



(Foto: Paulo Pinto/Agência Brasil. Reprodução)

Eventos climáticos extremos têm impactos desiguais sobre a população, agravando a vulnerabilidade social no Brasil.

Impactos sociais dos eventos climáticos extremos

* Jose A. Marengo

Resumo

Este artigo discute os impactos sociais dos extremos de tempo e de clima no Brasil. Vários estudos já mostram que os extremos de chuva deflagram inundações e enchentes, deslizamentos de terra, e a falta de chuva pode gerar estiagem e seca, incêndios florestais. Ondas de calor e frio, e ciclones, furacões, tornados e vendavais podem afetar a população mais vulnerável. Esses extremos geram impactos socioeconômicos que podem incluir aumento da pobreza, agravamento da fome, movimentos migratórios, entre outros. Os eventos meteorológicos e climáticos extremos expuseram milhões de pessoas à insegurança alimentar aguda e reduziram a segurança hídrica, com maiores impactos observados em muitos locais e/ou comunidades no mundo. A mudança do clima não é justa, e apesar de afetar a todos, a distribuição dos impactos é desigual — a população marginalizada em seus direitos sociais, econômicos, culturais, políticos e institucionais é mais vulnerável aos efeitos climáticos. Pequenas comunidades, especialmente para os povos indígenas, ribeirinhos Amazônicos, pequenos produtores de alimentos, pessoas de baixa renda, famílias com crianças, idosos e mulheres grávidas são mais particularmente afetadas. Embora os impactos dos eventos climáticos extremos atinjam a todos, nem todas as pessoas conseguem enfrentá-los e se recuperar deles com a mesma facilidade.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Adaptação; Vulnerabilidade; Impactos socioeconômicos; Extremos climáticos

Introdução

As alterações na frequência ou na intensidade dos fenômenos meteorológicos e climáticos extremos podem ter impactos profundos na natureza e na sociedade. Existe uma base científica sólida que sustenta que as mudanças climáticas (antropogênicas) induzem alterações nesses extremos. O Sexto Relatório do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC) [1,2] destacou que as mudanças climáticas antropogênicas têm contribuído para o aumento de eventos meteorológicos e climáticos extremos, que resultam em mortes e em significativos impactos decorrentes de desastres. Extremos de chuva deflagram inundações, enchentes e deslizamentos de terra; a falta de chuva pode gerar estiagens e secas, além de incêndios florestais. Ondas de calor e frio, ciclones, furacões, tornados e vendavais também podem afetar a população mais vulnerável. Os impactos socioeconômicos decorrentes das mudanças climáticas incluem o aumento da pobreza, o agravamento da fome, os movimentos migratórios e a maior ocorrência de eventos extremos, como enchentes, tempestades e estiagens.

Nos últimos 30 anos, o número de desastres tem aumentado em todo o planeta devido à intensificação de eventos hidrometeorológicos e climáticos em muitas regiões, ou em razão do aumento da população que vive em áreas de risco. Esses eventos também têm o potencial de causar perdas

agrícolas, desabastecimento e contaminação de água, cortes de luz e proliferação de doenças.

Um evento climático extremo é definido como uma situação rara em um determinado local e época do ano. Um evento climático ou meteorológico extremo resulta em uma série interrupção no funcionamento normal de uma comunidade, afetando seu cotidiano. Eventos climáticos extremos causam perdas materiais, humanas e animais, além de danos ao meio ambiente e riscos à saúde. Por isso, são tão perigosos e precisam de medidas preventivas e estudos socioambientais para mitigar seus impactos. Assim, é essencial analisar eventos extremos para identificar suas tendências atuais e explorar as possíveis alterações que as mudanças climáticas induzirão em sua frequência e intensidade. Isso é extremamente importante em regiões onde eventos extremos desencadeiam desastres e podem afetar populações vulneráveis, que

acabam abandonando áreas expostas, gerando impactos nos sistemas naturais e humanos.

