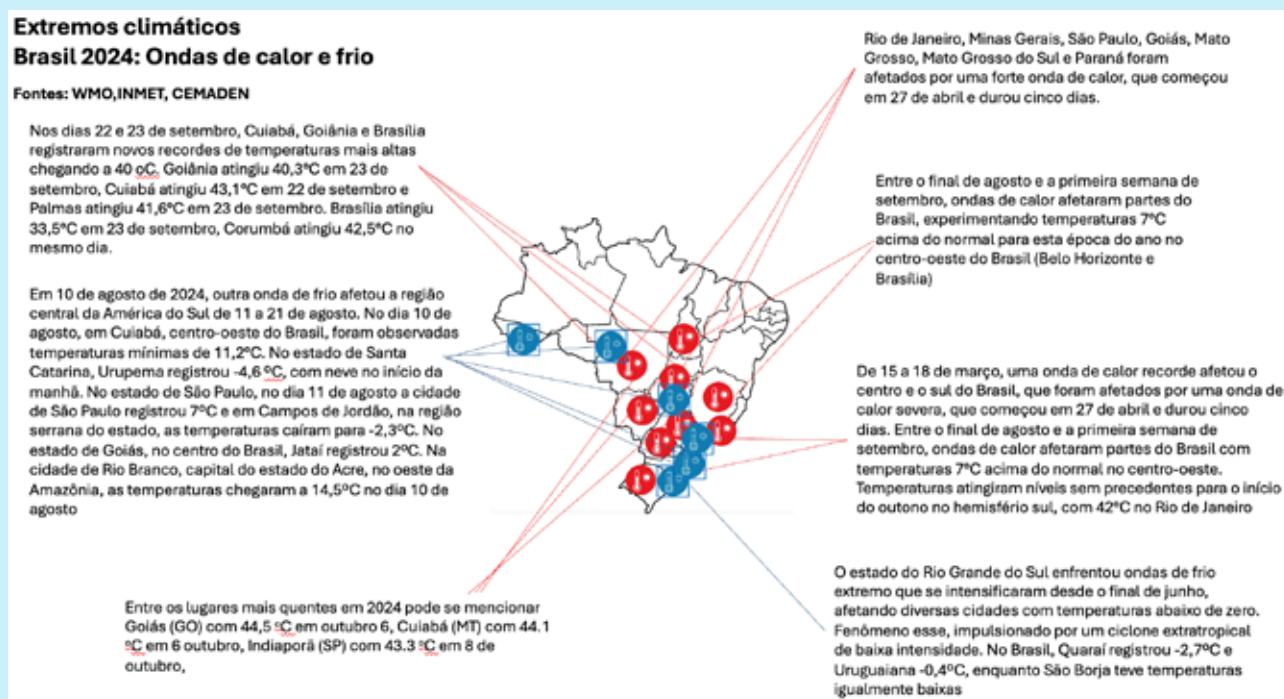


Figura 5. Exemplos de episódios de ondas de calor e de frio que afetaram o Brasil em 2024. Fonte: INMET, INPE, CEMADEN.



Precipitação

No Brasil (Figura 6), chuvas abaixo do normal foram observadas na Amazônia, centro-oeste e sudoeste da Amazônia-Pantanal (-200 a -400 mm), enquanto anomalias de precipitação positivas de +400 mm foram observadas no leste do Brasil e no estado do Rio Grande do Sul. Alguns dos padrões de precipitação observados foram consistentes com o comportamento típico da precipitação sob condições do El Niño durante o primeiro semestre de 2024, especialmente nas chuvas intensas que afetaram o sul do Brasil e as secas na Amazônia e no Pantanal.

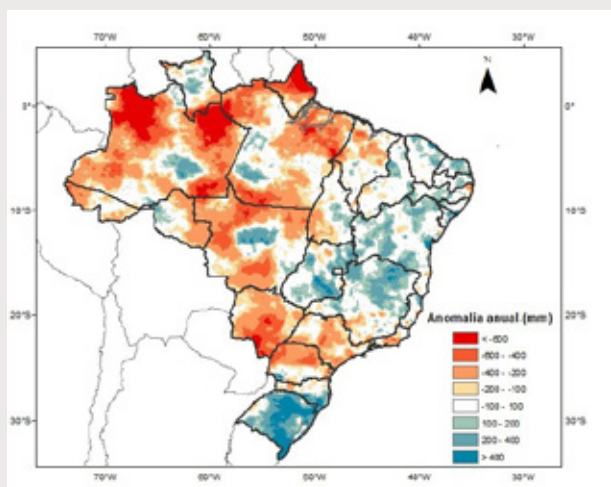


Figura 6. Anomalias anuais de precipitação para 2024 (em relação a 1991–2020) para o Brasil, em mm. A escala de cores é mostrada no canto inferior direito da figura. Fonte: CHIRPS, elaborado pelo CEMADEN.

Episódios de **chuvas intensas** (Figura 7) afetaram os estados do Sudeste do Brasil no verão, causando inundações e deslizamentos de terra que causaram óbitos, desabrigados e danos, levando as autoridades a decretar estado de emergência em alguns municípios. Já na região Norte, no estado do Acre, as inundações ao longo da bacia transfronteiriça

do rio Acre causaram danos generalizados e deslocamentos de comunidades ribeirinhas no Peru, Brasil e Bolívia, em fevereiro de 2024. O Peru relatou inundações no departamento de Madre de Dios a partir de 21 de fevereiro, após o transbordamento de vários rios, particularmente no distrito de Iñapari, área de influência do rio Acre. Em 22 de fevereiro, o governo do estado do Acre, no Brasil, relatou evacuações após o município de Assis Brasil ser afetado por inundações, em que o nível do rio Acre aumentou de 6 a 7 m no intervalo de alguns dias.

Em 23 de fevereiro, a inundação do rio Acre continuou impactando comunidades no Departamento de Pando, na Bolívia, especialmente em Cobija, que fica às suas margens, na fronteira com a cidade brasileira de Brasília. Nesse local, o nível do rio Acre alcançou a cota de 15,83 m. Além da região de fronteira, outras áreas mais amplas do Acre também foram afetadas no final de fevereiro, levando o governo estadual a declarar estado de emergência em 17 dos 22 municípios desse estado. Quanto aos danos e impactos, 2 mortes foram relatadas como resultado das inundações no Acre, e 103.227 mil pessoas foram afetadas, na avaliação inicial. Até 25 de fevereiro, o governo do departamento de Madre de Dios, no Peru, havia relatado 560 casas danificadas e 2.800 pessoas deslocadas em Iñapari. As chuvas em fevereiro ultrapassaram mais de 50% do esperado para o Acre em menos de duas semanas. No dia 27 de fevereiro, as autoridades locais do Departamento de Pando, na Bolívia, relataram mais de 500 casas danificadas

ou destruídas nas cidades de Cobija e Bolpobra. Novas chuvas fortes no início de março fizeram com que os níveis dos rios subissem ainda mais, atingindo 17,68 m em Rio Branco, capital do estado do Acre, no dia 3 de março, e 17,89 m no dia 6 de março. Este é o segundo nível mais alto desde que os registros começaram, em 1971. O Acre enfrentou uma cheia histórica em 2024. Em todo o estado, pelo

menos 20.182 pessoas deixaram suas casas, dentre desabrigados e desalojados, segundo a atualização divulgada no dia 29 de fevereiro. Além disso, 17 das 22 cidades acreanas ficaram em situação de emergência por conta do transbordo de rios e igarapés. Ao menos 23 comunidades indígenas no interior do Acre também sofreram com os efeitos das enchentes (Figura 7).



Figura 7. a) Mais de 22 mil moradores de Rio Branco foram atingidos pelas águas de igarapés e do rio Acre, Foto: Pedro Devani/SECOM; b) Brasileia, no Acre, teve maior cheia já registrada na história. Foto Marcos Vicenti/SECOM; c) Rio Acre ainda está abaixo da cota de atenção. Foto: Richard Lauriano/Rede Amazônica, d) Casa de madeira alagada no município de Brasileia, Foto: Poder360

Fortes chuvas também afetaram o estado do Espírito Santo e o Rio de Janeiro, causando inundações e provocando deslizamentos de terra, culminando com a morte de 27 pessoas no mês de março. No dia 23 de março, no mu-

nício de Mimoso do Sul choveu 231,8 mm em 24 horas e mais de 7 mil pessoas foram deslocadas em todo o estado do Espírito Santo (Figura 8).



Figura 8. a) Propriedade do produtor rural Luciano Belloti foi tomada pela enchente de março de 2024. Foto: Arquivo pessoal; b) Chuva deixa rastro de destruição em Mimoso do Sul/ES. Foto: Fernando Madeira; c) Danos em Mimoso do Sul. Foto: Max Wender-Casa Militar/ES; d) Danos em Mimoso do Sul. Foto: Max Wender-Casa Militar/ES.

