

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ASPECTOS CLIMATOLÓGICOS E TENDÊNCIAS IDENTIFICADAS EM EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO NA BACIA DO PARANÁ – BRASIL

Wanderson Luiz-Silva¹; Juan Neres de Souza² & Fernanda Cerqueira Vasconcellos³

Abstract: The Paraná Hydrographic Region (PHR) plays a crucial role in Brazil, standing out for its high economic development and high demand for water resources. Given the socioeconomic and environmental importance of the PHR, the objective of this work is to develop a climatology of the precipitation climate extremes in the PHR and identify their trends over the last decades. For this purpose, daily precipitation data from the Brazilian Daily Weather Gridded Data (BR-DWGD) for the period from 1961 to 2020 are utilized. The Mann-Kendall and Sen Curvature statistical tests are used to detect the significance and magnitude of the trends, respectively. The results reveal a precise spatial and temporal distinction in the rainfall extremes of the PHR. The southern portion shows significant increasing trends in total precipitation (PRCPTOT), intensity (SDII), and the frequency of extreme events (R95p, R99p, Rx1day), whereas the northern portion exhibits greater stationarity. Trends toward an increase in consecutive dry days (CDD) predominate in the north, signaling the risk of increasingly long-lasting droughts. On the other hand, the reduction in consecutive wet days (CWD) in the north and east indicates more frequent interruptions in the rainy season. This study can contribute to improving climate monitoring and integrated water resource management in the face of climate change in the PHR.

Resumo: A Região Hidrográfica do Paraná (RHP) desempenha um papel crucial no Brasil, destacando-se pelo alto desenvolvimento econômico e pelas grandes demandas por recursos hídricos. Dada a importância socioeconômica e ambiental da RHP, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma climatologia dos extremos climáticos de precipitação na RHP e identificar suas tendências no decorrer das últimas décadas. Para isso, são utilizados os dados diários de precipitação provenientes do Brazilian Daily Weather Gridded Data (BR-DWGD) para o período de 1961 a 2020. Os testes estatísticos de Mann-Kendall e da Curvatura de Sen são empregados para a detecção da significância e da magnitude das tendências, respectivamente. Os resultados mostram uma clara distinção espacial e temporal dos extremos de chuva na RHP. A porção sul apresenta tendências significativas de aumento na precipitação total (PRCPTOT), na intensidade (SDII) e na frequência de eventos extremos (R95p, R99p, Rx1day), enquanto a porção norte exibe maior estacionalidade. As tendências de aumento de dias secos consecutivos (CDD) predominam no norte, sinalizando risco de estiagens cada vez mais duradouras. Já a redução de dias úmidos consecutivos (CWD) no norte e leste indica interrupções mais frequentes nos períodos chuvosos. Este estudo pode contribuir para o aprimoramento do monitoramento climático e da gestão integrada dos recursos hídricos frente às mudanças climáticas na RHP.

Palavras-Chave – Extremos Climáticos; Mudanças Climáticas; Precipitação

1) Departamento de Meteorologia – DMET, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. E-mail: wanderson@igeo.ufrj.br

2) Departamento de Meteorologia – DMET, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. E-mail: juan-neres@hotmail.com

Departamento de Pesquisa em Energia – Cyan Agroanalytics

3) Departamento de Meteorologia – DMET, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. E-mail: fernandavasconcellos@igeo.ufrj.br

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a matriz elétrica tem sido definida pela predominância da geração hidrelétrica, com cerca de 50% da geração atual de energia proveniente dessa fonte, sendo beneficiada pela capacidade de regularização plurianual. O país tem aproveitado extensivamente seu potencial hidroelétrico, entretanto, a geração de energia a partir dessa fonte é sensível às variabilidades do regime de chuvas em cada região do país, tanto a nível sazonal quanto interanual (Maceira *et al.*; 2006). Por isso, o maior entendimento sobre os extremos climáticos e incertezas associadas devem ser consideradas no planejamento da operação do sistema, tendo em vista a complexidade quando se consideram os múltiplos usos dos recursos hídricos, exigindo análises geopolíticas e estratégicas, com ênfase na questão socioambiental e nas condições climáticas futuras (Lima *et al.*, 2014).