Os extremos da variabilidade climática e das mudanças climáticas aumentam os fatores que levam as pessoas à pobreza e as mantêm nessa situação. Inundações e deslizamentos de terra podem assolar favelas urbanas, destruindo casas e meios de subsistência. As mudanças climáticas afetam a disponibilidade de água, tornando-a mais escassa em várias regiões. O calor pode dificultar o trabalho ao ar livre, enquanto a escassez de água pode afetar a agricultura, a geração de energia elétrica e aumentar o risco de fogo em biomas protegidos, com impactos sobre a saúde humana por diferentes vias e intensidades. Algumas dessas transformações atingem diretamente a população, como a ocorrência de secas, ondas de calor, furacões, tempestades e enchentes [3] (Figura 1).



(Foto: Marcello Casal Jr./Agência Brasil. Reprodução)

Figura 1. Secas, ondas de calor, furacões, tempestades e enchentes têm impactos sobre a saúde humana por diferentes vias e intensidades.

Extremos de tempo e clima observados

Os eventos climáticos e meteorológicos extremos, geralmente, são classificados como de origem hidrológica (inundações bruscas e graduais, alagamentos, enchentes, deslizamentos), hidrogeológica (processos erosivos, de movimentação de massa e deslizamentos resultantes de processos geológicos em consequência de extremos de chuva); meteorológica (raios, ciclones tropicais e extratropicais, tornados e vendavais); e climatológica (estiagem e seca, queimadas e incêndios florestais, chuvas de granizo, geadas e ondas de frio e de calor).

As palavras “extremos climáticos” e “extremos meteorológicos” são utilizadas quase indistintamente, uma vez que o tempo e o clima fazem parte do mesmo *continuum*. No entanto, enquanto os extremos climáticos têm sempre uma probabilidade finita, embora pequena, de acontecer, nos extremos climáticos procuramos um padrão de comportamento ao longo de vários eventos meteorológicos sinópticos, de modo que as mudanças nos extremos sejam avaliadas em todas as escalas de tempo e espaço.

As mudanças e a variabilidade dos extremos são indicativas de mudanças nas condições meteorológicas perigosas, resultando em fortes efeitos adversos (desastres) nos ecossistemas ou setores da sociedade, embora extremos mais raros (por exemplo, com um período de retorno de 1 em 10 a 50 anos) possam

“Eventos climáticos extremos causam perdas materiais, humanas, animais, danos ao meio ambiente e risco à saúde.”

comportar-se diferentemente. Os impactos de extremos muito raros dependem, em grande medida, do sistema, incluindo sua vulnerabilidade, resiliência e capacidades de adaptação e mitigação. É necessária uma abordagem especial à análise e ao comportamento dos fenômenos meteorológicos e climáticos extremos no quadro da avaliação do impacto potencial das alterações climáticas, o que fornecerá elementos para estudos de impacto.

Conforme observado pelo IPCC (2021 e 2022) [1,2] e anteriormente no IPCC (2012) [4] e Dunn et al. (2020, 2024) [5,6], os países em desenvolvimento careciam de análises de extremos climáticos devido à insuficiência de recursos para realizar tais análises, acesso limitado aos dados, menos registros digitalizados e redução da qualidade dos dados, aos quais as análises extremas são muito sensíveis. Em todo o mundo, várias abordagens são usadas para definir extremos. Geralmente, baseiam-se na determinação de limites relativos (por exemplo, percentil 90°) ou absolutos (por exemplo, 35 °C para um dia quente) acima dos quais as condições são consideradas extremas. As mudanças nos extremos podem ser examinadas a partir de duas perspectivas, focando-se nas mudanças na frequência de determinados

extremos ou nas mudanças em sua intensidade. Frich et al. (2002) [7] derivaram indicadores, que foram compilados para classificar se a frequência e/ou gravidade dos extremos climáticos mudaram durante a segunda metade do século XX. Este período proporciona a melhor cobertura espacial de séries diárias homogêneas, que podem ser utilizadas para calcular a proporção da área terrestre global que apresenta uma mudança significativa em condições meteorológicas extremas ou severas.