Contudo, o maior destaque, em termos de precipitação, foram as inundações sem precedentes ocorridas de abril a maio de 2024 no estado do Rio Grande do Sul, no sul do Brasil, que afetaram 478 dos 497 municípios do estado. A precipitação extrema causou inundações na maior parte do estado, afetando 2.398.255 pessoas e provocando 183 mortes e 27 desaparecidos. As chuvas começaram na madrugada do dia 26 de abril, com vários dias

de chuva ininterrupta e acúmulo diário acima de 200 mm entre os dias 29 de abril e 3 de maio, retornando no dia 11 de maio (Figura 11). O ENSO foi considerado importante para explicar a variabilidade nas chuvas observadas, e a frente fria que trouxe chuvas permaneceu estacionária no sul do Brasil, uma vez que não pôde se mover para o centro do Brasil devido a um bloqueio atmosférico.

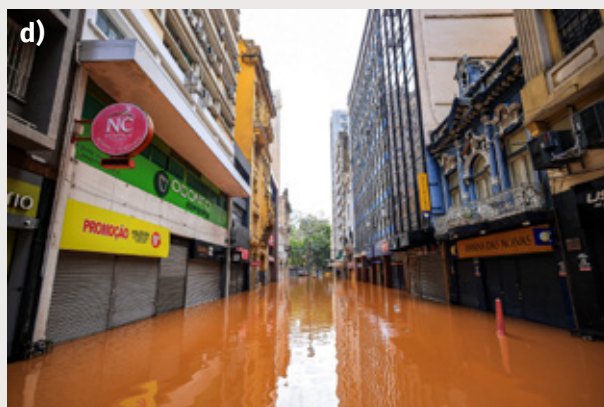


Figura 9. Fotos gerais da enchente em Porto Alegre, 5/5/2024. Foto: Gustavo Mansur/Palácio Piratini (Fonte: https://www.flickr.com/photos/governo_rs/53704427222/in/album-72177720316727998/)

As tempestades fizeram com que os rios afluentes do lago Guaíba (rios Taquari, Caí, Pardo, Jacuí, Sinos e Gravataí) transbordassem. Fortes chuvas, com acumulados superiores a 500 mm em 5 dias, levaram a níveis recordes de 5,35 m no dia 5 de maio, maiores que a enchente anterior, registrada em 1941, em áreas vulneráveis da Região Metropolitana da capital Porto Alegre e municípios próximos (Reboita et al., 2024; Marengo et al.,

2024a). Essa foi a catástrofe climática mais extensa e uma das mais devastadoras da história recente do Brasil. O custo estimado da limpeza é de 3,7 bilhões de dólares (Debone et al., 2024), e o impacto econômico desse desastre foi de cerca de 16 bilhões de dólares (1,8% do PIB do estado, em 2024). A Figura 10 mostra alguns exemplos de extremos de chuvas intensas, seca e deslizamentos de terra no Brasil em 2024.

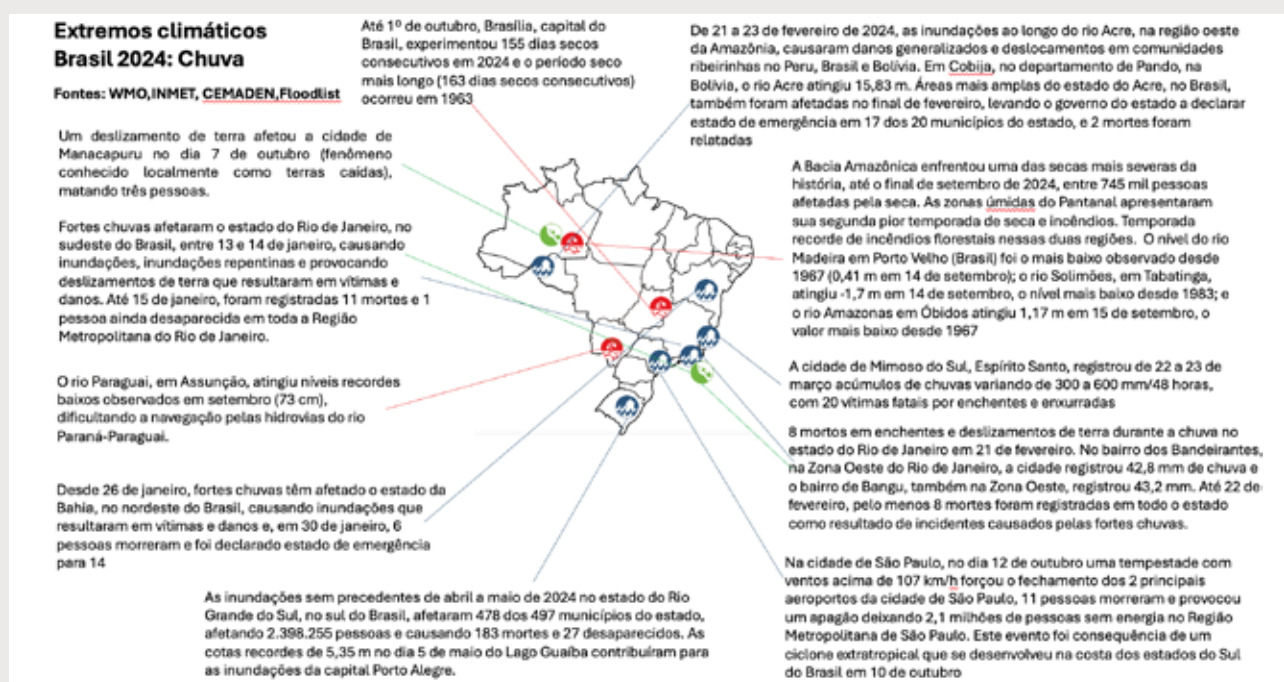


Figura 10. Exemplos de episódios de chuvas intensas e desastres geo-hidrológicos que afetaram o Brasil em 2024. Fonte: INMET, INPE, CEMADEN.

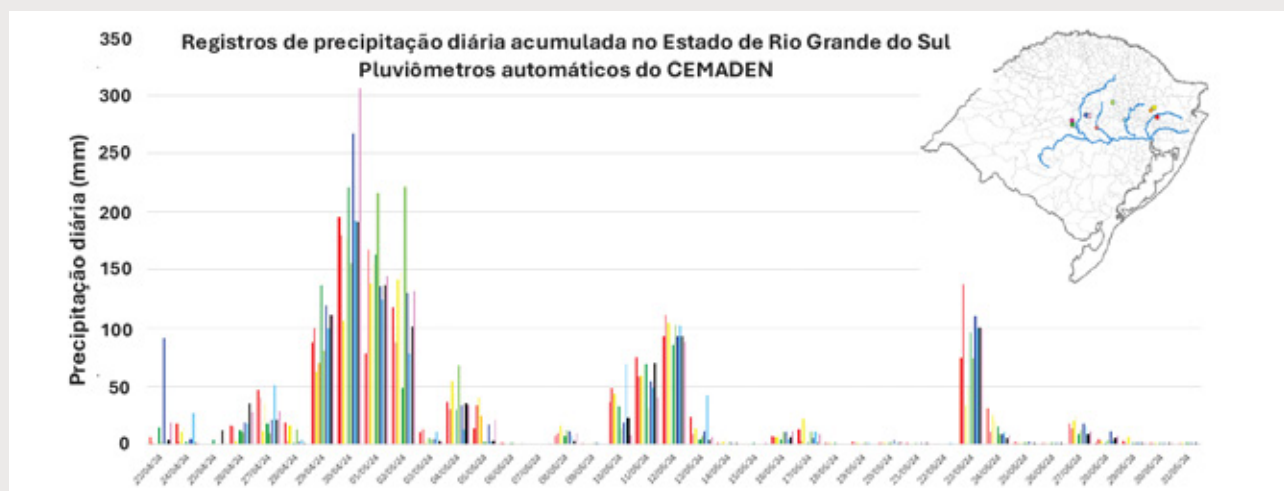


Figura 11. Variabilidade diária das chuvas entre 23 de abril e 31 de maio no estado do Rio Grande do Sul. As cores das barras identificam as estações marcadas com círculos no mapa, no canto superior direito do painel (Marengo et al., 2024).

A Figura 12 mostra os acumulados diários de chuva durante março e abril de 2024 para Rio de Janeiro e Espírito Santo, e para maio 2024 no Rio Grande do Sul. As chuvas diárias foram intensas e os acumulados ultrapassaram a média mensal e geraram desastres com

consequências. As chuvas de 22 e 23 de março tiveram impacto de grande magnitude no Sudeste, com 4 mortes em Petrópolis, 20 em Mimoso do Sul, em 2024, e 183 mortes em Rio Grande do Sul, em maio de 2024.

