

PADRÕES DE PLUVIOSIDADE E EVENTOS EXTREMOS EM CURITIBA (PARANÁ): DESAFIOS FRENTE AOS CENÁRIOS DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS

Gabriela Goudard

Universidade Federal do Ceará

RESUMO

Os eventos pluviiais extremos e seus impactos vêm se intensificando mediante os cenários de mudanças climáticas. Em Curitiba, estes processos são recorrentes e permearam a evolução da cidade. O presente estudo colocou em evidência uma análise dos padrões pluviiais habituais e extremos, bem como dos cenários climáticos futuros de pluviosidade para a cidade. Para tanto foram utilizados dados diários de precipitação, índices de eventos extremos e cenários do CMIP6. Os resultados encontrados sugerem intensificações de extremos positivos e negativos de pluviosidade, por meio de aumentos dos índices de precipitações anuais, P99, Rx1day, Rx5day, CDD e SDII e, da diminuição de dias de chuva de 1979 a 2023. A compreensão destas dinâmicas possibilita melhorias da gestão de riscos climáticos em ambientes urbanos.

Palavras-chave: Variabilidade pluvial; índices climáticos; desastres hidrometeorológicos; climatologia urbana; mudanças climáticas.

ABSTRACT

Extreme rainfall events and their impacts have been intensifying due to climate change scenarios. In Curitiba, these processes are recurrent and have shaped the city's evolution. This study emphasizes an analysis of usual and extreme rainfall patterns, as well as future climate scenarios for rainfall in the city. Daily precipitation data, extreme event indices, and CMIP6 scenarios were used for this purpose. The results suggest intensification of positive and negative rainfall extremes, through increases in annual precipitation indices, P99, Rx1day, Rx5day, CDD, and SDII, and a reduction in the number of rainy days from 1979 to 2023. Understanding these dynamics enables improvements in climate risk management in urban environments.

Key words: Rainfall variability; climate indices; hydrometeorological disasters; urban climatology; climate change.

INTRODUÇÃO

Os cenários de mudanças climáticas figuram no momento histórico presente como questões centrais para as ciências do clima e para a sociedade, tendo em vista os aumentos frequentes de temperaturas médias globais e suas repercussões na forma de eventos climáticos extremos e desastres em todo o planeta (IPCC, 2021). Em face destas perspectivas, as relações expressas entre o clima e as sociedades exigem compreensões detalhadas dos padrões de pluviosidade, da variabilidade dos eventos extremos e de alterações em suas frequências e magnitudes de ocorrência mediante a uma perspectiva de emergência climática (ARTAXO, 2020).

Dentre as várias questões destacadas pelos estudos de variabilidade climática desenvolvidos na Climatologia Geográfica, os eventos climáticos extremos expressam-se como componentes inerentes das dinâmicas naturais do clima, sendo também denominados de excepcionalidades climáticas, anomalias climáticas, adversidades climáticas ou ainda *hazards* (MONTEIRO, 1991; BRYANT, 1991; ARMOND, 2018). Nesta análise, tais fenômenos são compreendidos como as condições discrepantes de um estado médio do clima, evidenciados por meio de condições de perigo que se associam à suscetibilidade dos espaços e à vulnerabilidade das populações (GOUDARD e MENDONÇA, 2022). A variabilidade, por sua vez, retrata as variações das condições climáticas em torno da média climatológica, assim como apontado em Nascimento Junior (2017).

Autores como Zandonadi *et al.*, (2016), Zilli *et al.*, (2017), Du *et al.*, (2019), Regoto *et al.*, (2021), Dalagnol *et al.*, (2021), Fowler *et al.*, (2021) e Terassi *et al.* (2024), entre outros, apontam que estes eventos têm se intensificado em termos de frequência e magnitude. Este fato expressa-se como um potencializador da deflagração de desastres hidrometeorológicos, entendidos no presente artigo como tempestades, alagamentos, enxurradas e inundações que se refletem em impactos no ambiente urbano (GOUDARD e MENDONÇA, 2022).

No contexto do sul do Brasil, região na qual a cidade de Curitiba (Figura 1), objeto de análise do presente artigo se insere, os principais desastres encontram-se relacionados à origem pluvial (BRASIL, 2013), sejam estes marcados por anomalias positivas (inundações) e/ou negativas (secas e estiagens) de precipitação, de modo que modificações nos padrões de variabilidade pluvial e de extremos climáticos, potencializam os impactos evidenciados no ambiente urbano.

A cidade de Curitiba apresenta a sua história vinculada aos impactos ligados às precipitações, sobretudo aqueles atrelados ao seu excesso, em decorrência de quatro aspectos principais apontados por Geissler e Loch (2004), quais sejam: chuvas concentradas, baixas declividades, densa rede de drenagem, com modificações expressivas e dinâmica de ocupação e expansão da cidade ao longo dos vales e confluências dos rios.

Mendonça *et al.* (2013) retrataram que estas dinâmicas fazem parte da realidade curitibana desde os primórdios de fundação da cidade, iniciando-se nas porções mais centrais da cidade (1 – Figura 1) e migrando para as periferias geográficas (2 e 3 – Figura 1), em função do crescimento urbano aliado a diversas obras por parte do poder público, que “exportaram” os problemas das áreas centrais para porções à jusante das bacias hidrográficas.

Estes fatos foram corroborados por diversos estudos desenvolvidos na capital paranaense, como os de Zanella (2006), Hummel (2009), Goudard (2015; 2019), Lohmann e Santos (2015), Buffon e Sousa (2018), entre outros, que voltaram as suas investigações para questões de ordem físico-naturais (variabilidade das precipitações), social e de ocupação do espaço (histórico de impactos, planejamento e gestão), bem como aqueles relacionados à configuração das áreas de (em) risco, atrelados às relações expressas entre os perigos (chuvas extremas), as suscetibilidades espaciais e as vulnerabilidades sociais.

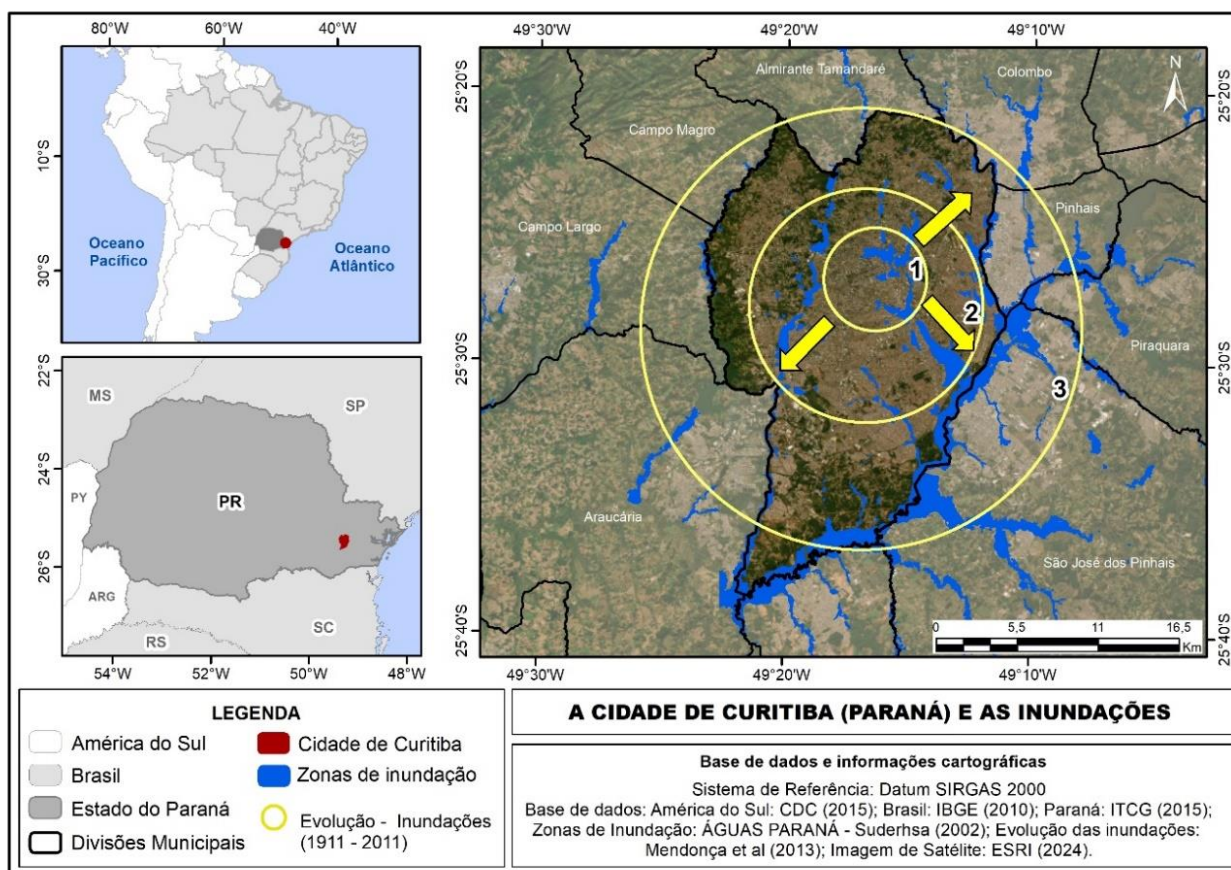


Figura 1 – Localização da cidade de Curitiba (PR) e das manchas de inundação. Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Neste sentido, ainda que os impactos relacionados às anomalias pluviiais positivas tenham tido mais expressão e, portanto, tenham sido mais estudados no histórico das análises desenvolvidas para a capital paranaense, nos últimos anos, as estiagens e as secas vêm ganhando destaque, como o recente caso de 2020-2021 (GRIMM *et al.*, 2020; FERNANDES *et al.*, 2021). Tendo em vista estas perspectivas, a compreensão dos padrões de pluviosidade e dos cenários climáticos futuros torna-se ainda mais relevante na área de investigação deste estudo, sobretudo, mediante as condições de emergência climática que se impõem no momento histórico presente.

Desse modo, o presente estudo coloca em evidência uma análise dos padrões pluviiais habituais e extremos em Curitiba, bem como dos cenários climáticos futuros de pluviosidade, considerando os modelos da sexta versão do projeto *Coupled Model Intercomparison Project* (CMIP) do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (IPCC).

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E DO HISTÓRICO DOS IMPACTOS PLUVIAIS

A cidade de Curitiba encontra-se inserida em um contexto Subtropical, sendo marcada predominantemente pelo clima Cfb (Figura 2a), segundo a classificação climática de Köppen

(ALVARES *et al.*, 2013), ainda que com variações interanuais (DUBREUIL *et al.*, 2018). As condições climáticas conferem à cidade características como chuvas bem distribuídas (com variações anuais de 1.100 a 2.000 mm), ausência de estação seca e temperatura média do mês mais quente inferior a 22°C (Figura 2b).