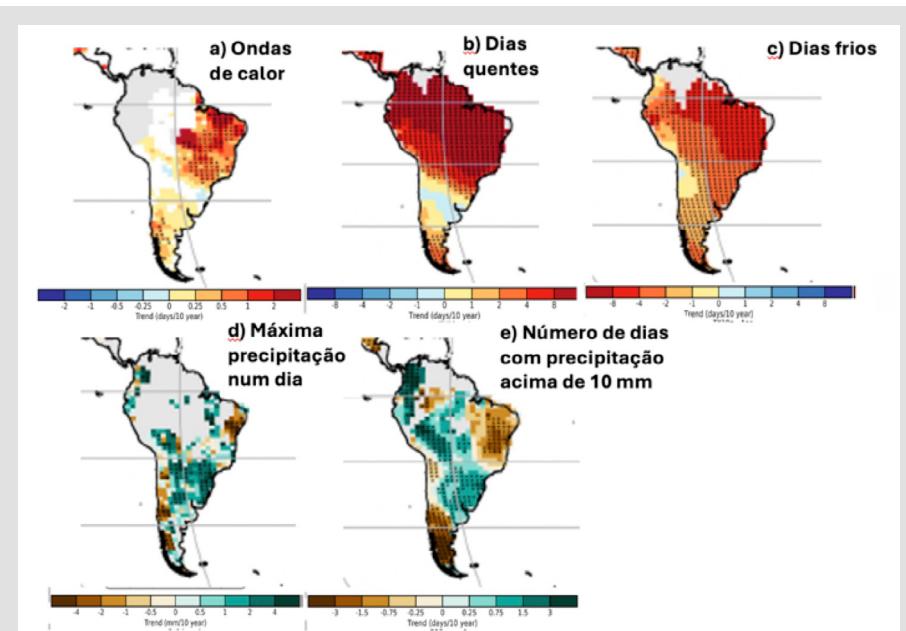
As tendências observadas de mudanças nos extremos usando alguns dos índices climáticos extremos na América do Sul, de 1901 a 2018, mostram uma intensificação das ondas de calor e chuvas intensas ou ausentes, levando a inundações, deslizamentos de terra e secas em vastas regiões da América do Sul [6]. As projeções climáticas futuras mostram aumentos nas tendências de secas, chuvas intensas e ondas de calor em diversas regiões da América do Sul. No continente, os extremos de temperatura mostram aumentos regionais, e eventos impactantes combinam frequentemente calor e umidade elevados, afetando assim significativamente setores como a agricultura — impactando negativamente o rendimento das colheitas, reduzindo a capacidade de trabalhar ao ar livre e aumentando a mortalidade em populações vulneráveis. Estudos anteriores [5,6,8,9,10,11] identificaram lacunas significativas na cobertura espacial dos índices de Frich em 2002 [7].

No entanto, nota-se um aumento na intensidade e na

duração das condições quentes, e correspondentes diminuições nas condições frias desde meados do século XX.

Nas regiões tropicais da América do Sul, o número de noites quentes aumentou mais de oito dias por década, levando a uma duplicação desde o final da década de 1970 (a frequência média anual durante o período base 1961-90 é de 36,5 dias), para entre 70 e 80 dias por ano, durante o início do século XXI. Houve também fortes diminuições no número de noites frias durante o mesmo período, para cerca de apenas 15 dias por ano. Uma região com comportamento semelhante na tendência de dias quentes é vista no sul da América do Sul. Os locais com tendências mais fortes estão na região Amazônica. Em contraste, as noites frias mostram que a América do Sul tem algumas das mudanças mais acentuadas em todas as estações, com uma diminuição de até três dias por década. Em suma, os quatro índices percentuais de temperatura (noites e dias quentes, noites e dias frios) (Figura 2 A-C) mostram que as maiores mudanças nas temperaturas ocorrem no norte da América do Sul. Os dias de precipitação intensa (Figura 2 D-E) mostram áreas contíguas de alterações positivas e negativas. As tendências mais fortes aparecem nos Andes e na Amazônia oriental, onde há reduções. Aumentos são detectados em uma faixa do norte da Argentina até a costa do Caribe, com aumentos de cerca de 2 mm por década nas partes orientais do sul da América do Sul (Figura 2).