Uma detalhada investigação da climatologia de uma determinada região é de suma importância tanto para o conhecimento do comportamento atmosférico médio, quanto para a compreensão de suas flutuações e alterações no decorrer do tempo que afetam diretamente o ciclo hidrológico, com impactos diretos nas vazões afluentes aos aproveitamentos hidrelétricos. A operação e o planejamento eletroenergético do Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN) possuem estreita relação entre os estoques de água nos reservatórios dos empreendimentos hidrelétricos, sendo totalmente dependentes da variabilidade da precipitação (Costa *et al.*, 2007). Uma alternativa eventualmente eficaz e relativamente pouco custosa para reduzir os riscos e aumentar a segurança consiste no aperfeiçoamento de modelos de previsão de chuvas e de vazões nas bacias em horizontes de curto, médio e longo prazos, além do conhecimento climatológico presente. Dessa maneira, torna-se possível operar de forma mais eficaz o parque gerador e dimensionar de modo eficiente as suas futuras expansões (Lima *et al.*, 2014).

As mudanças climáticas detectadas e projetadas por diversos pesquisadores tendem a modificar o ciclo hidrológico e, consequentemente, o regime e a disponibilidade hídrica nas bacias hidrográficas (Adler *et al.*, 2017). Tendências observadas ao longo das últimas décadas mostram um aumento na frequência de eventos extremos associados à precipitação em diversas regiões do Brasil (Regoto *et al.*, 2021; Luiz-Silva *et al.*, 2025; entre outros). Projeções futuras apontam que a intensidade de tais extremos de chuva e de seca deverá seguir se elevando no transcurso do século 21 (Marengo *et al.*, 2018; Avila-Diaz *et al.*, 2020; entre outros). A avaliação desse tema torna-se essencial para orientar a política energética do país, além de conduzir a decisão de medidas para atenuar seus efeitos nos atuais e futuros parques geradores.

A Região Hidrográfica do Paraná (RHP) é a mais populosa e de maior desenvolvimento econômico do país. A região apresenta um clima predominantemente tropical, com uma estação chuvosa e uma estação seca bem marcantes (Luiz-Silva *et al.*, 2021). A precipitação nesta região é dominada por sistemas atmosféricos como frentes frias no decorrer de todo o ano (Foss *et al.*, 2017) e a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) na primavera e no verão (Carvalho *et al.*, 2012), especialmente em sua porção centro-norte. Com muitos aproveitamentos hidrelétricos e reservatórios, a RHP torna-se extremamente relevante para a coordenação de recursos hídricos e energia elétrica no Brasil. Modificações nos padrões climáticos da região impactam diretamente o gerenciamento das vazões nos empreendimentos hidrelétricos locais.

Devido à importância socioeconômica e ambiental da RHP, o objetivo deste trabalho é desenvolver uma climatologia de extremos climáticos de precipitação na RHP e identificar suas tendências no decorrer das últimas décadas. A garantia dos recursos hídricos e da produção energética de uma configuração hidrelétrica na bacia depende diretamente da distribuição espaço-temporal desses extremos climáticos.

2. DADOS E METODOLOGIA

2.1. Área de Estudo

A RHP abrange uma área de aproximadamente 879.873 km², equivalente a 10% do território nacional, englobando os estados de Paraná, Santa Catarina, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e o Distrito Federal (Figura 1). Esta região destaca-se por possuir a maior demanda de água no Brasil, correspondendo a aproximadamente 30% das demandas hidrográficas nacionais, apesar de possuir apenas 7% da água disponível no país. Essa alta demanda está relacionada à presença de mais de 32% da população nacional, com mais de 60 milhões de pessoas vivendo em 93% das áreas urbanas. A RHP é de grande importância econômica, representando mais de 40% do Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil. A região abriga os principais parques industriais e atividades agropecuárias do país e é responsável por mais de 60% da produção de energia hidrelétrica do SIN. O potencial hidrelétrico aproveitado na região é de 41.560 MW, correspondendo a 47,5% do total instalado do país.