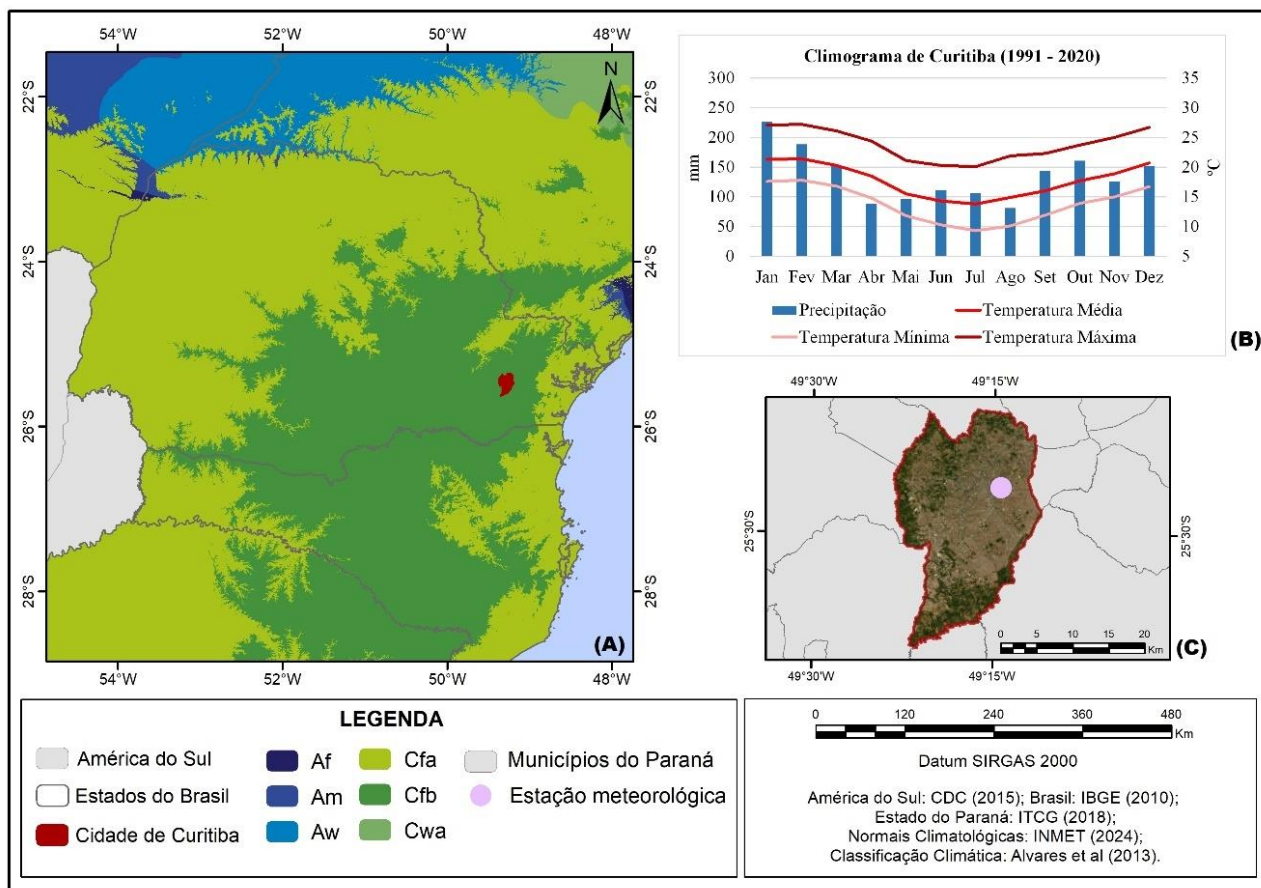


Figura 2 – Caracterização climática da cidade de Curitiba: (A) Classificação climática de Köppen, (B) Climograma do município de Curitiba (1991 – 2020) e (C) Localização da estação meteorológica utilizada na pesquisa. Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

De acordo com a mais recente Normal Climatológica (1991-2020) (Figura 2b), elaborada a partir de dados disponibilizados pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2022), as precipitações são bem distribuídas ao longo do ano em Curitiba, ainda que apresentem uma maior expressividade nos meses de primavera e verão, destacando-se entre setembro e março, com médias mensais variando entre 125,6 mm (novembro) e 226,3 mm (janeiro).

Com seus 1.773.718 habitantes e uma densidade demográfica de 4.078,53 habitantes por quilômetro quadrado (IBGE, 2022), a cidade, ainda que considerada planejada, ecológica e modelo de planejamento urbano, vivencia problemas históricos ligados às recorrências de inundações e alagamentos. Estas condições vêm se intensificando nos últimos anos em decorrência do avanço do crescimento urbano e de alterações no uso e ocupação da cidade.

Do ponto de vista das áreas recorrentemente impactadas, estudos de Goudard e Mendonça (2020; 2022) retrataram que estas concentram-se, sobretudo, nas porções centrais, leste e oeste do município (Figura 3a e Figura 3b), evidenciando-se também sobreposições com condições de alta vulnerabilidade social em algumas parcelas da cidade (Figura 3c). Desse modo, estes processos aliados à emergência climática em curso, tornam necessárias melhores compreensões das relações entre a variabilidade pluvial, os eventos extremos e os cenários climáticos futuros, como o presente estudo se propõe a desenvolver.

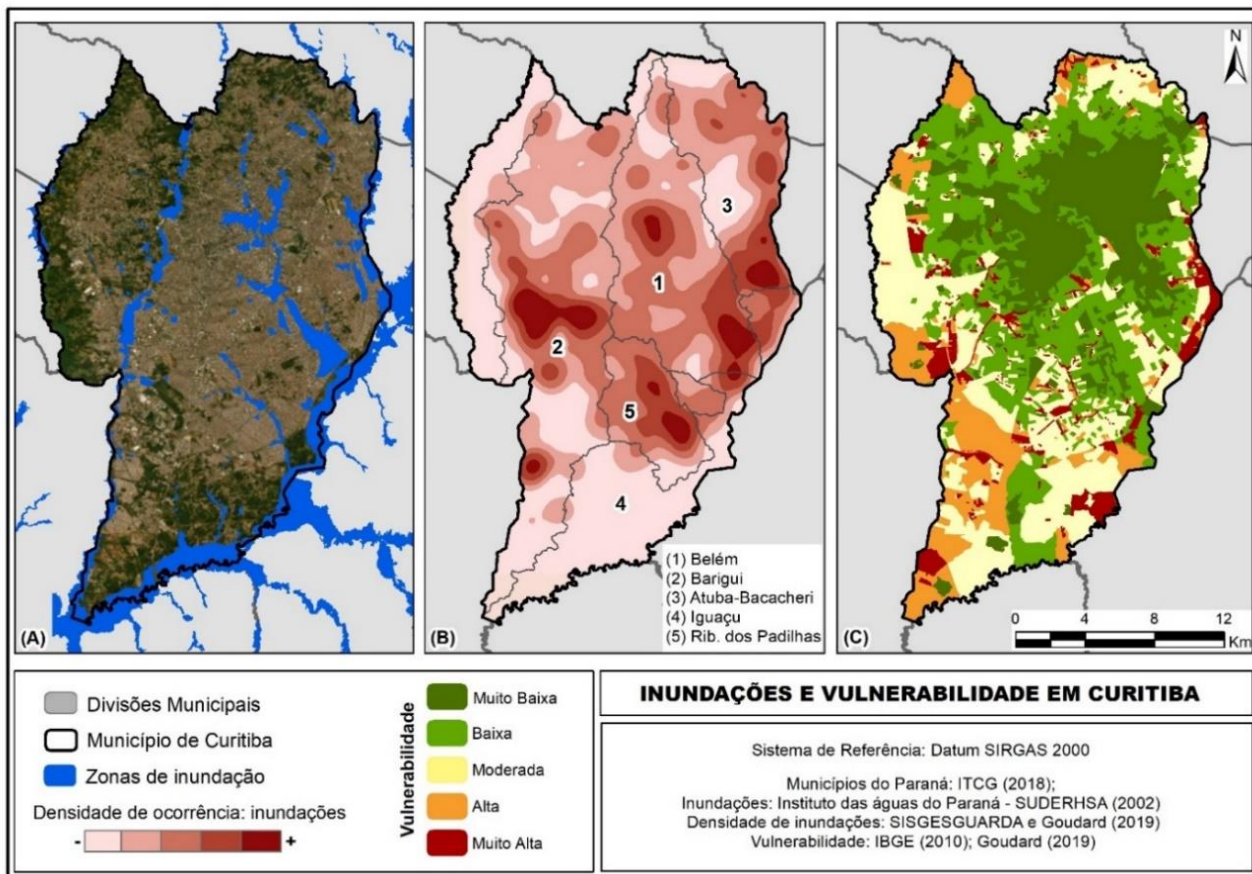


Figura 3 – Caracterização das áreas de inundação e de vulnerabilidade social em Curitiba: (A) Zonas de inundação, (B) Densidade de ocorrência de inundações e (C) Vulnerabilidade social às inundações. Fonte: Elaborado pela autora, 2025, a partir de dados de Goudard e Mendonça, 2020.

MATERIAIS E MÉTODOS

No intuito de avaliar os padrões de precipitação, os eventos pluviais extremos e seus impactos associados na cidade de Curitiba, os procedimentos abaixo descritos foram executados. As análises aqui desenvolvidas encontram respaldo metodológico no Sistema Clima Urbano – canal hidrometeorológico (MONTEIRO, 1976) e no Sistema Ambiental Urbano (MENDONÇA, 2004).

Coleta e tratamento de dados de precipitação

Os eventos extremos de chuva foram identificados a partir de dados pluviais diários da estação meteorológica de Curitiba (2549006 – Figura 2c) no período de 1979 a 2023, sendo estes provenientes do banco de dados Hidroweb – Sistemas de Informações Hidrológicas, vinculado à Agência Nacional de Águas (ANA). A escolha deste posto pluviométrico justifica-se tendo em vista que se trata da estação oficial, com a melhor consistência de dados e com série histórica para o município, conforme análises anteriores desenvolvidas por Goudard (2019). Os demais postos pluviométricos da cidade apresentam limitações quanto à temporalidade das séries históricas e/ou inconsistências nas bases de dados.

Os dados não apresentaram falhas, de modo que não foi necessário adotar métodos de correções da amostra. Contudo, visando garantir a consistência da base de dados, um teste Pettitt (PETTITT, 1979), voltado à análise de descontinuidades em séries temporais, foi aplicado a amostra, possibilitando identificar uma quebra de homogeneidade no ano de 1999.