Segundo o Centro Nacional de Monitoramento e



(Fonte: Dunn et al. 2020 [5])

Figura 2. Tendências lineares nas séries anuais de duração da onda de calor (a), dias quentes (b), dias frios (c) em dias/década), quantidade máxima de precipitação de 1 dia (d) e número de dias com precipitação acima de 10 mm (e) entre 1901–2018. Tendências significativas são indicadas com pontilhado. O sombreamento cinza nos painéis é a incerteza de cobertura de dados. Todas as figuras têm um período de referência de 1961 a 1990, com mapas apresentados em uma grade de $1,875^{\circ} \times 1,25^{\circ}$ longitude-latitude.

Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), mais de oito milhões de pessoas, em sua maioria pobres, moram em áreas de alto risco de desastres nas cidades brasileiras. Mudanças climáticas podem levar três milhões à pobreza extrema no Brasil [12]. Choques climáticos poderão empurrar de 800 mil a três milhões de brasileiros para a pobreza extrema já em 2030, mesmo em cenário que não considera grandes rupturas ambientais no país [12].

“As alterações climáticas, incluindo o aumento da frequência e da intensidade dos extremos, reduziram a segurança alimentar e hídrica.”

O ano de 2023 foi o mais quente já registrado em muitas partes da América Latina, o que se reflete nas anomalias de alta temperatura ao nível nacional. Na América do Sul, temperaturas acima da normalidade, com anomalias em torno de $+2^{\circ}\text{C}$, até $+3^{\circ}\text{C}$ em alguns locais, foram observadas no centro e norte da Argentina, nos Andes centrais e meridionais do Peru, Bolívia, norte do Chile e Paraguai, na Amazônia peruana e boliviana e em toda a zona tropical da América do Sul, alguns deles refletindo as ondas de calor que afetaram a região [13]. O IPCC AR6 [1,2] também afirma que, para as Américas Central e do Sul, as tendências observadas indicam um provável aumento

na intensidade e na frequência dos extremos quentes, e uma provável diminuição na intensidade e na frequência dos extremos frios, bem como um aumento nas temperaturas médias e extremas.

Com base em informações do Banco de Dados de Eventos de Emergência do Centro de Pesquisa em Epidemiologia de Desastres (CRED) (EM-DAT), em 2023, foram notificados 67 extremos meteorológicos, hidrológicos e climáticos na região da América Latina e do Caribe. Destes 67 perigos, 77% foram tempestades e eventos relacionados com inundações, sendo responsáveis por 69% das 909 mortes documentadas nesta base de dados. Os prejuízos econômicos estimados em 21 bilhões de dólares comunicados à EMDAT foram principalmente devido a tempestades (66%) (incluindo os 12 bilhões de dólares de danos associados ao furacão Otis no México), inundações (16%) e secas (14%) [13].

Impactos sociais das mudanças climáticas

As alterações climáticas naturais e aquelas induzidas pelo homem, incluindo eventos extremos mais frequentes e intensos, têm causado efeitos adversos generalizados, impactos, perdas e danos relacionados à natureza e às pessoas, além da variabilidade climática natural. Em todos os setores e regiões, as pessoas e os sistemas mais vulneráveis são desproporcionalmente afetados. As alterações climáticas, incluindo o aumento da frequência e intensidade dos extremos, reduziram a segurança alimentar e hídrica, dificultando os esforços para cumprir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) [2].