Figura 1 – Localização da Região Hidrográfica do Paraná – Brasil (destacada em preto).



2.2. Dados Observados

Dados meteorológicos em grade são o resultado da interpolação de observações de estações meteorológicas em uma grade regular de latitude e longitude, com uma resolução espacial definida. Para este estudo, foram utilizados dados extraídos do banco de dados desenvolvido por Xavier *et al.* (2022), que oferece informações diárias de superfície para todo o Brasil, cobrindo o período de 1961 a 2020, com uma resolução espacial de $0,1^\circ \times 0,1^\circ$. Os autores estudaram o potencial de seis métodos de interpolação sobre o Brasil para estimar seis variáveis meteorológicas: precipitação, evapotranspiração, temperatura, radiação solar, umidade relativa e velocidade do vento. A variável de precipitação, com o maior número de observações de superfície, foi obtida a partir de 11.473 pluviômetros e 1.252 estações meteorológicas, interpolados utilizando o método de Ponderação da Distância Angular (ADW). Essa grade tem sido amplamente utilizada em estudos como base confiável para observações de superfície. Mais detalhes sobre esse conjunto de dados e o método de interpolação podem ser encontrados em Xavier *et al.* (2022).

2.3. Indicadores de Extremos Climáticos de Precipitação

Há um consenso na comunidade científica de que qualquer alteração na duração, frequência ou intensidade de eventos climáticos extremos podem afetar acentuadamente o meio ambiente e a

sociedade (IPCC, 2021). Os indicadores de extremos climáticos de precipitação na RHP, utilizados para o desenvolvimento da climatologia e para a detecção das tendências, estão descritos na Tabela 1. Para calcular esses indicadores, foi utilizada a biblioteca em Python chamada xClim. Para avaliar a significância das tendências climáticas, emprega-se o teste estatístico não-paramétrico de Mann-Kendall (Sneyers, 1990). Assumindo a existência de uma tendência linear, utiliza-se o método não-paramétrico conhecido como Curvatura de Sen para estimar a magnitude das tendências.

Tabela 1 – Descrição dos indicadores de extremos climáticos de precipitação utilizados nesta pesquisa.

| Indicador | Definição | Unidade |
|-----------|--|---------|
| PRCPTOT | Precipitação total anual nos dias úmidos ($RR \geq 1\text{mm}$) | mm |
| CDD | Número máximo de dias secos consecutivos no ano | dias |
| CWD | Número máximo de dias úmidos consecutivos no ano | dias |
| R95p | Precipitação anual total em que $RR >$ percentil 95 | mm |
| R99p | Precipitação anual total em que $RR >$ percentil 99 | mm |
| R30mm | Número de dias em que a precipitação diária é igual ou superior a 30 mm no ano | dias |
| Rx5day | Máximo anual de precipitação em 5 dias consecutivos | mm |
| Rx1day | Máximo anual de precipitação em 1 dia | mm |
| SDII | Intensidade da precipitação ($\text{PRCPTOT} / \text{dias úmidos}$) | mm/dia |