O recorte temporal adotado neste estudo, de 1979 a 2023, encontra-se atrelado a um conjunto de análises maiores desenvolvidas para o Estado do Paraná, utilizando dados observados e de reanálise do CPC (*Climate Prediction Center*), sendo que os últimos se iniciam em 1979, justificando, portanto, o período adotado neste estudo.

Impactos associados aos eventos pluviais extremos

A caracterização do histórico de impactos foi realizada com base em dados secundários de desastres do Sistema Informatizado de Defesa Civil do Estado do Paraná (SISDC), levando-se em consideração as seguintes COBRADES (Classificação e Codificação Brasileira de Desastres): Tempestade Local/Convectiva - Chuvas Intensas, alagamentos, enxurradas e inundações. As referidas análises foram realizadas no recorte temporal de 1979 a 2023. De maneira complementar, foram utilizados dados de pesquisas realizadas na cidade, com base em registros da Defesa Civil, de jornais e da Guarda Municipal, tais como os de Zanella (2006), Goudard (2015; 2019), Lohmann e Santos (2015), Goudard e Mendonça (2020), entre outros.

Estes procedimentos foram adotados no sentido de melhor caracterizar os impactos de eventos pluviais extremos na cidade de Curitiba, visto que tanto os dados da Defesa Civil, como aqueles provenientes das mídias eletrônicas apresentam limitações na representação de impactos ligados ao clima.

Índices de extremos climáticos

Os eventos extremos foram avaliados por meio de alguns dos índices do *Expert Team on Climate Change Detection and Indices* (ETCCDI), recomendados pela Organização Meteorológica Mundial. Os índices de precipitação listados no Quadro 1 foram considerados para a compreensão

da variabilidade dos extremos. Os cálculos dos referidos parâmetros foram realizados no Climact, em sua versão online, disponível em <https://climact-sci.org/>, sendo, posteriormente, realizadas análises gráficas no Excel e testes estatísticos no software XLSTAT.

Índice	Descrição	Unidade de medida
PRCPTOT	Precipitação total anual	mm
RR1	Contagem anual de dias de precipitação (RR > 1 mm)	dias
CDD	Duração máxima do período de seca, número máximo de dias consecutivos com RR < 1 mm	dias
CWD	Duração máxima do período chuvoso, número máximo de dias consecutivos com RR ≥ 1 mm	dias
P99	1% das precipitações mais intensas da série histórica	dias
P95	5% das precipitações mais intensas da série histórica	dias
P90	10% das precipitações mais intensas da série histórica	dias
Rx1day	Precipitação máxima em 1 dia	mm
Rx5day	Precipitação máxima acumulada em 5 dias	mm
SDII	Índice de intensidade de precipitação simples, obtido por meio da relação entre o total precipitado anual e o número de dias de precipitação por ano	mm/dia

Quadro 1 – Índices de extremos de precipitação considerados no trabalho. Fonte: Adaptado de ETCCDI, 2024.

Ressalta-se que em relação aos índices elencados do ETCCDI, os parâmetros P99, P95 e P90 foram calculados de maneira individualizada no Excel, sendo considerados como 1%, 5% e 10% das precipitações mais expressivas da série histórica de dados, respectivamente. Os valores adotados para Curitiba no período de 1979 a 2023 foram de 48,5 mm, 24,3 mm e 14,0 mm, respectivamente.

Para efeitos dos cálculos desenvolvidos, foram considerados dias com precipitação aqueles que apresentaram valores iguais ou superiores a 1 mm. A análise de tendências dos índices supracitados foi pautada no teste de Mann-Kendall, o qual configura-se como um teste não paramétrico amplamente utilizado nos estudos de Climatologia e Meteorologia para determinar tendências em séries temporais de dados atmosféricos e climáticos.

Este teste estatístico é resultante da união de um teste não paramétrico, inicialmente, estudado por Mann (1945) e, depois retomado por Kendall (1975), que procura determinar se uma

tendência é significativamente identificável em uma série temporal, podendo-se esta ser negativa, zero ou positiva (NASCIMENTO JUNIOR, 2013).

De maneira complementar, o teste da inclinação de Sen (SEN, 1968) foi utilizado para estimar a magnitude da tendência e a mudança dos eventos pluviiais extremos. O teste foi calculado por meio da seguinte equação:

$$SEN = \text{mediana} \left(\frac{x_j - x_i}{j - i} \right), \forall j > i$$

Em que: x_j é o valor da variável em um período específico (ano, mês); o x_i é o valor no período anterior; j é o índice do ponto mais recente na série temporal; i : é o índice de um ponto anterior àquele correspondente a j .

Ressalta-se que tanto o teste de Mann-Kendall, como a inclinação de Sen foram calculados no software estatístico XLSTAT, com um nível de significância de 95%.

Padrões pluviiais e cenários climáticos futuros

A verificação de variações dos padrões pluviiais para a cidade de Curitiba foi realizada com base em dois aspectos: I) análise comparativa das médias mensais de precipitação das normais climatológicas de 1961 – 1990 e 1991 – 2020 do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2009; 2022) e II) modelos climáticos do CMIP6, com diferentes graus de sensibilidade climática (figura 4). Os modelos do CMIP6 configuram-se como a última geração de prognósticos climáticos do IPCC.

Os dados dos modelos foram coletados na plataforma WorldClim (<https://www.worldclim.org/>) com resolução espacial de 2,5 minutos (cerca de 5 km), para os períodos de 2041-2060 e 2081-2100. Além disso, foram considerados os cenários moderado (ssp245) e pessimista (ssp585) de emissão de gases de efeito estufa (O'NEILL *et al.*, 2014) para a realização das análises propostas.

Os *Shared Socioeconomic Pathways* (SSPs – Caminhos Socioeconômicos Compartilhados, em português) configuram-se como cenários de mudanças climáticas com projeção globais até 2100, utilizados no sexto relatório do IPCC (IPCC, 2021). Estes cenários levam em conta diferentes níveis de emissão de gases de efeito estufa, forçamentos radiativos e fatores socioeconômicos que podem mudar ao longo do próximo século, impactando nas estimativas de aumentos de temperaturas médias globais. As análises caracterizam-se pelos cenários mais otimistas (SSP1-1.9 e SSP1-2.6), moderados (SSP2-4.5), de moderados a pessimistas (SSP3-7.0) e pessimistas (SSP5-8.5), de modo que neste artigo, optou-se pela utilização de cenários moderados (SSP2-4.5) e pessimistas (SSP5-8.5) para a condução das análises.

O SSP2-4.5 é um cenário intermediário, com emissões intermediárias de gases de efeito estufa, com manutenção dos níveis de CO₂ em torno dos atuais até 2050 e, com posterior declínio

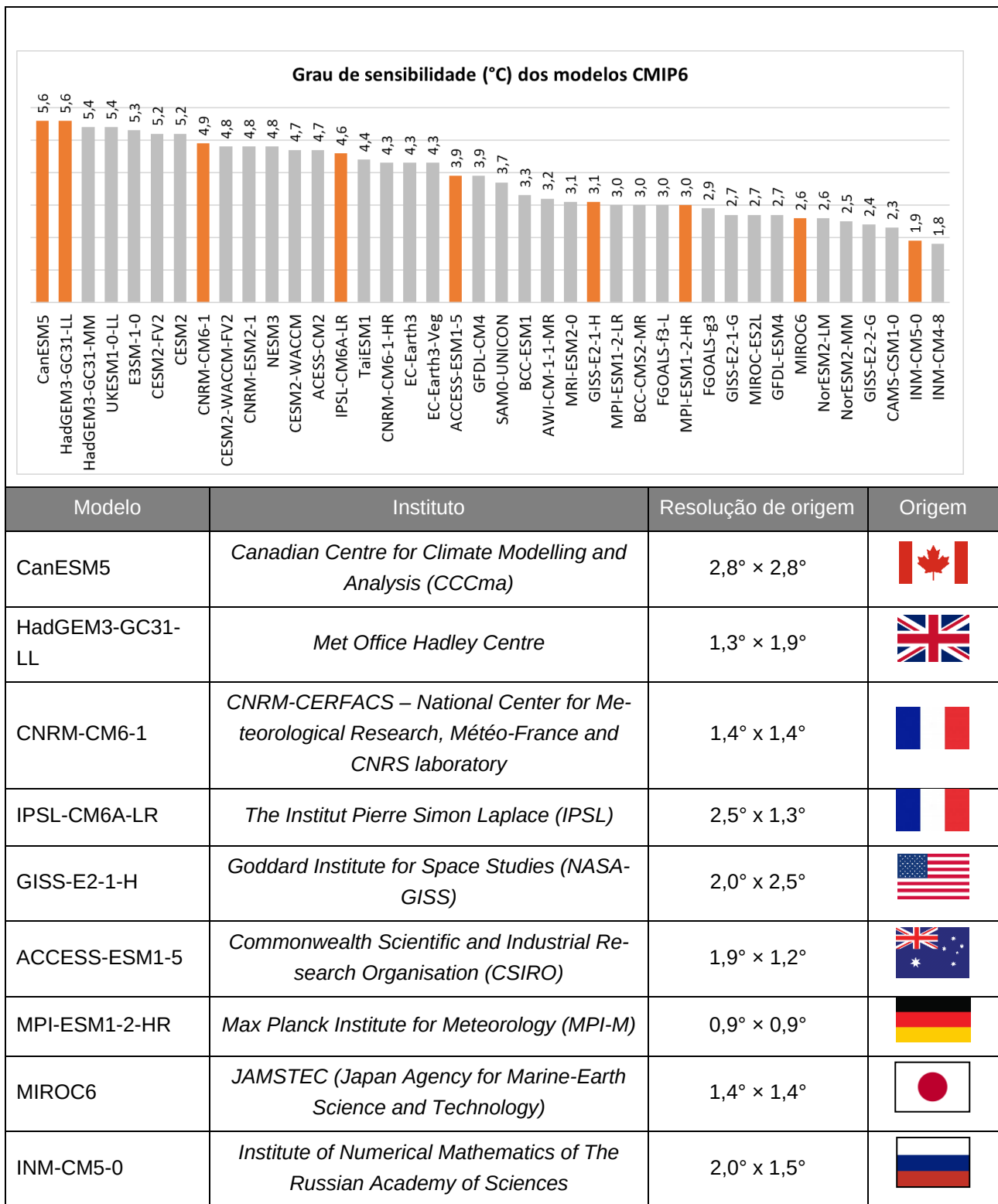


Figura 4 – Sensibilidade climática e características dos modelos CMIP6: em laranja os modelos selecionados para este estudo. Fontes: CMIP6, 2022 e Correa et al., 2022.

lento. Estas condições são atreladas às estimativas de aumentos superiores a 2,5°C na temperatura média global acima dos níveis pré-industriais até 2100 (IPCC, 2021).