Os eventos meteorológicos e climáticos extremos expuseram milhões de pessoas à insegurança alimentar aguda e reduziram a segurança hídrica, com os maiores

"A mudança do clima não é justa. Apesar de afetar a todos, a distribuição dos impactos é desigual – a população marginalizada em seus direitos sociais, econômicos, culturais, políticos e institucionais é mais vulnerável aos efeitos climáticos."

impactos observados em muitos locais e/ou comunidades no mundo. Em conjunto, as perdas repentinas na produção e no acesso aos alimentos, agravadas pela diminuição da diversidade alimentar, aumentaram a desnutrição em muitas comunidades, especialmente entre povos indígenas, ribeirinhos amazônicos, pequenos produtores de alimentos e famílias de baixa renda, com crianças, idosos e mulheres grávidas particularmente afetados (Figura 3).

A mudança do clima não é justa. Apesar de afetar a todos, a distribuição dos impactos é desigual — a população marginalizada em seus direitos sociais, econômicos, culturais, políticos e institucionais é mais vulnerável aos efeitos climáticos. Residentes em assentamentos informais — sobretudo mulheres, idosos, crianças e pessoas com deficiência —, por exemplo, podem ter suas capacidades de adaptação limitadas devido a barreiras socioeconômicas [14].

Justiça climática

Embora os impactos dos eventos climáticos extremos



(Foto: Cimi Regional Norte I. Reprodução)

Figura 3. Eventos extremos impactam especialmente populações mais vulneráveis.

atinjam a todos, nem todas as pessoas têm a mesma capacidade de enfrentá-los e se recuperar deles com facilidade. A experiência tem mostrado que populações historicamente exploradas, discriminadas e excluídas por estruturas econômicas e sociais que beneficiam pequenas elites — geralmente brancas — são desproporcionalmente mais vulneráveis, pois são obrigadas a viver em áreas de risco e possuem menos recursos.

A crise climática tem, sem dúvida, responsabilidades históricas. A forma como essa discussão tem sido abordada nas esferas multilaterais tem se concentrado exclusivamente nas responsabilidades dos Estados, evidenciando as responsabilidades históricas dos países “mais desenvolvidos,” onde os Estados Unidos da América ocupam o primeiro lugar, seguidos por toda a Europa e outros países industrializados. Esses países utilizaram combustíveis fósseis não apenas para desenvolver suas indústrias, mas também para estabelecer relações coloniais, controlar o acesso aos recursos e gerar lucros.

Justiça climática é o termo usado pelos movimentos socioambientais e pelo Ministério Público para abordar a crise climática como algo que vai além do aquecimento global e da alteração do clima, que não é apenas um fenômeno físico e natural. O termo se refere ao movimento global que busca uma divisão mais justa dos investimentos e das responsabilidades no combate à emergência climática. A justiça climática exige que as soluções para a crise climática incluam

questões de justiça social, reconhecendo que a base do problema está nas injustiças socioeconômicas, cujas consequências afetam de forma muito diferente e desigual tanto as pessoas quanto os países, conforme seus recursos e grau de vulnerabilidade.

A ideia de justiça climática e ambiental põe em perspectiva o Direito Ambiental, que já se expressa no teor do artigo 225 da Constituição Federal de 1988, no qual é enfatizado que todos os seres humanos têm o direito de viver em um meio ambiente ecologicamente equilibrado, indispensável para a sua sobrevivência, tanto no presente quanto para as gerações futuras.

Adaptação às mudanças climáticas

Considerando as dimensões continentais do Brasil e as complexidades e diferenças socioeconômicas, culturais e ambientais das cinco regiões administrativas do país — Norte, Sul, Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste —, torna-se necessário construir uma Política de Estado para Adaptação às Mudanças Climáticas integrada com a Redução de Riscos de Desastres. Uma Política Nacional deverá consolidar as contribuições e estratégias regionais abrangentes, levando em conta as realidades locais, estaduais e municipais.