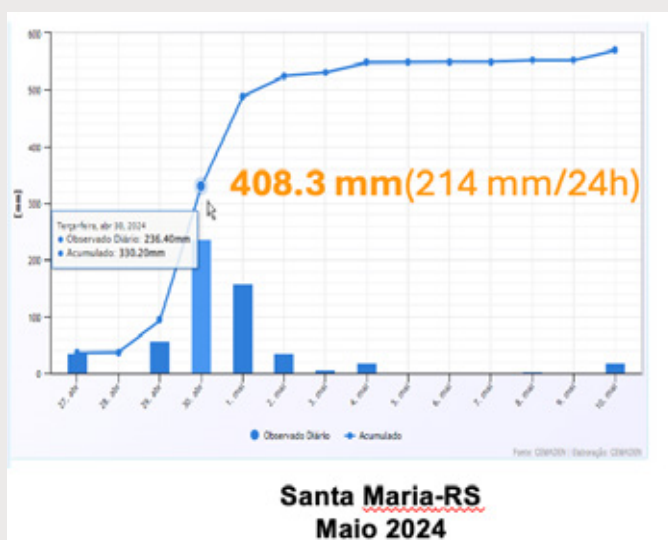
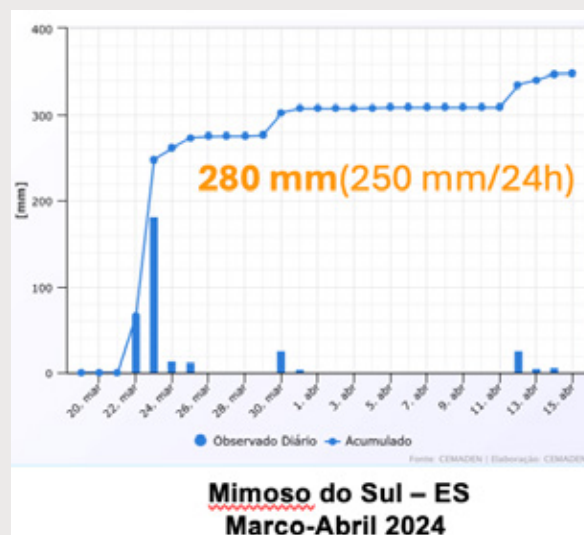
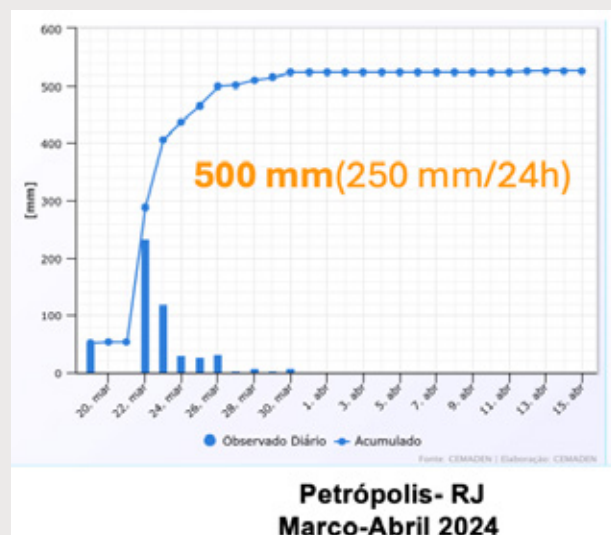


Figura 12. Totais diários de chuva em Petrópolis/RJ e Mimoso do Sul/ES no período de março-abril de 2024 e em maio de 2024 para Santa Maria/RS. Valores que aparecem são acumulados e a maior chuva acumulada em 24 horas. Fonte: CEMADEN.

A linha do tempo dos eventos relacionados a esse desastre mostra claramente que as previsões de chuvas e alertas de alto risco de inundação foram emitidos dois dias antes da grande enchente na cidade de Porto Alegre:

- 28 de abril – Previsão de tempo para chuvas intensas no RS foi emitida pelo INMET, CEMADEN
- 29 de abril – Emissão de alertas iniciais para risco alto/muito alto de desastres geo-hidrológicos pelo CEMADEN

- 30 de abril - Agravamento da situação, Defesa Civil informou
- 31 de abril - Estado de emergência emitido pela Defesa Civil
- 2 de maio - Início do transbordamento do Lago Guaíba
- 5 de maio - Pico de transbordamento do Lago Guaíba inundando áreas vulneráveis da cidade de Porto Alegre

A população que vive em áreas vulneráveis e expostas foi avisada e evacuada a tempo. No entanto, o número de fatalidades ainda foi alto. Há necessidade de implementar ações preventivas com a população mais vulnerável e atividades de educação ambiental para a sociedade. É necessário aumentar a percepção do risco de desastres pela população e pelas autoridades públicas. É necessário melhorar os sistemas de previsão do tempo e alertas sobre o risco de desastres causados por extremos climáticos e, assim, salvar vidas e proteger populações em áreas de risco. O ponto principal desse caso é o aumento do risco de extremos e vulnerabilidade, bem como a gestão territorial insuficiente ou deficiente, o planejamento urbano e os problemas de governança remanescentes nos níveis federal, estadual e local. O Brasil é um exemplo dessa combinação complexa.

No estado do Amazonas, um deslizamento de terra afetou a cidade de Manacapuru no dia 7 de outubro (fenômeno conhecido regionalmente como terras caídas), matando três pessoas. Na cidade de São Paulo, no dia 12 de outubro, uma tempestade, com ventos acima de 107 km/h, forçou o fechamento dos dois principais aeroportos da cidade, provocando também a morte de 11 pessoas e um apagão que deixou 2,1 milhões de pessoas sem ener-

gia na Região Metropolitana de São Paulo. Esse evento foi consequência de um ciclone extratropical que se desenvolveu na costa dos estados do Sul do Brasil em 10 de outubro. De 23 a 25 de outubro, a cidade de São Paulo foi impactada por fortes chuvas com ventos intensos, influência de outro ciclone extratropical e da frente fria associada na costa sudeste da América do Sul, com 87 mm/24 horas, e que provocou a morte de 3 pessoas. No dia 23 de outubro, 72 mil pessoas ficaram sem energia elétrica devido a quedas de árvores provocadas por ventos superiores a 100 km/h. No dia 26 de outubro, chuvas intensas, de 115 mm/24 horas, impactaram a cidade de Belo Horizonte, com consequentes ruas alagadas e risco de deslizamentos na periferia da cidade (INMET). No dia 2 de novembro, fortes chuvas na cidade de São Paulo deixaram novamente 70 mil pessoas sem energia.

No Rio de Janeiro, deslizamentos de terra ocorreram a partir do final do dia 21 de fevereiro de 2024 e, em apenas uma hora, na madrugada do dia 22 de fevereiro, alguns bairros da Zona Oeste da cidade registraram 42,8 mm. Pelo menos 8 mortes foram confirmadas em todo o estado.



Secas

A Figura 13 mostra a evolução temporal da seca no país, com as barras azuis indicando períodos mais úmidos, enquanto as barras vermelhas apontam condições de seca. A partir da década de 1990, as

condições de seca se tornaram mais frequentes e severas, culminando em um período mais crítico nos últimos anos. A seca mais intensa aparece em 2024.

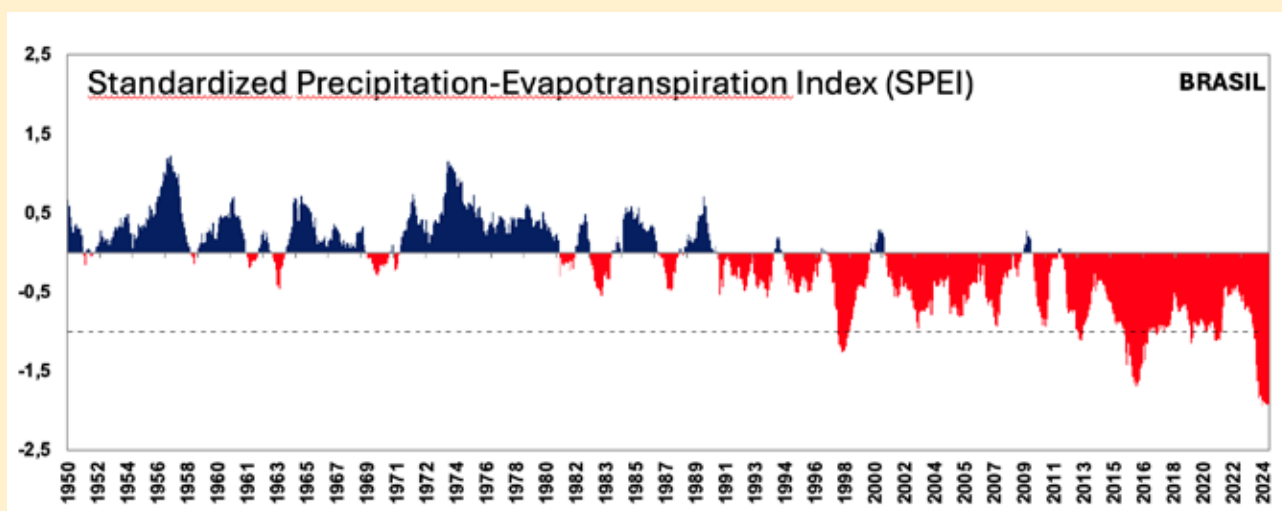


Figura 13. Evolução temporal de secas no Brasil, indicado pelo SPEI (Standard Precipitation Evapotranspiration Index). Fonte: CEMADEN.