O SSP5-8.5 é o mais pessimista dentre os cenários propostos e utilizados pelo IPCC em seu último relatório, com aumento substancial de emissão de CO₂ até o final do século, impactando em incrementos superiores a 4°C na temperatura média global acima dos níveis pré-industriais até 2100 (IPCC, 2021; CHEN *et al.*, 2021).

A escolha dos modelos adotados baseou-se em diferentes graus de sensibilidade climática, nacionalidades distintas e quantidade de publicações científicas, visando analisar os diferentes cenários projetados para a área de estudo. Desse modo, foram selecionados 9 modelos, sendo estes canadenses, ingleses, franceses, estadunidenses, australianos, alemães, japoneses e russos, conforme evidenciado na Figura 4.

A análise dos cenários futuros de precipitação foi realizada de modo comparado aos valores da normal climatológica de 1991 a 2020, possibilitando compreender de modo integrado aos índices de extremos utilizados, os padrões pluviais esperados para o recorte espacial adotado como área de investigação desta pesquisa.

Destaca-se que o entendimento dos eventos extremos e de seus prognósticos futuros se torna essencial para a gestão de riscos climáticos em ambientes urbanos, contribuindo para medidas de autorregulação no canal hidrometeorológico do Sistema Clima Urbano (SCU) de Monteiro (1976) e para o planejamento e a gestão socioambiental urbana, prevista no Sistema Ambiental Urbano (SAU) de Mendonça (2004).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No período de 1979 a 2023, 72 ocorrências (Figura 5a) de desastres relacionados aos extremos pluviais positivos (tempestades, alagamentos, enxurradas e inundações) foram registradas na cidade de Curitiba, com 105.269 pessoas afetadas e 2 óbitos. Estas notificações concentraram-se nos primeiros meses do ano, com 13 ocorrências em fevereiro, 10 em janeiro e 10 em março (Figura 5b), totalizando 45,83% dos casos neste período. Contudo, cabe ressaltar que os dados da Defesa Civil apresentam limitações de registros, uma vez que se baseiam em notificações, de modo que os casos aqui destacados não refletem a totalidade dos desastres hidrometeorológicos que afetaram a cidade no período de 1979 a 2023. Para além disso, a maior concentração de desastres de 2013 em diante pode ser um reflexo de uma ampliação das notificações e das informações relativas aos desastres.

De maneira complementar, a análise combinada entre as chuvas e os registros em jornais, realizada por Goudard e Mendonça (2020), demonstrou a existência de 132 dias de chuvas extremas, das quais 84 deflagraram episódios pluviais extremos no município no período de 1980 a 2015, representando que cerca de 63,64% das precipitações extremas configuraram-se em impactos no recorte espacial do estudo.

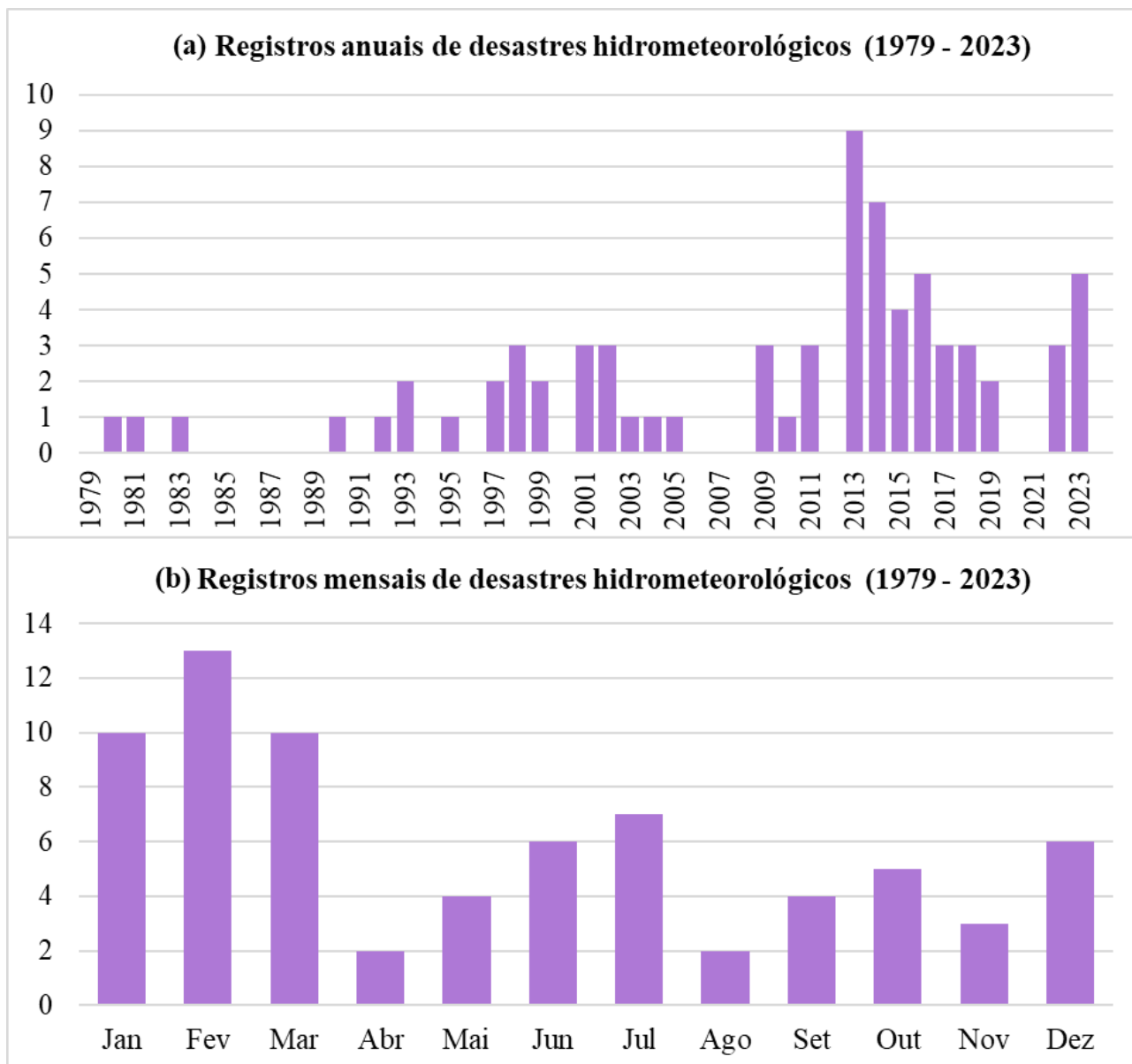


Figura 5 – Ocorrência de desastres hidrometeorológicos na base de dados da Defesa Civil (1979-2023). Fonte: A autora, 2025, baseada em dados do SISDC, 2025.

Em termos de padrões pluviais, a análise comparativa das normais climatológicas do INMET, possibilitou constatar alterações nas precipitações de Curitiba, com variações nos totais médios anuais de 1483,5 mm no período de 1961 a 1990 para 1630,7 mm na normal climatológica mais recente (1991-2020), refletindo um aumento de 147,2 mm nas médias entre os dois recortes temporais de investigação aqui adotados.

A figura 6 permite verificar aumentos das médias pluviais nos meses de janeiro (de 171,8 mm para 226,3 mm), fevereiro (157,6 mm para 188,7 mm), março (138,8 mm para 151,3 mm), julho (98,8 mm para 105,8 mm), agosto (73,4 mm para 81,5 mm), setembro (119,2 mm para 143,3 mm) e outubro (133,3 mm para 160,7 mm). Os maiores aumentos foram verificados nos meses de verão e primavera (Figura 5), como em janeiro (54,5 mm de diferença entre as médias das normais),

fevereiro (31,1 mm), outubro (27,4 mm) e setembro (24,1 mm). Em contrapartida, os meses de abril a junho e o mês de novembro apresentaram diminuições nas médias históricas de precipitação, com variações de -6,9 mm, -5,4 mm, -4,0 mm e -1,3 mm, respectivamente, entre os períodos de 1961-1990 e 1991-2020 (Figura 6).

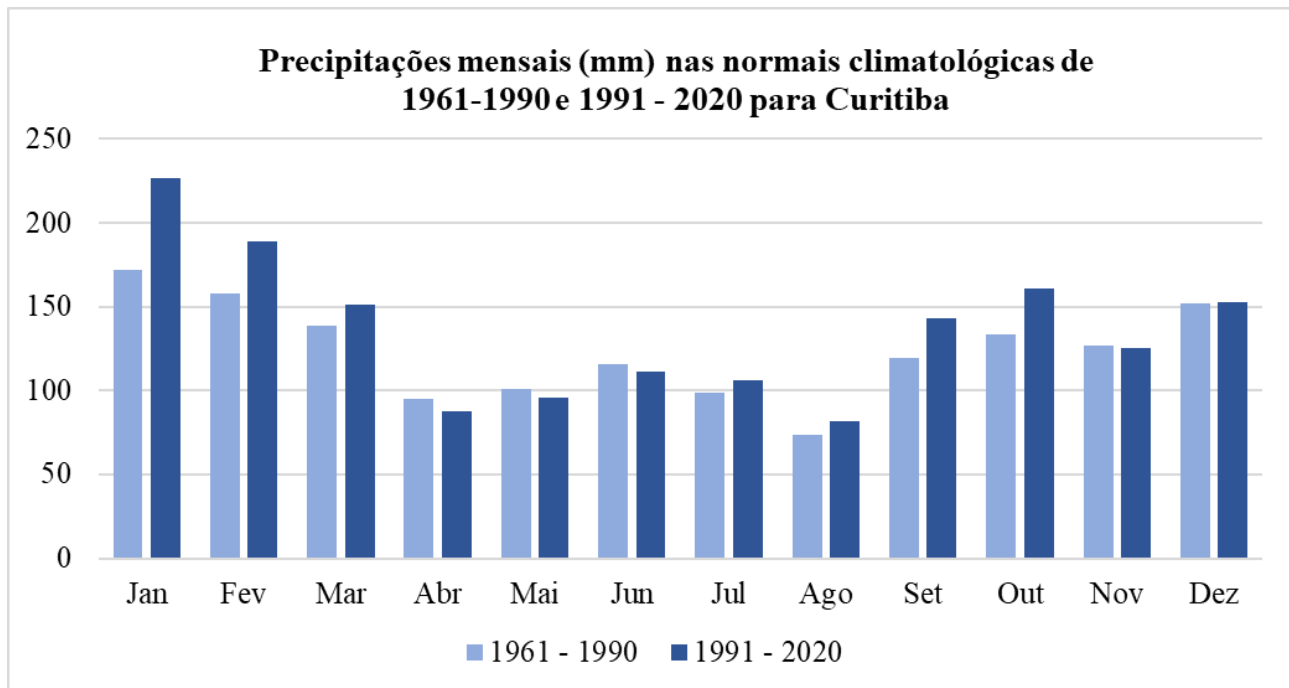


Figura 6 – Análise comparativa entre as médias de precipitação mensais das normais climatológicas de 1961-1990 e 1991-2020, para a cidade de Curitiba. Fonte: A autora, 2025, baseada em dados do INMET, 2009, 2022.