A adaptação é um processo de ajuste aos impactos do clima atual e esperado. Em sistemas humanos, a adaptação busca moderar, evitar danos ou explorar oportunidades benéficas. Em alguns sistemas naturais, intervenções humanas podem

facilitar o processo de ajuste. Um caminho para as cidades prevenir mortes, danos à infraestrutura e perdas materiais decorrentes de desastres relacionados aos extremos do clima e às mudanças climáticas é a implementação de Planos de Adaptação às Mudanças Climáticas.

Esses planos são desenvolvidos para reduzir os impactos de desastres junto à população e podem salvar vidas e diminuir perdas materiais em tragédias. Atualmente, 16 das 27 capitais do Brasil não têm seus planos concluídos. As capitais que ainda não possuem planos finalizados são: Aracaju, Belém, Boa Vista, Campo Grande, Cuiabá, Florianópolis, Goiânia, Macapá, Maceió, Manaus, Natal, Palmas, Porto Alegre, Porto Velho, São Luís e Vitória. As prefeituras de Belém, Florianópolis, Macapá, Manaus, Natal, Porto Alegre e Vitória estão em processo de elaboração de seus respectivos planos de enfrentamento às mudanças climáticas. A experiência das inundações que afetaram o estado do Rio Grande do Sul e a capital Porto Alegre em maio de 2024 mostra que as mudanças climáticas já afetam negativamente a infraestrutura urbana, a prestação de serviços públicos e o bem-estar da população.

Atualmente, o Governo Federal, em conjunto com o Ministério do Meio Ambiente e Mudanças Climáticas e o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, está elaborando o Plano Clima Adaptação, que coloca o Brasil na trajetória de se tornar um país resiliente, sustentável, seguro, justo e desenvolvido, com governo e

sociedade engajados diante de um clima em mudança. O objetivo geral do Plano Clima Adaptação é orientar, promover e catalisar ações coordenadas que visem à adaptação de sistemas humanos e naturais, por meio de estratégias de curto, médio e longo prazos, à luz do desenvolvimento sustentável e da justiça climática.

Discussões e recomendações

Os impactos das mudanças climáticas se refletem em sistemas naturais e humanos, afetando vidas, meios de subsistência, saúde, ecossistemas, infraestruturas, economia e outros aspectos. Trata-se da propensão ou predisposição de um sistema a ser adversamente afetado pelos impactos das mudanças climáticas.

As vulnerabilidades e os riscos climáticos são frequentemente reduzidos por meio de medidas cuidadosamente concebidas e implementadas, como leis, políticas, processos e intervenções que abordam desigualdades específicas do contexto, tais como aquelas baseadas em gênero, etnia, deficiência, idade, localização e renda. Essa é a dimensão central do debate sobre justiça climática. Os eventos climáticos extremos podem ser especialmente perturbadores para sistemas urbanos complexos, pois grande parte da população urbana mundial vive em áreas costeiras baixas. Metade da população mundial vive em cidades, e grande parte da indústria mundial também está nelas. Em

2050, mais de 70% da população — 6,4 bilhões de pessoas — é projetada para viver em áreas urbanas.

Em geral, são aqueles que menos causam impacto ambiental e que menos consomem os recursos naturais do planeta os que mais sofrem com as mudanças climáticas já em andamento. E essa é a dimensão humana da justiça climática que, na voz dos injustiçados, exige reparação e justiça. A solução para essas duas dimensões da crise climática, a ecológica e a humana, depende da ética, da diplomacia, da política e da ciência. A solução exige direcionar os necessários investimentos econômicos em adaptação e mitigação dos impactos ambientais, principalmente aqueles que penalizam os socialmente mais vulneráveis.