Segundo o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN), o Brasil enfrentou em 2024 a maior seca dos últimos 70 anos, em extensão e intensidade. Em setembro, 4.748 cidades do Brasil – mais de 80% do total de municípios do país – enfrentavam algum grau de seca, sendo que 1.349 encontravam-se em níveis severos e extremos.

Em decorrência do déficit de chuvas acumulado, especialmente no segundo semestre de 2023, de acordo com o Índice Integrado de Seca (IIS) do CEMADEN apresentado na Figura 14, as condições de seca severa e extrema continuaram em parte do estado do Amazonas, em Roraima, em grande parte do Centro-Oeste, no estado de São Paulo, e no Triângulo Minei-

ro, no trimestre dezembro-janeiro-fevereiro (DJF). No período seguinte, março-abril-maio (MAM), a situação de seca apresentou melhora, especialmente na região Centro-Oeste do país, em razão dos acumulados de chuvas acima da média ocorridos no mês de abril. Apesar disso, 239 municípios distribuídos em todo o território nacional ainda apresentaram condições de seca severa e extrema.

Nos meses seguintes, julho-agosto-setembro (JAS), a seca voltou a se intensificar em todo o país, situação essa refletida no expressivo aumento do número de municípios em condição de seca severa e extrema, saltando de 239 para 1.400 municípios. Além disso, em parte de alguns municípios, especialmente nos

estados do Acre, Amazonas, Pará, Rondônia, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo e Paraná, observou-se condição de seca excepcional. Destaca-se ainda que, desde o início do monitoramento operacional de secas no CEMADEN, com base no IIS, tal condição

nunca havia sido registrada fora do semiárido. A situação começou a normalizar entre os meses de novembro e dezembro. No final de dezembro de 2024, apenas 182 municípios ainda apresentavam condição de seca severa e extrema.

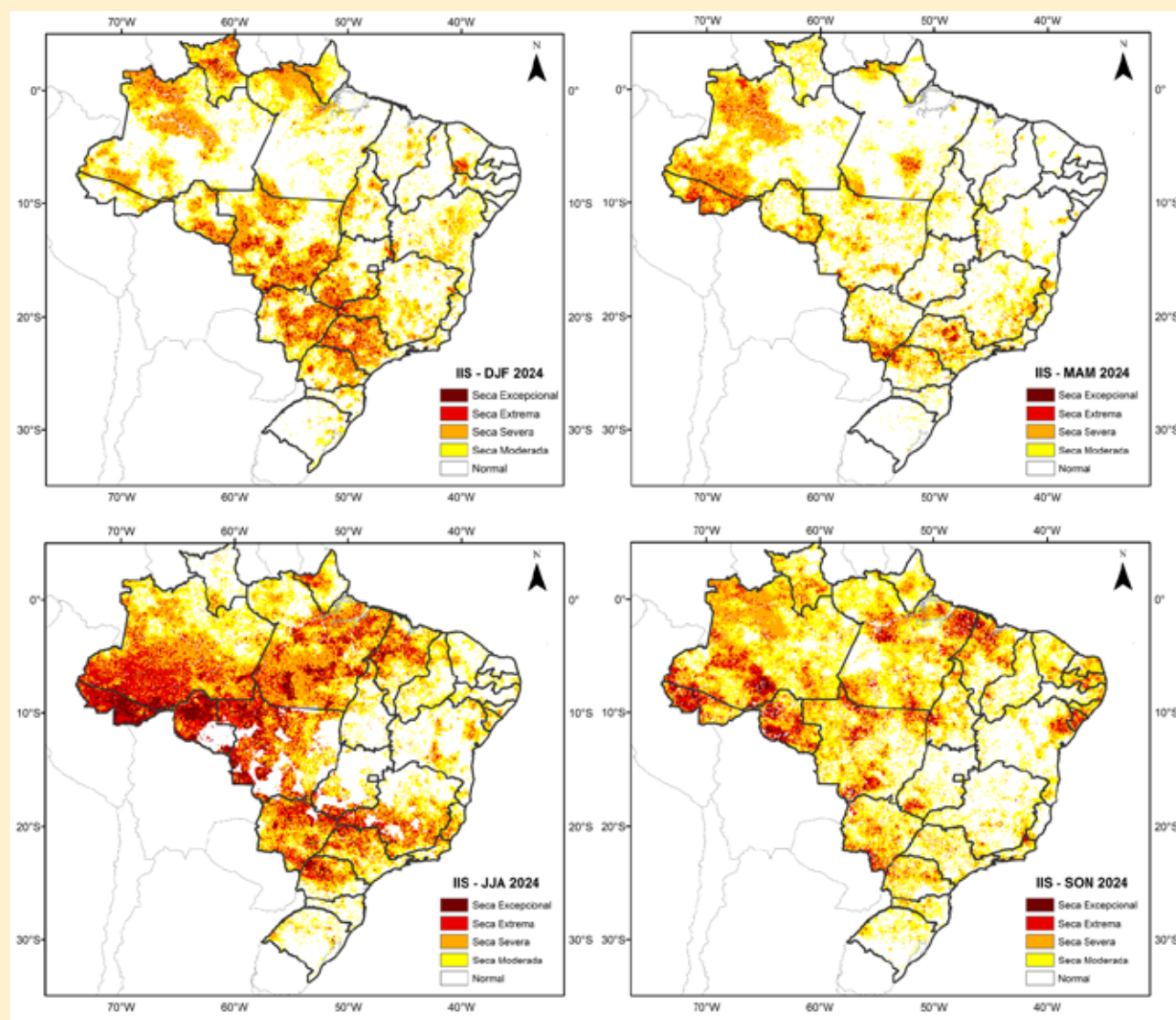


Figura 14. Índice Integrado de Seca sazonal para 2024 no Brasil. Fonte: CEMADEN

Na Bacia Amazônica a seca severa está relacionada, em parte, com o impacto do El Niño, um padrão climático que esteve presente no segundo semestre de 2023 e no primeiro semestre de 2024 (Marengo et al., 2024b; Toreti et al., 2024). No estado brasileiro do Amazonas, até o final de setembro de 2024, das

745 mil pessoas afetadas pela seca, cerca de 330 mil, incluindo aproximadamente 115 mil crianças e adolescentes, que vivem em 2.200 aldeias indígenas e comunidades ribeirinhas, ficaram isoladas ou em risco de isolamento, com graves impactos na saúde, nutrição, acesso à água, proteção e educação. O nível

do rio Negro em Manaus registrou 12,11 m em 10 de outubro (Figura 15), sendo esse o nível

mais baixo já observado desde o início das medições, em 1902.