Ressalta-se que ao se considerar os meses com maiores ocorrências de impactos na capital paranaense, notadamente de janeiro a março de acordo com os dados da Defesa Civil (Figura 5b), estes coincidem com os meses de aumentos pluviométricos identificados entre as duas normais climatológicas analisadas, de modo que tais condições podem potencializar os impactos ligados às precipitações na cidade.

Estes processos suscitam a necessidade de melhores compreensões dos regimes de pluviosidade, por meio de diversos índices que permitam constatar como as variações destas médias se refletem nas distribuições das precipitações na área de estudo.

Desse modo, do ponto de vista dos índices de eventos extremos do ETCDDI, nota-se por meio da linha de tendência linear da Figura 6, que o número de dias de precipitação em Curitiba apresentou uma tendência decrescente no período de 1979 a 2023 (Figura 7a), assim como os dias consecutivos úmidos (Figura 7d). Em contrapartida, a precipitação total (Figura 7b) e os dias consecutivos secos (Figura 7c) demonstraram tendências de acréscimos no recorte temporal adotado.

O aumento da pluviosidade anual (Figura 7b) associado à diminuição de dias de chuva (Figura 7a) sugere concentrações das precipitações na cidade, o que se configura como um potencializador da ocorrência de impactos, já bastante expressivos, associados à pluviosidade no ambiente

urbano, sobretudo, levando-se em consideração às alterações de uso e ocupação, bem como o crescimento urbano vivenciado nas últimas décadas na capital paranaense.

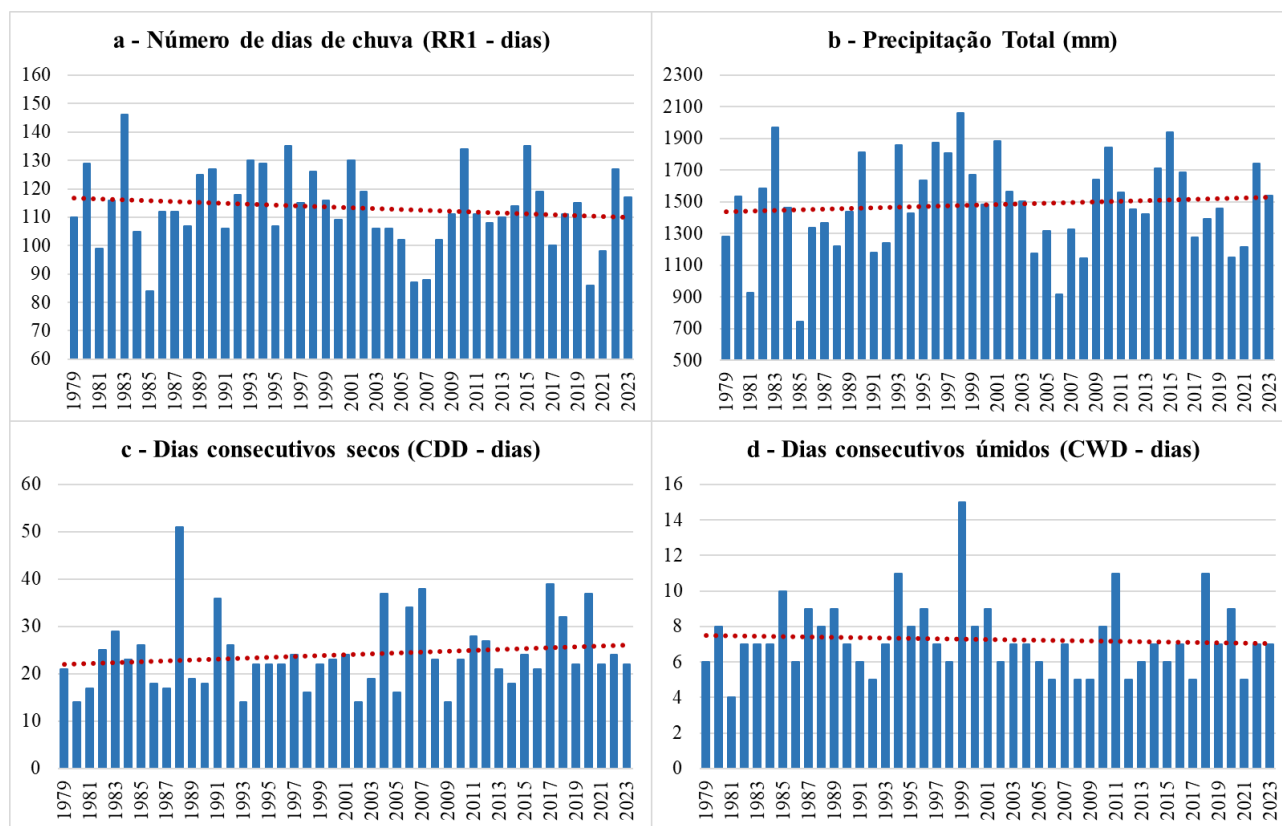


Figura 7 – Índices e tendências (linhas vermelhas) de pluviosidade para Curitiba, no período de 1979 a 2023: (a) Número de dias de chuva, (b) Precipitação total anual, (c) Dias consecutivos secos e (d) Dias consecutivos úmidos. Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Além disso, a intensificação do índice CDD (Figura 7c) também evidencia uma maior ocorrência de extremos pluviométricos negativos na cidade, fortalecendo impactos relacionados às estiagens e às secas na área de estudo. Estas condições são preocupantes, sobretudo ao se considerar o evento de seca de 2020 e 2021, que atingiu de maneira bastante efetiva o Estado do Paraná (GRIMM *et al.*, 2020; FERNANDES *et al.*, 2021) e ocasionou racionamento de água na cidade de Curitiba em 2020, coincidindo com a pandemia e maiores pressões frente a necessidade de abastecimento hídrico para questões de higiene pessoal.

Neste sentido, de acordo com as tendências evidenciadas neste estudo, condições de déficits pluviométricos tendem a se tornar mais frequentes na cidade de Curitiba, de modo que análises que possibilitem uma melhor compreensão e monitoramento destas dinâmicas se fazem necessárias.

Em relação aos parâmetros de análise de eventos extremos (Figura 8), constataram-se aumentos em todos os índices, exceto no Percentil 95, que apresentou estabilidade na variação dos dados (Figura 8b). Os índices P99 (Figura 8a), SDII (Figura 8d), Rx1day (Figura 8e) e Rx5day (Figura 8f) foram os que apresentaram as linhas de tendência lineares positivas mais acentuadas,

sugerindo uma intensificação de precipitações extremas na cidade e, conseqüentemente, uma maior potencialidade para a ocorrência de impactos ligados às anomalias pluviiais positivas na configuração urbana.

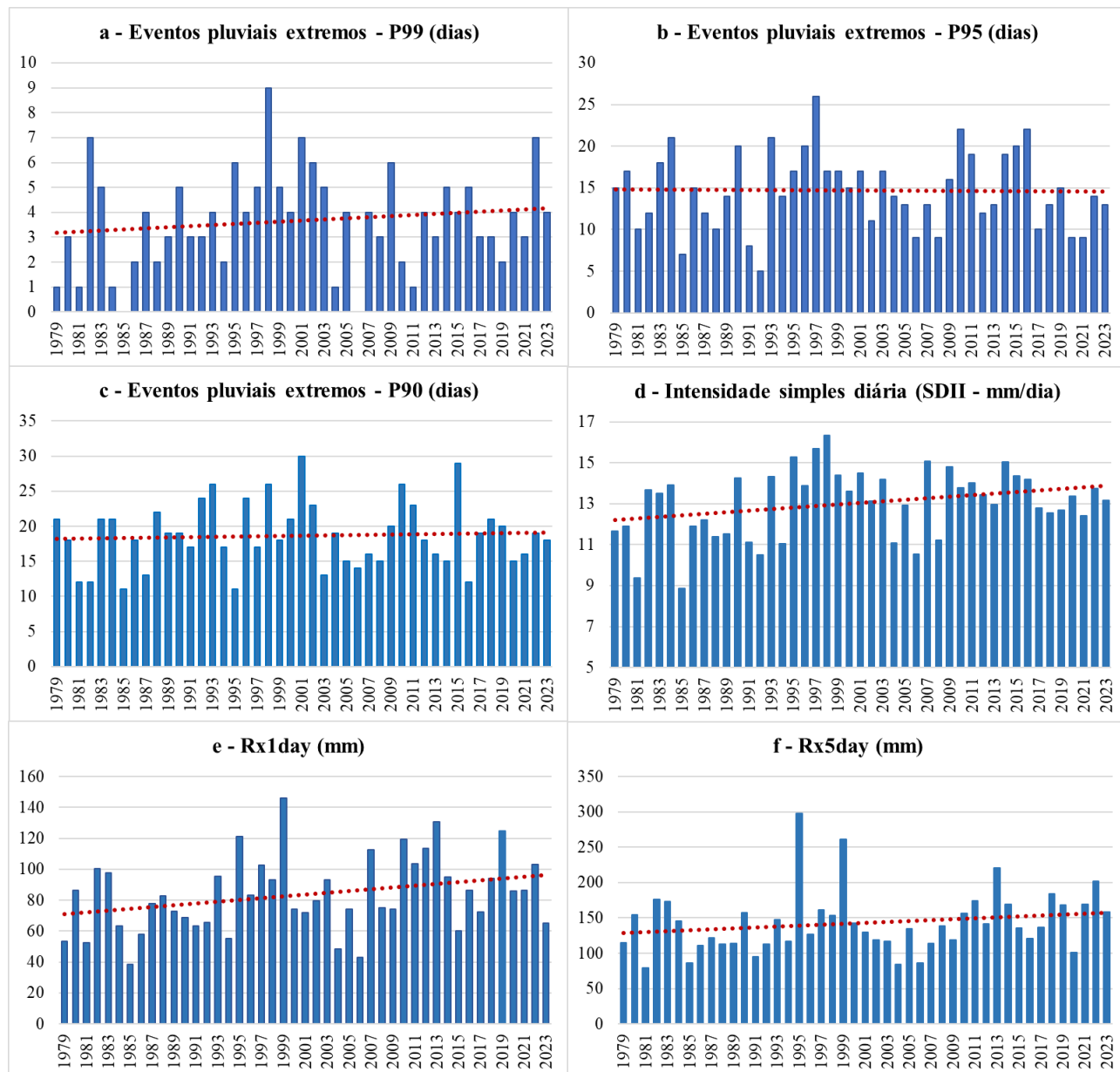


Figura 8 – Índices e tendências (linha vermelha) de eventos pluviiais extremos em Curitiba no período de 1979-2023: (a) Percentil 99, (b) Percentil 95, (c) Percentil 90, (d) Índice de Intensidade Simples diária, (e) Rx1day e (f) Rx5day. Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

Além disso, por meio da análise da Figura 8, pode-se notar que os extremos pluviiais apresentaram picos de ocorrência nas décadas de 1980 (anos de 1982, 1983 e 1984), 1990 (anos de 1995 a 1999) e de 2000, de maneira mais generalizada. Estas condições podem refletir relações com padrões de macroescala, como as interações oceano-atmosfera (GOUDARD *et al.*, 2024).