*** Jose A. Marengo** é pesquisador titular e coordenador-geral de Pesquisa e Desenvolvimento no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) e professor na pós-graduação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e do programa em desastres naturais da UNESP-Cemaden. Também é membro de vários painéis internacionais das Nações Unidas (IPCC, WMO) e de grupos de trabalho no Brasil e no exterior sobre mudanças de clima. É membro da Academia Brasileira de Ciências e da Academia Mundial de Ciências

Change 2021: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.

2. PÖRTNER, H. O.; ROBERTS, D. C.; TIGNOR, M.; POLOCZANSKA, E. S.; MINTENBECK, K.; ALEGRÍA, A.; CRAIG, M.; LANGSDORF, S.; LÖSCHKE, S.; MÖLLER, V. *Climate Change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2022.
3. OBSERVATÓRIO DE CLIMA E SAÚDE. Temas e indicadores. Fiocruz, Rio de Janeiro, 2024. Disponível em: <https://climaesaude.icict.fiocruz.br/eventos-extremos-0>. Acesso em: 23 jul. 2024.
4. FIELD, C. B.; BARROS, V.; STOCKER, T. F.; QIN, D.; DOKKEN, D. J.; EBI, K. L.; MASTRANDREA, M. D.; MACH, K. J.; PLATTNER, G. K.; ALLEN, S. K. et al. *Summary for policymakers: Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation. A special report of working groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2012.
5. DUNN, R. J. H.; ALEXANDER, L. V.; DONAT, M. G.; ZHANG, X.; BADOUR, M.; HEROLD, N. Development of an updated global land in situ-based data set of temperature and precipitation extremes: HadEX3. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 125, p. e2019JD032263, 2020.
6. DUNN, R. J. H.; HEROLD, N.; ALEXANDER, L. V.; DONAT, M. G.; ALLAN, R.; BADOUR, M. Observed global

Referências

1. MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PIRANI, A.; CONNORS, S. L.; PÉAN, C.; BERGER, S.; CAUD, N.; CHEN, Y.; GOLDFARB, M. I.; GOMIS, M. et al. *Climate*

- changes in sector-relevant climate extremes indices: An extension to HadEX3. *Earth and Space Science*, v. 11, p. e2023EA003279, 2024.
7. FRICH, P.; ALEXANDER, L. V.; DELLA-MARTA, P.; GLEASON, B.; HAYLOCK, M.; TANK, A. M. G. K.; PETERSON, T. Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research*, v. 19, p. 193-212, 2002.
8. VINCENT, L.; PETERSON, T.; BARROS, V. R. Observed Trends in Indices of Daily Temperature Extremes in South America 1960–2000. *Journal of Climate*, v. 18, p. 5011-5024, 2005.
9. HAYLOCK, M. R.; PETERSON, T. C.; ALVES, L. M. Trends in total and extreme South American Rainfall in 1960–2000 and links with sea surface temperature. *Journal of Climate*, v. 18, p. 1490-1512, 2006.
10. SILLMANN, J.; KHARIN, V. V.; ZHANG, X.; ZWIERS, F. W.; BRONAUGH, D. Climate extremes indices in the CMIP5 multimodel ensemble: Part 1. Model evaluation in the present climate. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, v. 118, p. 1716-1733, 2013.
11. DERECZYNSKI, C.; CHOU, S. C.; LYRA, A. Downscaling of climate extremes over South America – Part I: Model evaluation in the reference climate. *Weather and Climate Extremes*, v. 29, p. 100273, 2020.
12. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). Causas e efeitos das mudanças climáticas. ONU, Genebra, 2024. Disponível em: <https://www.un.org/pt/climatechange/science/causes-effects-climate-change>. Acesso em: 23 jul. 2024.
13. WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). *State of climate for Latin America and Caribbean 2023*. Geneva: WMO, 2024.
14. C40 CITIES. *C40 Cities Annual Report 2019*. New York: C40 Cities Climate Leadership Group, 2020.