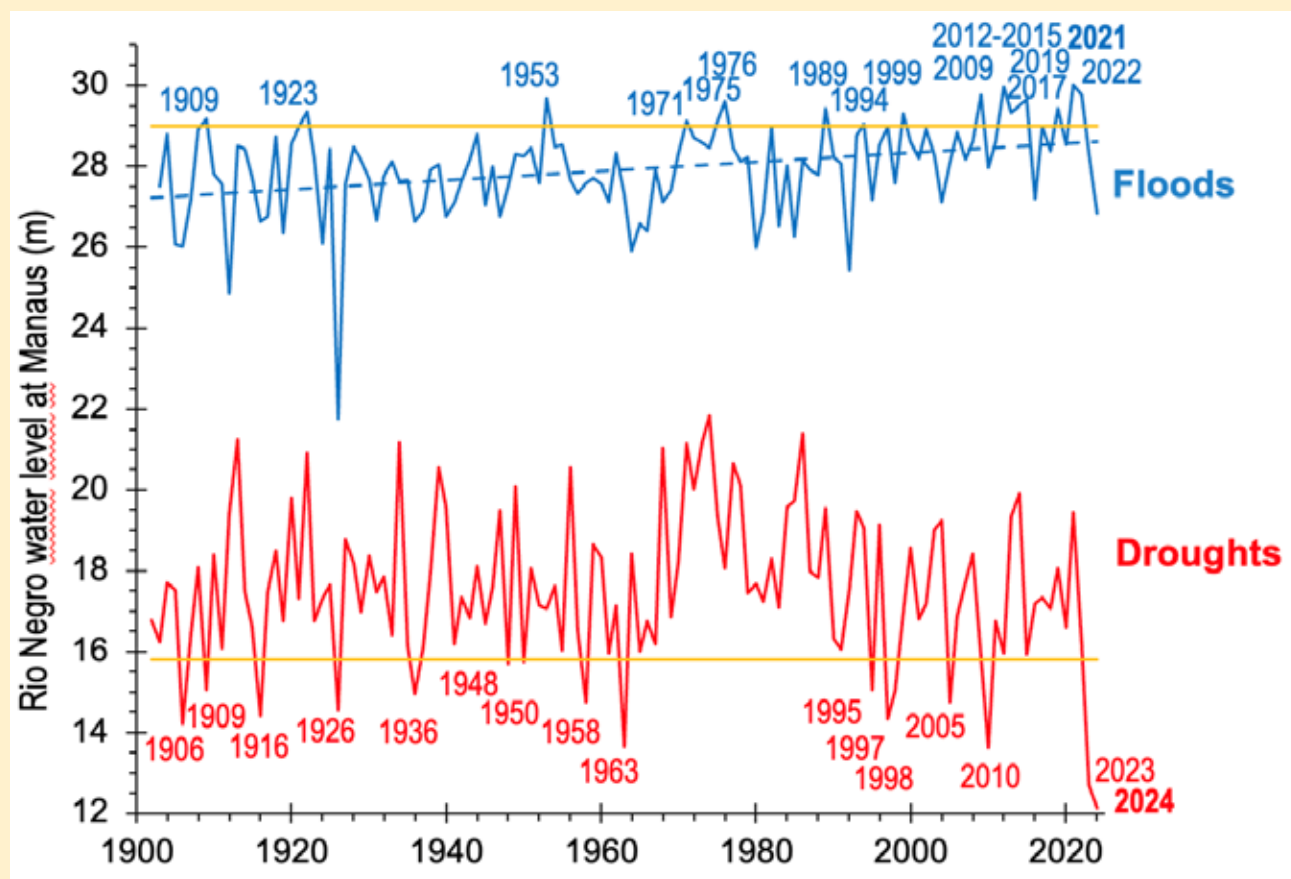


Figura 15. Níveis máximos (linhas azuis) e mínimos (linhas vermelhas) do rio Negro no Porto de Manaus, 1902 a novembro de 2024. Os números azuis e vermelhos indicam anos de enchentes e secas recordes, respectivamente. As linhas laranjas representam os limiares mais alto (29,0 m) e mais baixo (15,8 m) para definir cheias e secas, respectivamente. Os valores estão em metros. Fonte: J. Schongart, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), Brasil.

Os níveis mínimos recordes anteriores foram observados durante os anos de seca: 12,70 m em 2023 e 13,63 m em 2010. O nível do rio Madeira em Porto Velho foi o mais baixo já observado desde 1967 (0,41 m em 14 de setembro); o rio Solimões, em Tabatinga, atingiu -1,7 m em 14 de setembro, o nível mais baixo desde 1983; e o rio Amazonas, em Óbidos, atingiu 1,17 m em 15 de setembro, o valor mais baixo desde 1967, (*SGB-www.sgb.gov.br*). Os níveis mais baixos dos rios afetaram a capacidade das

comunidades vizinhas de pescar e transportar mercadorias para o abastecimento local e o escoamento da produção local para venda. No Peru, várias regiões ficaram suscetíveis a serem afetadas por secas e incêndios florestais. A região de Loreto foi a mais afetada pela seca. Em agosto, o nível das águas do rio Amazonas em Iquitos diminuiu 2,5 m abaixo do nível normal, enquanto em setembro-outubro se aproximou dos níveis mais baixos dos últimos 14 anos.



Figura 16. a) Ribeirinhos carregam galões de água enquanto atravessam bancos de areia do rio Madeira, comunidade de Paraizinho, Humaitá/Amazonas. Foto: Bruno Kelly/Reuters; b) Além dos graves prejuízos ambientais, a seca também traz perdas significativas para a população e economia local. Foto: Jacqueline Lisboa/ WWF-Brasil; c) Imagem da seca em Tabatinga, na região do Alto Solimões/AM. Foto: Defesa Civil; d) Bacia do rio Amazonas enfrenta cenário de grande seca em 2024. Foto: Divulgação/SGB.

O rio Paraguai, em Asunción (Paraguai) atingiu cotas mínimas recordes em setembro, com os níveis de água esgotados pela grave seca rio acima no Brasil, o que dificultou a navegação ao longo da hidrovía Paraná-Paraguai. Em situação crítica, o rio Paraguai atingiu, no dia 8 outubro, o menor nível histórico, com 62 cm, de acordo com o IMASUL (*Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul* - <https://www.ms.gov.br/noticias/com-menor-nivel-historico-rio-paraguai-registra-recorde-e-imasul-emite-alerta#:~:text=Em%20situa%C3%A7%C3%A3o%20cr%C3%ADtica%2C%20o%20Rio,de%20Mato%20Grosso%20do%20Sul>). A situação recorde superou o ano de 1964, sendo o pior índice desde o início do monitoramento, em 1900. Em 2024, o rio Paraná, usado como via de transporte fluvial para escoar aproximadamente 80% dos grãos e oleaginosas da Argentina para

exportação, esteve no segundo nível mais baixo para esse período do ano desde 1970, atrás apenas de um grande declínio observado em 2021, devido à grande seca a montante no Brasil. Como resultado, grandes navios de grãos que carregam soja e milho nos principais portos fluviais da Argentina, ao redor de Rosário, transportaram menos carga devido à redução do calado. Até o dia 1 de outubro, Brasília, capital do Brasil, havia experimentado 155 dias secos consecutivos em 2024, sendo que o período seco mais longo (163 dias secos consecutivos) ocorreu em 1963.

Ainda em 2024, foram registrados os menores níveis do rio Paraguai, desde 1981. Nas estações de medições de Ladário e de Porto Murtinho, houve quebra de recordes mínimos, como pode ser observado na Figura 17. Com o início da estação chuvosa o nível do

rio registrou aumento a partir de novembro de 2024. Contudo, os níveis permaneceram significativamente abaixo da média histórica (período: 1981–2023), fechando o mês de dezembro com níveis médios mensais iguais a 112 cm em Ladário e 207 cm em Porto Murtinho, valores esses significativamente abaixo da média para o mês – 165 cm e 332 cm, respectivamente.

Neste contexto, segundo o Índice de Seca Bivariado TSI, que considera conjuntamente

a precipitação e o nível do rio, a bacia permanecia, desde janeiro de 2024, em uma condição de seca hidrológica excepcional (Figura 17). Entretanto, os valores numéricos do TSI começaram a melhorar a partir de outubro, apresentando menor intensidade negativa. Apesar do volume significativo de chuvas no final de 2024, as cotas dos rios aumentaram muito pouco devido ao solo estar extremamente seco, resultando em uma resposta ainda bastante tímida no TSI.