O índice P99 (Figura 8a), representando precipitações iguais ou superiores a 48,5 mm, apresentou 165 dias de ocorrência no recorte temporal de 1979 a 2023, sendo que os anos de 1998 (9 dias de ocorrências), 1982 (7), 2001 (7) e 2022 (7) se destacaram em termos de frequência de eventos pluviais extremos. Os anos de 1985 e 2006, em contrapartida, não registraram precipitações iguais ou superiores ao limiar de P99 no período supracitado.

O SDII (Figura 8d), relativo à relação entre a quantidade de precipitação e os dias de chuva (mm/dia), apresentou os maiores registros nos anos de 1995 (15,3 mm/dia), 1997 (15,7 mm/dia), 1998 (16,3 mm/dia), 2007 (15,1 mm/dia) e 2014 (15,0 mm/dia). A intensificação deste índice no recorte temporal do estudo, aliado a diminuição do número de dias de chuva (Figura 7a) sugere um fortalecimento das precipitações concentradas em Curitiba nas últimas décadas, o que vem potencializando os impactos e desastres a elas associados.

Os índices Rx1day (Figura 8e) e Rx5day (Figura 8f), relativos a máxima precipitação em um dia e em 5 dias, respectivamente, apresentaram tendências positivas no período de 1979 a 2023, com significância estatística no teste de Mann-Kendall. Os maiores valores foram identificados nos anos de 1999 (146,2 mm) e 2013 (130,8 mm) para o Rx1day e de 1995 (297,3 mm) e 1999 (261,1 mm) para o Rx5day. Os prognósticos de aumentos evidenciados para os parâmetros mencionados, sugerem uma tendência potencial de incremento de impactos e desastres relacionados ao excesso de chuva no recorte espacial investigado neste estudo.

Desse modo, o Quadro 2 permite evidenciar uma síntese dos padrões pluviais constatados para Curitiba no período de 1979 a 2023, colocando em evidência o padrão pluvial, o Tau de Kendall, a inclinação de Sen, que indica a magnitude da tendência, e a existência de significância estatística, por meio do p-valor.

Índice (unidade)	Padrão pluvial	Tau de Kendall	Inclinação de Sen (ano)	p-valor
PRCPTOT (mm)	aumento	0,032	1,572	0,762
RR1(dias)	diminuição	-0,068	-0,099	0,518
CDD (dias)	aumento	0,141	0,088	0,185
CWD (dias)	diminuição	-0,085	0	0,447
P99 (dias)	aumento	0,114	0	0,302
P95 (dias)	sem variações	-0,041	0	0,709
P90 (dias)	aumento	0,018	0	0,875
Rx1day (mm)	aumento	0,216	0,622	0,037*
Rx5day (mm)	aumento	0,205	0,789	0,048*
SDII (mm/dia)	aumento	0,125	0,029	0,229

Quadro 2 – Síntese dos índices de extremos de precipitação para o período de 1979 a 2023. Fonte: Elaborado pela autora, 2025. Valores de p-valor com * e negrito indicam significância estatística ao nível de 95% ($p < 0,05$).

Neste sentido, a análise do presente quadro permite constatar que a maior parte dos índices apresentou aumentos no período analisado, sendo que apenas os parâmetros Rx1day e Rx5day demonstraram significância estatística no teste estatístico de Mann-Kendall (Quadro 2).

Ressalta-se que os resultados encontrados corroboram com outras pesquisas para a área de estudo. Terassi *et al.* (2024) ao analisarem tendências e descontinuidades em séries históricas de chuvas diárias extremas em bacias hidrográficas do leste do Estado do Paraná, evidenciaram tendências positivas nas chuvas máximas diárias anuais (Rx1day), chuvas fortes (95p) e chuvas intensas (99p) em séries históricas entre 1976 e 2015, reforçando os cenários de intensificação de extremos pluviais na área de estudo.

Pinheiro *et al.* (2013), ao avaliarem tendências das séries temporais de precipitação da região Sul do Brasil, verificaram acréscimos nos totais pluviais e nos máximos diários de precipitação na maior parte das estações pluviométricas investigadas. De modo semelhante, Pedron *et al.* (2017), ao analisarem dados diários de precipitação desde 1889 para a cidade de Curitiba, constataram tendência de aumento da precipitação e de chuvas mais intensas (maiores que 10 mm, 20 mm e 40 mm, e atreladas aos percentis 95 e 99, ao Rx1day e ao SDII), bem como a redução no número de dias chuvosos. Os autores ainda constataram aumentos do CDD e diminuição do tempo de retorno para chuvas severas, indicando ocorrência mais frequente de eventos extremos futuros. Resultados semelhantes também foram evidenciados em Pinheiro (2016) e Goudard (2019), ao analisarem a bacia do Alto Iguaçu, englobando Curitiba e uma parcela de sua Região Metropolitana. Desse modo, nota-se que as análises conduzidas em estudos anteriores vêm ao encontro dos resultados evidenciados e discutidos neste trabalho.

Neste contexto, faz-se necessário investigar os cenários climáticos futuros de pluviosidade para o recorte espacial adotado neste estudo, possibilitando realizar uma avaliação integrada com os extremos pluviais até aqui analisados. Dessa forma, para os cenários futuros de precipitação foram considerados 9 modelos do CMIP6 com sensibilidades climáticas distintas (Figura 4), cujas análises encontram-se evidenciadas nas Figuras 9 e 10, voltadas, respectivamente, a investigação dos períodos de 2041-2060 (Figura 9) e 2081-2100 (Figura 10), em comparação aos dados históricos da normal climatológica de 1991 a 2020, levando-se em consideração os cenários moderado (ssp245) e pessimista (ssp585) de emissão de gases de efeito estufa.

Para o período de 2041-2060 e ssp245 (Figura 9a) notam-se aumentos médios entre os 9 modelos adotados no estudo para os meses de março (+7,3 mm), abril (+12,7 mm), maio (+15,2 mm), junho (+6 mm), novembro (+8,4 mm) e dezembro (+13,5 mm), ao passo que os meses de janeiro (-11,1 mm), fevereiro (-9,8 mm), julho (-12,7 mm), agosto (-5,6 mm), setembro (-14 mm) e outubro (-12 mm) apresentam prognósticos de diminuições pluviais. Em geral, os modelos CanESM5, HadGEM3-GC31-LL e GISS-E2-1-H apresentaram as variações mais acentuadas (Figura 9a).

Em relação ao período de 2041-2060 e ssp585 (Figura 9b), os meses de março (+2,6 mm), abril (+11,7 mm), maio (+18,8mm), junho (+6,7 mm), novembro (+5,8 mm) e dezembro (+14,5 mm) também apresentaram tendências de aumentos pluviais considerando a média dos 9 modelos analisados. Em contrapartida, os meses de janeiro (-16,5 mm), fevereiro (-15,6 mm) e julho a outubro (valores variando de -8,2 a -14,2 mm) também apresentaram tendências de decréscimos pluviais, como no cenário ssp245. Os modelos que se destacaram mensalmente foram os mesmos do

cenário ssp245, em grande medida: GISS-E2-1-H (janeiro e fevereiro), HadGEM3-GC31-LL (março, maio e junho), ACCESS-ESM1-5 (abril, novembro e dezembro) e CanESM5 (de julho a outubro). Contudo, cabe ressaltar que o cenário ssp585 (Figura 9b) apresenta maior variabilidade de prognósticos entre os modelos analisados.