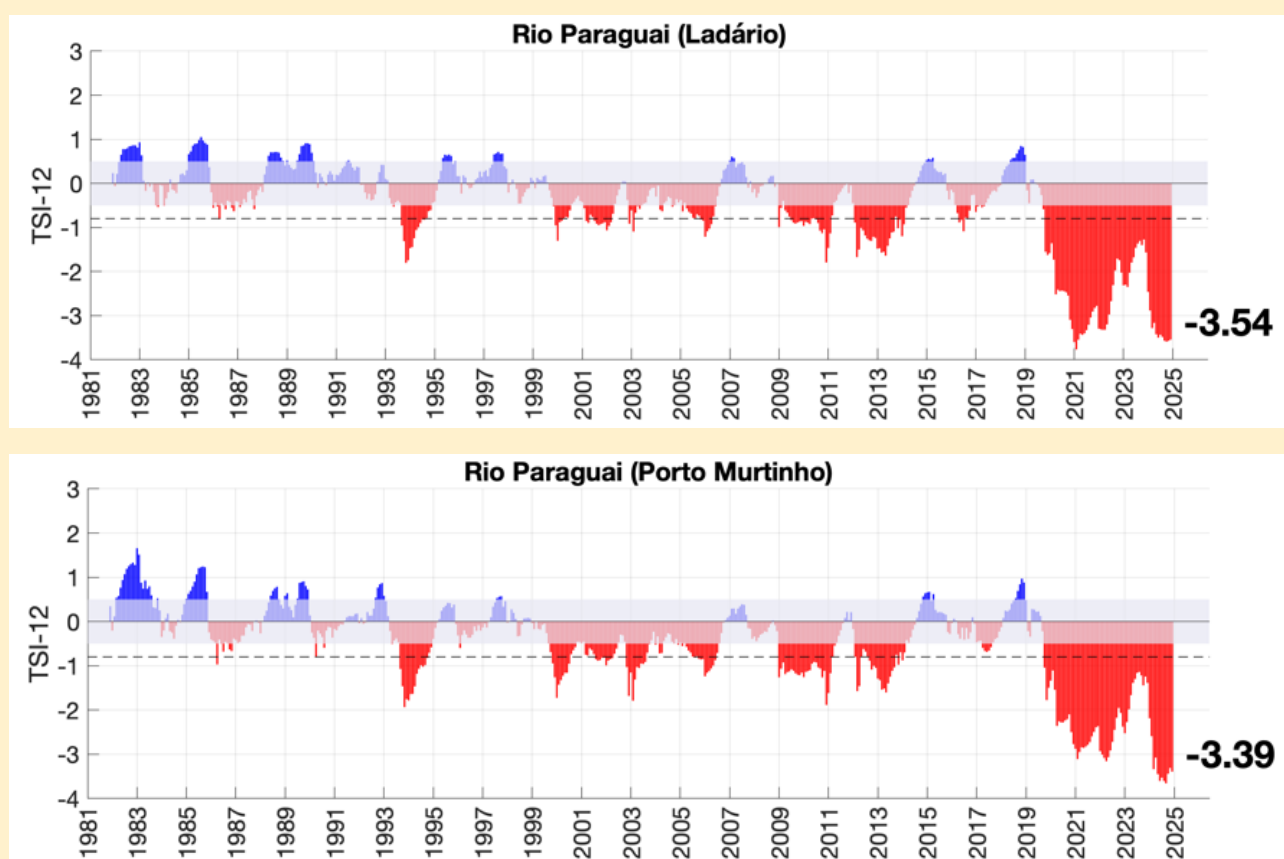


Figura 17. Séries temporais do Índice de Seca Bivariado (Precipitação - Cota) na escala de 12 meses - TSI-12, para a bacia do rio Paraguai até as estações Ladário (parte superior) e Porto Murtinho (parte inferior).



Figura 18. a) Margem do rio Paraguai, principal rio do Pantanal, que mostra a seca histórica e apresentou nível baixo no MS. Foto: Marcia Foletto; b) Trecho seco do rio Miranda, no distrito de Águas de Miranda, em Bonito/MS, 30/3/2024. Foto: Gustavo Figueroa/SOS Pantanal; c) Brigadistas do Prevfogo combatem incêndio dentro de uma fazenda na região de Miranda/MS. Foto: Lalo de Almeida, 8/3/24 /Folhapress; d) Corpo de Bombeiros em ação no combate a incêndios na região de Abobral, em 2024. Foto: Divulgação/CBMMS

Desastres

O número alto de alertas emitidos pelo CEMADEN em 2024 (Figura 19) pode ser explicado, em parte, pela inclusão de 95 novos municípios que passaram a ser monitorados, embora o principal fator a contribuir para esse crescimento tenha sido a intensificação dos eventos extremos de chuvas, particularmente nos meses de janeiro a março e de outubro a dezembro. Esses períodos correspondem à estação chuvosa nas regiões Sudeste e Sul do país, as quais abrigam grande parte dos municípios monitorados pelo CEMADEN e concentraram aproximadamente 75% do total de alertas enviados em 2024. Além disso, podemos citar também o grande desastre ocorrido no Rio Grande do Sul durante abril e maio, que justificou o envio de vários alertas.

Embora o número de alertas em 2024 tenha sido recorde, ele não pode ser considerado atípico dentro da análise histórica, uma vez que desde 2020 a média anual de alertas tem se mantido em torno de 3.300, indicando uma estabilização do número de alertas dentro desse intervalo, mesmo com a ampliação gradual do número de municípios monitorados.

Como há a perspectiva de que novos municípios sejam incluídos no monitoramento do CEMADEN, a tendência para os próximos anos é de que o número de alertas aumente; no entanto, isso vai depender principalmente das condições climáticas e meteorológicas que influenciam diretamente na ocorrência de extremos de chuvas.

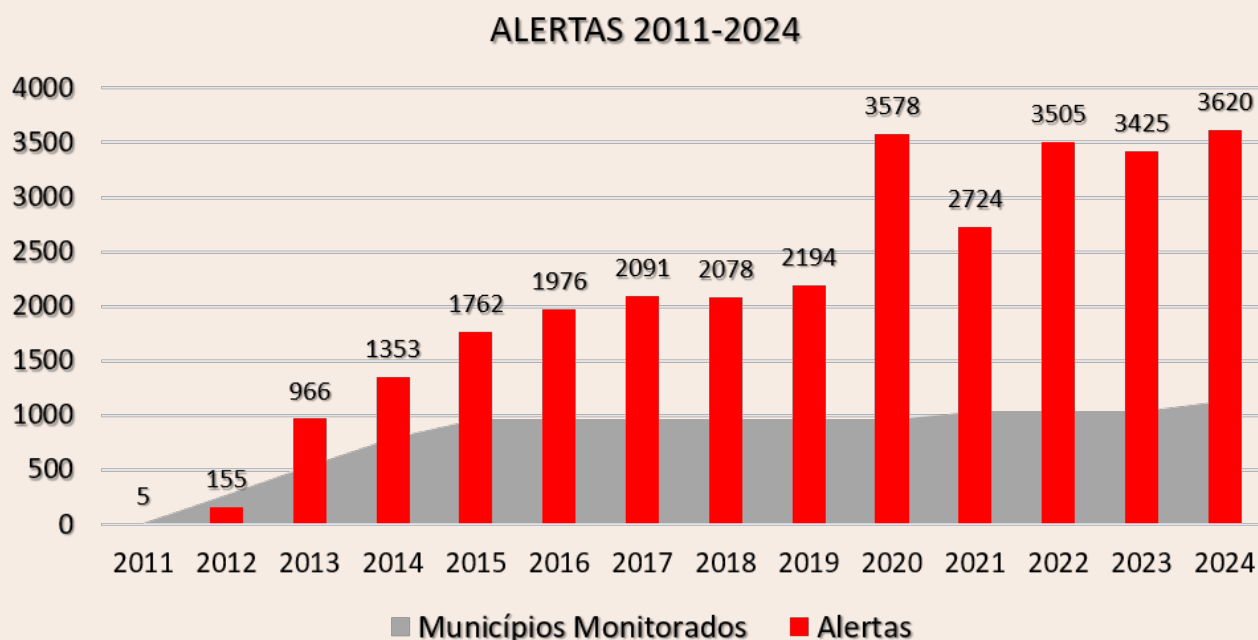


Figura 19. Número de alertas emitidos pelo CEMADEN desde 2011. As barras vermelhas representam o número de alertas e a área cinza representa o número de municípios monitorados: Fonte: CEMADEN





Impactos dos extremos de clima e desastres

A Figura 20 apresenta um resumo dos danos humanos, materiais e prejuízos econômicos relatados no “Relatório de Danos Informados”, da Secretaria Nacional de Defesa Civil (SEDEC), descrevendo a magnitude dos impactos ocasionados por eventos hidrológicos, movimentos de massa e tempestades locais/convectivas (chuvas intensas). Em 2024, foram registradas 1.009 ocorrências em 578 municípios, que reportaram danos e prejuízos significativos.

Em termos de danos humanos, aproximadamente 1 milhão de pessoas foram diretamente afetadas pelos eventos, com destaque para as inundações de maio de 2024 no Rio Grande do Sul, que responderam por 83% desse número. Os impactos no estado foram severos, contabilizando 183 vítimas fatais, 27 desaparecidos, 18.864 feridos e enfermos, 121.878 desabrigados e 834.645 desalojados. Esses números evidenciam a gravidade da situação e a vulnerabilidade da população exposta a tais desastres.

No que tange aos danos materiais, que incluem unidades habitacionais, instalações e obras de infraestrutura públicas danificadas ou destruídas, o custo estimado alcançou aproximadamente R\$ 11 bilhões. Esses valores refletem os danos estruturais significativos e a necessidade de reconstrução de áreas afetadas.

Já os prejuízos econômicos, que englobam impactos públicos (como saúde pública, abastecimento de água potável, energia elétrica e limpeza urbana) e privados (como agricultura, pecuária, indústria, comércio e serviços), somaram cerca de R\$ 9,6 bilhões. É importante ressaltar que os valores reportados pelos municípios do Rio Grande do Sul podem estar subestimados, visto que foram informados nos estágios iniciais dos eventos de maio de 2024, quando foi solicitado o reconhecimento da emergência ou calamidade pública à União.

No Sul do Brasil, os eventos deflagrados em maio de 2024 tiveram um impacto devastador, especialmente na agricultura e na pecuária, setores fundamentais para a economia regional. As inundações danificaram extensas áreas de cultivo, afetando as culturas de soja, trigo, milho e arroz, além de instalações de armazenamento. A logística de abastecimento também foi severamente prejudicada, dificultando a distribuição de produtos agrícolas e gerando perdas tanto diretas quanto indiretas nesses setores.