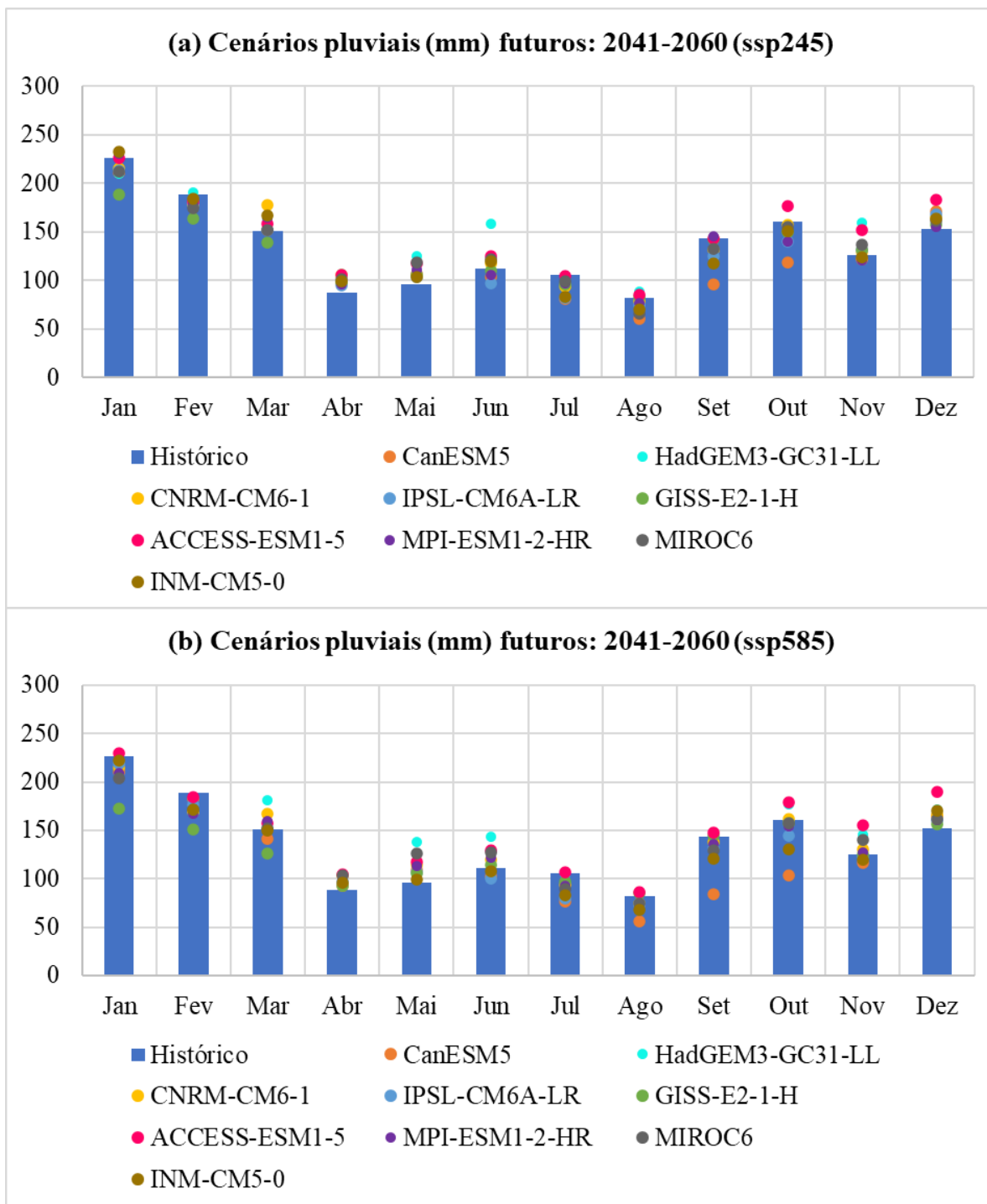


Figura 9 – Cenários futuros de precipitação (mm): (a) 2041-2060 (ssp245) e (b) 2041-2060 (ssp585). Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

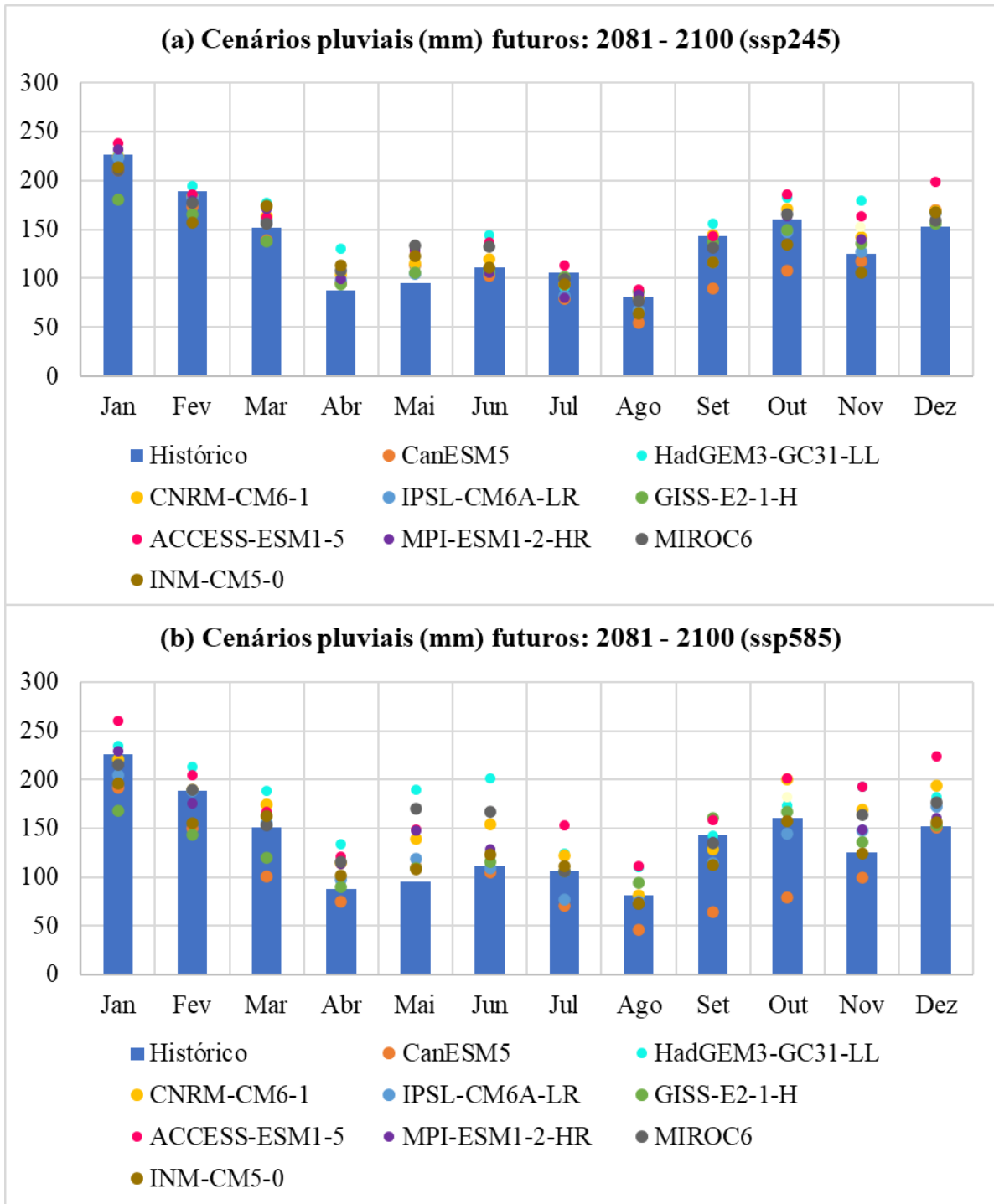


Figura 10 – Cenário futuros de precipitação (mm): (a) 2081-2100 (ssp245) e (b) 2081-2100 (ssp585). Fonte: Elaborado pela autora, 2025.

No que concerne ao período de 2081-2100 e ssp245 (Figura 10a) notam-se aumentos médios entre os 9 modelos adotados no estudo em comparação à normal climatológica de 1991-2020 (dado histórico) para os meses de março (+8,7 mm), abril (+18,1 mm), maio (+23 mm), junho (+7,1 mm), novembro (+14,7 mm) e dezembro (+14,8 mm) e diminuições nos meses de janeiro (-8,7 mm),

fevereiro (-11 mm), julho a outubro (entre -3,9 e -13,6 mm), assim como para o recorte temporal de 2041 a 2060. Em face dos modelos que se destacaram com as maiores variações pluviiais, podem-se citar: GISS-E2-1-H para janeiro (-45,3 mm); INM-CM5-0 para fevereiro (-31,7 mm); HadGEM3-GC31-LL em março (+25,7 mm), abril (+42,1 mm), junho (+32,4 mm) e novembro (+53,4 mm); MIROC6 em maio (+38,4 mm); CanESM5 de julho a outubro (de -26,5 mm a -53,3 mm) e ACCESS-ESM1-5 em dezembro (+46,6 mm), denotando a variabilidade dos cenários apresentados (Figura 10a).

No que se refere ao período de 2081-2100 e ssp585 (Figura 10b), foram identificadas tendências de aumentos pluviiais médios entre os 9 modelos para os meses de março a agosto e de outubro a dezembro, ao passo que os meses de janeiro (-13 mm), fevereiro (-10 mm) e setembro (-15,4 mm) apresentam prognósticos de diminuições pluviiais para os cenários climáticos futuros. Para estes prognósticos, os modelos GISS-E2-1-H, CanESM5, HadGEM3-GC31-LL e ACCESS-ESM1-5 foram os que apresentaram os maiores valores de anomalias em relação a normal climatológica de 1991-2020 na maior parte dos meses, conforme pode ser evidenciado na Figura 10b. Os valores de anomalias mais expressivos foram evidenciados em maio (+94,4 mm) e junho (+89,4 mm) para o modelo HadGEM3-GC31-LL e em setembro (-79,3 mm) e outubro (-81,7 mm) para o modelo CanESM5.

Diante desses cenários, pode-se verificar prognósticos futuros de aumentos de precipitação nos meses de março, abril, maio, junho, novembro e dezembro para Curitiba, considerando a média dos modelos analisados, ao passo que os demais meses apresentam potenciais de redução das precipitações médias. Ressalta-se que em comparação as análises das normais climatológicas de 1961-1990 e 1991-2020, expressas na Figura 6, notam-se padrões distintos. Estes processos refletem ainda o alto grau de incerteza quanto aos cenários de pluviosidade futuros, em decorrência, sobretudo, da alta variabilidade espaço-temporal inerente às precipitações.

Neste contexto, análises de Pereima (2021), ao realizar uma avaliação sistemática da precipitação dos modelos do CMIP5 e CMIP6 no sul do Brasil, sugerem limitações dos modelos em capturar características da precipitação observada, como sazonalidade, dependência espacial e eventos extremos. Desse modo, no que concerne aos cenários climáticos futuros, investigações mais detalhadas destes prognósticos em face das condições de emergência climática que se impõem na realidade se fazem necessárias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo possibilitou evidenciar os padrões de pluviosidade atuais e futuros para Curitiba. Do ponto de vista dos desastres e impactos associados às precipitações extremas, o estudo corroborou com análises anteriores que evidenciaram a recorrência de problemas ambientais urbanos relacionados à pluviosidade na cidade, historicamente afetada por inundações.

Estas condições podem se tornar ainda mais expressivas, ao se considerar as tendências de índices extremos evidenciadas neste estudo, tais como precipitações anuais, P99, Rx1day, Rx5day, CDD e SDII, que apresentaram indicativos de aumento nas análises aqui desenvolvidas,

potencializando a ocorrência de impactos relacionados tanto a falta de precipitação (estiagens e secas), como ao seu excesso, culminando em alagamentos e inundações no ambiente urbano.

Os índices extremos utilizados neste estudo indicaram concentrações das precipitações, por meio da combinação entre o aumento de precipitação anual e a diminuição dos dias de chuva, o que sugere intensificações das precipitações, evidenciadas pelo parâmetro SDII. Além disso, índices como Rx1day e Rx5day reforçam a perspectiva de fortalecimento de precipitações extremas na cidade, tendo apresentado tendências estatisticamente significativas de aumento no recorte temporal adotado nesta investigação.

No que concerne aos cenários pluviais futuros, as análises aqui conduzidas sugerem aumentos pluviais nos meses de março, abril, maio, junho, novembro e dezembro. Contudo, muitas incertezas ainda permeiam estas questões, sobretudo, em decorrência da alta variabilidade espaço-temporal das precipitações em contextos atuais e futuros. Estes fatos suscitam a necessidade de estudos mais aprofundados sobre a presente temática, de modo a subsidiar a tomada de decisões e as condições de enfrentamento diante dos cenários de emergência climática nas diferentes cidades brasileiras, tais como Curitiba.

Submetido em 2 de junho de 2025.