DANOS E PREJUÍZOS INFORMADOS 2024 (S2ID)

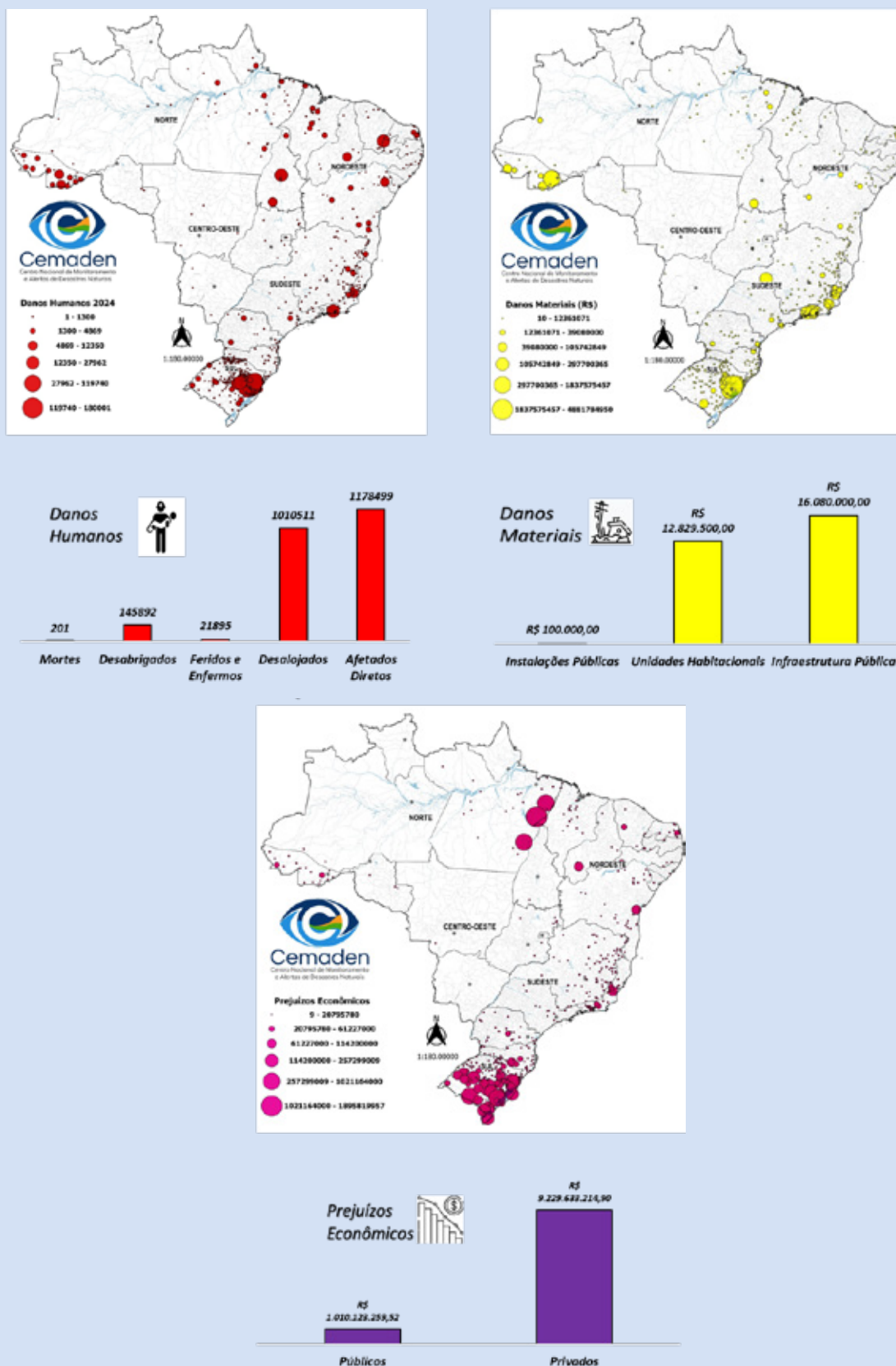


Figura 20. Resumo dos danos e prejuízos informados em função dos eventos hidrológicos, movimentos de massa e chuvas intensas em 2024. Fonte: SEDEC

Em levantamento atualizado pela CNM (Confederação Nacional dos Municípios), estima-se que o desastre no Rio Grande do Sul tenha registrado prejuízos de R\$ 13,3 bilhões, em razão das chuvas que atingiram o estado. O setor habitacional foi o mais prejudicado, com R\$ 4,7 bilhões, sendo 113,6 mil casas danificadas ou destruídas. O setor público responde por R\$ 2,6 bilhões e o privado por R\$ 6 bilhões, sendo R\$ 4,9 bilhões em prejuízos relativos à agricultura e R\$ 514,8 milhões, à pecuária (<https://cnm.org.br/comunicacao/noticias/cnm-atualiza-prejuizos-dos-municipios-com-as-chuvas-no-rs-impacto-e-de-r-13-3-bilhoes>). No entanto, o impacto econômico real poderá ser consideravelmente maior, após uma estimativa mais precisa das perdas de culturas.

Segundo informações da CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), em 2024, devido às enchentes, o mercado estimou uma perda de até 2 milhões de toneladas, além de impacto direto na logística de transporte. Com isso, a projeção anterior de 22 milhões de toneladas poderia ser reduzida para menos de 20 milhões. As tempestades no Rio Grande do Sul prejudicaram as lavouras de soja, principalmente na região central do estado. Muitas lavouras já haviam sido colhidas antes das cheias, mas algumas áreas tardias e grãos recém-colhidos ainda tiveram qualida-

de reduzida. Com 90% da colheita concluída, houve problemas logísticos e perdas de grãos devido a doenças fúngicas, debulha de vagens, dentre outros.

A CONAB apontou que a safra já estava bastante avançada antes das tempestades; no entanto, houve perdas em colheitas realizadas com umidade superior ao ideal, comprometendo a produção e a qualidade dos grãos. No milho, o encerramento da colheita foi levemente impactado, enquanto no trigo as primeiras áreas semeadas foram afetadas pelo excesso de chuvas e pela redução da incidência solar. De acordo com o Departamento de Agricultura dos EUA, mais de 48 mil produtores e quase 3,2 milhões de hectares de terra foram afetados pelas cheias e 144 instalações de armazenamento foram afetadas. A produção de café no Brasil, o maior produtor mundial de café, está sendo impactada pela seca.

As enchentes no estado do Rio Grande do Sul deixaram um rastro de destruição na sociedade, no meio ambiente e na economia de todo o estado, com repercussões para o restante do país. Em particular, os impactos adversos significativos destes eventos nas escolas e nas comunidades escolares realçaram a vulnerabilidade do setor da educação neste estado, tal como representado na Tabela 1, em termos de danos, perdas e custos econômicos.

Tabela 1 – Danos e perdas do setor educacional pelo desastre de 2024 no Rio Grande do Sul, Brasil. Fonte: S2iD.

Mesoregião	Danos em infraestrutura	Perdas em infraestrutura	Danos materiais (R\$)	Perdas econômicas (R\$)
Centro Ocidental Rio Grandense	10	1	200.000,00	-
Centro Oriental Rio Grandense	26	0	17.067.492,88	69.087.263
Metropolitana Porto Alegre	129	0	277.637.665,00	14.610.000
Nordeste Rio Grandense	10	0	22.001,00	32.000
Noroeste Rio Grandense	14	0	297.500,00	12.500
Sudeste Rio Grandense	0	0	-	200.000
Sudoeste Rio Grandense	0	0	-	-
TOTAL	189	1	BRL 295.224.658,88	BRL 83.941.763,05

A educação precisa ser entendida pelas autoridades públicas e demais atores responsáveis pela gestão de riscos de desastres como um dos pilares sociais mais sensíveis aos efeitos das ameaças socioambientais e como um elo fundamental nos programas de adaptação às mudanças climáticas. A vulnerabilidade aos desastres nesse setor abrange fatores humanos, e a população infantil e jovem se encontra numa fase crucial de desenvolvimento físico e mental, com autonomia limitada. Menores de 18 anos, especialmente os mais jovens, ainda representam metade das vítimas da catástrofe. As escolas acomodam um grande número de alunos supervisionados por uma equipe menor de adultos dedicados. O impacto na saúde mental e no bem-estar emocional da comunidade escolar pode levar a desafios a longo prazo, que afetam múltiplas gerações. Os efeitos na educação podem se estender a toda a sociedade, pois a comunidade escolar abrange alunos, professores, funcionários administrativos, prestadores de serviços terceirizados, famílias ligadas a esses indivíduos e a vizinhança.

Os efeitos negativos causados pela seca que assola a Região Norte do Brasil afetaram mais de 900 mil pessoas e causaram, no primeiro semestre de 2024 (até o balanço de 17 de

julho), prejuízos econômicos de mais de R\$ 1,1 bilhão. De acordo com a CNM, 209 cidades decretaram emergência de janeiro a julho de 2024. Dos sete estados que compõem a Região Norte, cinco enfrentaram problemas decorrentes da seca em 2024: Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins e Acre. Persistindo desde janeiro de 2024, a seca causou um grave desequilíbrio hidrológico, com a consequente queda severa nos níveis dos rios Jurupari, Negro e Tarauacá. Os 209 municípios da Região Norte em emergência por seca decretaram 242 resoluções de estado de emergência/calamidade pública nesse ano. Isso porque alguns enfrentaram a emergência mais de uma vez, somente no primeiro semestre. Ainda de acordo com o S2iD, os municípios do estado de Tocantins foram os mais afetados, pois registraram 140 decretações, seguidos pelas cidades de Rondônia, com 80 registros.

A CNM chamou a atenção sobre a severidade da seca que castiga o Norte do Brasil em 2024. Somente nos primeiros sete meses de 2024, os prejuízos de R\$ 1,1 bilhão correspondiam a 50% do total calculado nos últimos 11 anos. Entre 2013 e 2023, a seca causou cerca de R\$ 2,2 bilhões de prejuízos na região. Além de danos às propriedades rurais, a seca seve-

ra contribuiu para o aumento de incêndios florestais, a degradação ambiental, perdas financeiras e de produção na agropecuária e a suspensão de serviços essenciais, como o abastecimento de água potável para consumo humano (<https://cnm.org.br/comunicacao/noticias/mais-de-200-municipios-da-regiao-norte-estao-em-situacao-de-emergencia-por-causa-da-seca>).

Os incêndios florestais ocorreram em toda a América Latina durante 2024, com o Brasil se singularizando por registrar 20% acima do número normal. O aumento da incidência de incêndios florestais foi impulsionado principalmente pela seca extrema de 2023-2024, que foi generalizada e sem precedentes em todo o centro da América do Sul, e por episódios de ondas de calor num ambiente com baixa umidade relativa. Em 2024, foram detectados 1.025.591 de incêndios ativos na América Latina, mais de 47,7% destes no Brasil. Ainda no mesmo ano, vários ecossistemas naturais brasileiros foram ameaçados pelos incêndios, incluindo a floresta amazônica, as áreas úmidas do Pantanal e as savanas do Cerrado. As áreas úmidas do Pantanal no Brasil registraram em 2024 a sua segunda pior temporada de incêndios, somente superada pela de 2020, quando 4 milhões de hectares (30% da região) foram queimados. Até o dia 30 de setembro, os incêndios florestais no Brasil haviam afetado diretamente 18,9 milhões de pessoas e provocado mais de R\$ 2 bilhões em prejuízos econômicos. A floresta amazônica e as savanas do Cerrado atingiram o maior nível de área queimada desde 2012, cerca de 12 e 20 milhões de hectares, respectivamente. No dia 12 de setembro, cidades de Santa Catarina sofreram “chuva preta”, como consequência da fumaça dos incêndios florestais na Amazônia e no Pantanal, transportada pelos ventos.



Conclusões

Em 2024, no Brasil, eventos climáticos extremos, interagindo com as condições de exposição e vulnerabilidade, deflagraram desastres que resultaram em óbitos, afetaram a economia local e regional e causaram fortes impactos em sistemas humanos e naturais. Dentre esses eventos, podemos destacar:

- As tendências da temperatura observadas no mundo mostram que o ano de 2024 foi o mais quente da história, com um aquecimento global de $+0,72^{\circ}\text{C}$. Para a América Latina, o aquecimento chegou a $+0,95^{\circ}\text{C}$, enquanto que no Brasil o aquecimento foi de $+0,79^{\circ}\text{C}$ (relativo à média 1991-2020). 2024 foi também o ano mais quente desde 1961, no Brasil.
- De 21 a 23 de fevereiro de 2024, as inundações ao longo do rio Acre, na região oeste da Amazônia, causaram danos generalizados e deslocamentos em comunidades ribeirinhas no Peru, Brasil e Bolívia.
- As inundações provocadas por fortes chuvas causaram 183 mortes no estado do Rio Grande do Sul, região Sul do Brasil, no evento que foi considerado o pior desastre climático no país, com consequentes significativas perdas econômicas em toda a região.
- A rara combinação de fortes fases positivas do ENSO com a fase quente do Atlântico Norte Tropical e da Oscilação Multidecadal do Atlântico são os principais impulsores da seca na Amazônia e no Pantanal.
- Muitos rios nas regiões da Amazônia e do Pantanal registraram vazões muito baixas ou secaram em 2024. O Rio Negro em Manaus, na Amazônia central, atingiu o nível mínimo recorde em outubro de 2024, o mais baixo desde que as observações começaram, em 1902, ainda mais baixo do que o recorde anterior, em 2023.
- Ondas de calor causaram impactos na saúde ao longo do ano no Brasil, incluindo estresses térmicos e problemas respiratórios devido à fumaça das queimadas na Amazônia, que chegaram ao sul do Brasil e países vizinhos.
- O risco de propagação de incêndios florestais foi elevado nas regiões da Amazônia e do Pantanal, com um número recorde de incêndios, favorecidos pela seca e pelas fortes ondas de calor.
- Na cidade de São Paulo, tempestades com ventos acima de 100 km/h forçaram o fechamento dos 2 principais aeroportos do município, causando mortes e deixando milhões de pessoas sem energia no Região Metropolitana de São Paulo.
- Foram comunicadas perdas agrícolas devido a fenômenos meteorológicos e climáticos extremos. Tais impactos exacerbaram a insegurança alimentar e hídrica, especialmente em comunida-

des que dependem da agricultura para a sua subsistência.

- O ano 2024 registrou mais desastres hidro-geo-meteorológicos comparado com 2023, sendo 47% desastres hidrológicos.
- Entre os diversos setores afetados por desastres, o da educação é bastante vulnerável no presente e, consequentemente, no futuro, se soluções efetivas não forem implementadas e ações relacionadas à educação para a percepção de riscos de desastres não forem priorizadas.

O Brasil tem regiões mais suscetíveis a catástrofes climáticas relacionadas a chuvas do

que outras. As principais são a Serra do Mar, a Serra da Mantiqueira e a Serra Geral, na extensão que compreende o Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. É uma área cujo terreno é bem conhecido, em que temos uma concentração de escorregamentos e fluxos de detritos e inundações. Com a crise climática e aumento dos índices pluviométricos, a tendência é que áreas suscetíveis a deslizamentos e inundações tenham eventos de magnitudes ainda maiores. Qualquer município dentro dessas serras vai continuar tendo movimentos como deslizamentos. Isso faz parte da natureza daquele compartimento geológico. Cenários futuros de extremos de chuva podem agravar ainda mais a ameaça e aumentar o risco de desastres em áreas vulneráveis e expostas.

Referências

Debone, D.; Tavella, R. A.; Colombo, A. L.; Gales, A. C.; da Silva Júnior, F. M. R.; Miraglia, S. G. E. K. Is It Time to Build an Ark? The Reality of Climate Change in One of the Worst Climate Tragedies in Brazil. *Preprints* **2024**, 2024061702. <https://doi.org/10.20944/preprints202406.1702.v1>

Marengo, J., Dolif, G., Cuartas, A., Camarinha, P., Gonçalves, D., Luiz, R., Silva, L., Alvala, R., Seluchi, M., Moraes, O., Soares, W., Nobre, C. (2023 a) O Maior Desastre Climático do Brasil: Chuvas e Inundações no estado do Rio Grande do Sul em abril-maio 2024. *Estudos Avançados* (online). v.38, p.203 - 228, 2024.

Marengo, J., Cunha, A., P., Espinoza, J. C., Fu, R., Schöngart, J., Jimenez, J.C., Costa, M. C., Ribeiro, J. M., Wongchuig, S., Zhao, S., (2024b) The Drought of Amazonia in 2023-2024. *American Journal of Climate Change*. v.13, p.567 - 597, 2024.

Reboita, M.S.; Mattos, E.V.; Capucin, B.C.; Souza, D.O.d.; Ferreira, G.W.d.S. A Multi-Scale Analysis of the Extreme Precipitation in Southern Brazil in April/May 2024. *Atmosphere* **2024**, 15, 1123. <https://doi.org/10.3390/atmos15091123>

Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Acquafresca, L., Barbosa, P., de Jager, A., Ficchi, A., Fioravanti, G., Grimaldi, S., Hrašt Essenerfeld, A., Magni, D., Mazzeschi, M., McCormick, N., Salamon, P., Santos Nunes, S., Volpi, D. (2024) Drought in the Amazon and the La Plata basins - December 2024, *GDO Analytical Report*, JRC140741, doi:10.2760/9524487, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2024 European Union, 2024,. 30 pp.