Aceito para publicação em 23 de dezembro de 2025.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C.A.A, *et al.* Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>

ARMOND, N.B. **Dinâmica climática, excepcionalidades e vulnerabilidade: contribuições para uma classificação geográfica do clima do estado do Rio de Janeiro**. 170f. Tese (Doutorado em Geografia), Presidente Prudente: Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, 2018.

ARTAXO, P. As três emergências que nossa sociedade enfrenta: saúde, biodiversidade e mudanças climáticas. **Estudos Avançados**, v. 34, p. 53-66, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.005>>

BRASIL. **Atlas Brasileiro de desastres Naturais (1991 – 2012): Volume Paraná**. 2ª edição. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre desastres (CEPED) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2013, 160p.

BRYANT, E. A. **Natural hazards**. New York: Cambridge, 1991. 294 p.

BUFFON, E. A. M; SOUSA, M. S. Proposta metodológica para avaliação dos registros secundários de alagamentos: uma abordagem a partir de Curitiba-Paraná, Brasil. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 19, n. 67, p. 188–204, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.14393/Hygeia196713>>

CHEN, D. *et al.* **Framing, Context, and Methods**. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V. *et al.* (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 147-286, 2021. DOI: <<https://doi.org/10.1017/9781009157896.003>>

CMIP6. **CMIP6: the next generation of climate models explained**. 2022. Disponível em: <https://www.carbonbrief.org/cmip6-the-next-generation-of-climate-models-explained/>. Acesso em: 22/12/2025.

CORREA, W. D. S. C. *et al.* Avaliação das simulações de temperatura e precipitação de um subconjunto de modelos do CMIP6 para o Brasil. **Derbyana**, v. 43, n. 774, p.1-39, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.14295/derb.v43.774>>

DALAGNOL, R. *et al.* Extreme rainfall and its impacts in the Brazilian Minas Gerais state in January 2020: Can we blame climate change? **Climate Resilience and Sustainability**, v.1, n.1, p.1-15, 2021. DOI: <<https://doi.org/10.1002/cli2.15>>

DU, H. *et al.* Precipitation from Persistent Extremes is Increasing in Most Regions and Globally. **Geophysical Research Letters**. v. 46, n. 11, p. 6041-6049. 2019. DOI: <<https://doi.org/10.1029/2019gl081898>>

DUBREUIL, V.; FANTE, K. P.; PLANCHON, O.; SANT'ANNA NETO, J. L. Os tipos de climas anuais no Brasil: uma aplicação da classificação de Köppen de 1961 a 2015. **Confins. Revue franco-brésilienne de géographie/Revista franco-brasileira de Geografia**, n. 37, 2018. DOI: <<https://doi.org/10.4000/confins.15738>>

ETCCDI. **Expert Team on Climate Change Detection Monitoring and Indices: Guidelines on Analysis of extremes in a changing climate in support of informed decisions for adaptation**. 2009.

FERNANDES, V. R. *et al.* Secas e os impactos na região sul do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.28, p. 561–584. 2021.

FOWLER, H.J. *et al.* Anthropogenic intensification of short-duration rainfall extremes. **Nature Reviews Earth & Environment**, v.2, n.2, p.107-122, 2021. DOI: <<https://doi.org/10.1038/s43017-020-00128-6>>

GEISSLER, H.J.; LOCH, R.E.M. Análise Histórica das enchentes em Curitiba – PR, Medidas Propostas e consequências observadas. **Anais do 1º Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais**, p. 507-23, 2004.

GOUDARD, G. **Eventos e Episódios Pluviais Extremos em Curitiba (PR): uma abordagem a partir dos riscos e vulnerabilidades socioambientais**. 129f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Geografia). Curitiba: Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2015.

_____. **Eventos pluviais extremos e riscos hidrometeorológicos híbridos na Bacia do Alto Iguaçu (Paraná)**. 236f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Curitiba: Programa de pós-graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2019.

GOUDARD, G.; MENDONÇA, F, A. Eventos e episódios pluviais extremos: a configuração de riscos hidrometeorológicos em Curitiba (Paraná – Brasil). **IDEAS**, n. 15, p. 1-17, 2020. DOI: <<https://doi.org/10.4000/ideas.8082>>

GOUDARD, G.; MENDONÇA, F.A. Riscos hidrometeorológicos híbridos na bacia do Alto Iguaçu–Paraná (Brasil). **Confins - Revue Franco-Brésilienne de Géographie/Revista Franco-Brasileira de Geografia**, n. 54, p.1-18, 2022. DOI: <<https://doi.org/10.4000/confins.44833>>

GOUDARD, G.; LIMBERGER, L.; CARPENEDO, C. B. Influence of Eastern, Central and Mix El Niño on the variability of rainfall in southeastern South America. **Frontiers in Earth Science**, v. 12, p. 1-17, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.3389/feart.2024.1134782>>

GRIMM, A. M. ; ALMEIDA, A. S. ; BENETI, C. A. A. ; LEITE, E. A. The combined effect of climate oscillations in producing extremes: the 2020 drought in southern Brazil. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, p.1-12, 2020. <<https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020200116>>

HUMMELL, B.M.L. **Desastres Naturais e Vulnerabilidades Socioambientais: o caso de Curitiba/PR**. 132 f. Dissertação (Mestrado em Gestão Urbana). Curitiba: Pontifícia Universidade Católica do Paraná, 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Panorama do Censo Demográfico 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 23/12/2025.

INMET – Instituto Nacional De Meteorologia. **Normais Climatológicas do Brasil 1961-1990**. Brasília, DF: INMET, 2009. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/normais>. Acesso em: 23/12/2025.

_____. **Normais Climatológicas do Brasil 1991-2020**. Brasília, DF: INMET, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMATOLOGICAS.pdf>. Acesso em: 23/12/2025.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391f, 2021.

LOHMANN, M.; SANTOS, L.J.C. Determinação de padrões de chuva crítica para ocorrência de alagamentos em Curitiba-PR utilizando rede neural artificial SOM (Self Organizing Map). **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 17, p. 227-245, 2015. DOI: <<https://doi.org/10.5380/abclima.v17i0.41816>>

MENDONÇA, F. A. S.A.U. – Sistema Ambiental Urbano: uma abordagem dos problemas socioambientais da cidade. *In*: MENDONÇA, F. (Org.) **Impactos Socioambientais Urbanos**. Curitiba: Editora UFPR, 2004.

MENDONÇA, F.A; DESCHAMPS, M.V.; LIMA, M.D.V. A cidade e as mudanças climáticas globais: (intensificação?) – Riscos e Vulnerabilidades Socioambientais na RMC – Região Metropolitana de Curitiba/PR. *In*: OJIMA, R.; MARANDOLA JUNIOR, E. (Orgs.) **Mudanças Climáticas e as Cidades: novos e antigos debates na busca da sustentabilidade urbana e social**. Blucher: Coleção População e Sustentabilidade, 2013, p.129 -162.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Clima Urbano**. 191f. Tese (Livre Docência em Geografia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976.

_____. **Clima e Excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991.

NASCIMENTO JUNIOR, L. **As chuvas no Paraná: Variabilidade, teleconexões, e impactos de eventos extremos**. 162f. Dissertação (Mestrado em Geografia). Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista, 2013.

_____. Perspectivas da Variabilidade Climática. **Geografia em Questão**, v. 10, n. 1, 2017.

O'NEILL, B.C. *et al.* A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways. **Climate Change**, v. 122, n. 3, p. 387-400, 2014. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s10584-013-0905-2>>

PEDRON, I.T. ; DIAS ; M. A. F. ; DIAS ; S. P. ; CARVALHO, L. M. V ; FREITAS, E. D. Trends and variability in extremes of precipitation in Curitiba – Southern Brazil. **International Journal of Climatology**, v.37, n.3, p.1250-1264, 2017. DOI <<https://doi.org/10.1002/joc.4773>>

PEREIRA, M.F.R. **Avaliação sistemática da precipitação dos modelos de clima do CMIP5 e CMIP6 no sul do Brasil**. 112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Florianópolis: Programa de pós-graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

PETTITT, A.N. A non-parametric approach to the change-point problem. **Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)**, v.28, n.2, p.126-135, 1979. DOI: <<https://doi.org/10.2307/2346729>>

PINHEIRO, A.; GRACIANO, R.L.G.; SEVERO, D.L. Tendência das séries temporais de precipitação da região Sul do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.28 n.3, p.281-290, 2013. DOI: <<https://doi.org/10.1590/S0102-77862013000300005>>

PINHEIRO, G.M. **Variabilidade temporo-espacial da pluviosidade na bacia do alto Iguaçu**. Tese (Doutorado em Geografia). Curitiba: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, 2016.

REGOTO, P.; DEREZYNSKI, C.; CHOU, S. C.; BAZZANELA, A. C. Observed changes in air temperature and precipitation extremes over Brazil. **International Journal of Climatology**, v. 41, n. 11, p. 5125-5142, 2021. DOI: <<https://doi.org/10.1002/joc.7119>>

SEN, P.K. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. **Journal of the American Statistical Association**, v.63, n.324, p.1379-1389, 1968. DOI: <<https://doi.org/10.1080/01621459.1968.10480934>>

SISDC. **Sistema Informatizado de Defesa Civil do Estado do Paraná**. 2025. Disponível em: https://www.sisdc.pr.gov.br/sdc/publico/relatorios/ocorrencias_geral.jsp. Acesso em: 23/12/2025.

TERASSI, P. M.B, BARATTO, J., OSCAR-JÚNIOR, A. C.S., GALVANI, E., DE GOIS, G. Tendências e descontinuidades em séries históricas de chuvas diárias extremas em bacias hidrográficas do

Leste do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 35, p. 678-711, 2024. DOI: <<https://doi.org/10.55761/abclima.v35i20.18690>>

ZANDONADI, L.; ACQUAOTTA, F.; FRATIANNI, S.; ZAVATTINI, J.A. Changes in precipitation extremes in Brazil (Paraná River Basin). **Theoretical and Applied Climatology**, v.123, n.3, p.741-756, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s00704-015-1391-4>>

ZANELLA, M.E. **Inundações Urbanas em Curitiba/PR: Impactos, Riscos e Vulnerabilidade Socioambiental no Bairro Cajuru**. 272 f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento). Curitiba: Pós-graduação em Meio Ambiente e Desenvolvimento, Universidade Federal do Paraná, 2006.

ZILLI, M.T.; CARVALHO, L. M. V.; LIEBMANN, B.; SILVA DIAS, M.A. A comprehensive analysis of trends in extreme precipitation over southeastern coast of Brazil. **International Journal of Climatology**. v. 37, n.5, p. 2269-2279. 2017. DOI: <<https://doi.org/10.1002/joc.4840>>