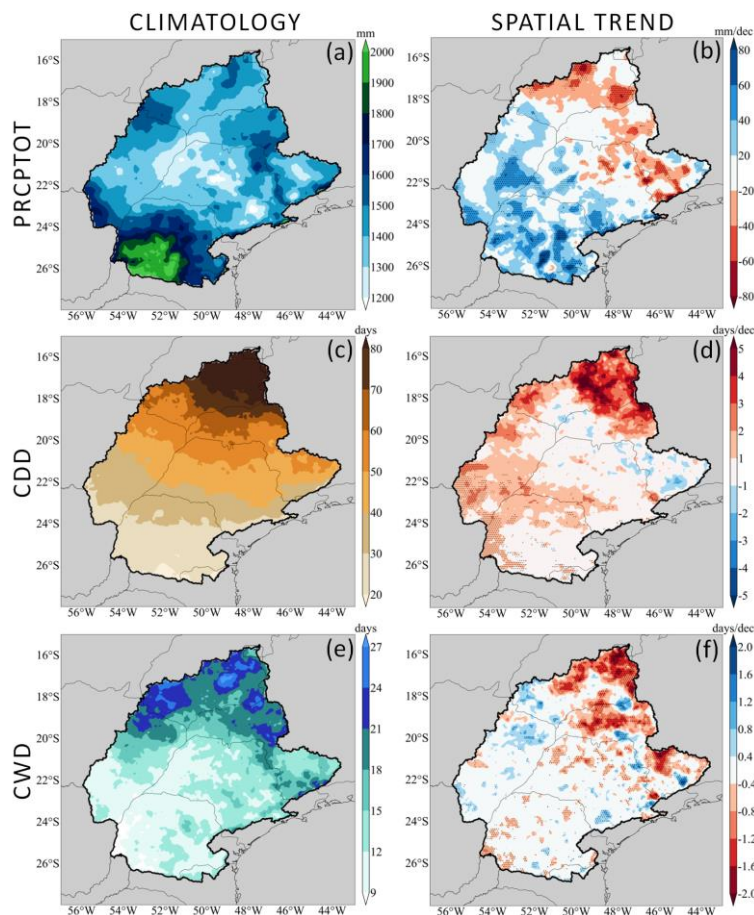
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A climatologia de PRCPTOT (Figura 2a) mostra que os maiores acumulados de precipitação se concentram na porção sul da RHP, com acumulados anuais de cerca de 2000 mm, enquanto os menores valores estão na porção central, com valores em torno de 1200 mm. Esse padrão espacial está fortemente relacionado à maior frequência de frentes frias que atingem o sul da região, conforme discutido por Foss *et al.* (2017) e Luiz-Silva *et al.* (2021), além de sistemas de menor escala, como Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM). Já as tendências detectadas (Figura 2b) indicam que há um aumento da precipitação na porção sul da RHP, com acréscimos por volta de +60 mm por década. Por outro lado, a porção norte e leste apresenta uma tendência de diminuição, com quedas também em cerca de -60 mm por década.

Para o CDD (Figura 2c), nota-se que os períodos sem chuva são mais prolongados no extremo norte da RHP, onde ultrapassam 80 dias seguidos sem precipitação, diminuindo em direção ao sul, que apresenta valores abaixo de 20 dias. A porção norte da RHP apresenta uma estação seca mais marcante durante os meses de outono e inverno. Através das tendências identificadas (Figura 2d) é possível notar um aumento da quantidade de dias secos em grande parte da RHP, com destaque para o extremo norte, que registra uma taxa de aumento de até +5 dias por década.

Já o CWD (Figura 2e), apresenta seus maiores valores de dias úmidos consecutivos na porção norte da RHP, com mais de 27 dias chuvosos seguidos, enquanto na porção sul os valores são menores, com menos de 9 dias consecutivos de chuva. A porção norte da região está sob influência do sistema de monções da América do Sul, caracterizado por uma forte sazonalidade na precipitação, com um período chuvoso bem definido no verão e um período seco no inverno (Ferreira e Reboita, 2022). Essa sazonalidade contribui, ao mesmo tempo, para a maior frequência de eventos de CDD e CWD observada nessa região, típicos de uma região tropical. As tendências observadas (Figura 2f) indicam uma leve redução de até -2 dias por década nas porções norte e leste da RHP, enquanto a porção sul não apresenta alterações significativas. Isto indica que extremos secos vêm acontecendo com maior frequência na área norte da RHP.

Figura 2 – Climatologia anual (primeira coluna) para o período 1991-2020 e tendências observadas por década (segunda coluna) para o período 1961-2020 de (a-b) PRCPTOT [mm], (c-d) CDD [dias] e (e-f) CWD [dias] na RHP. Regiões pontilhadas indicam tendência estatisticamente significativa com nível de confiança de 95%.



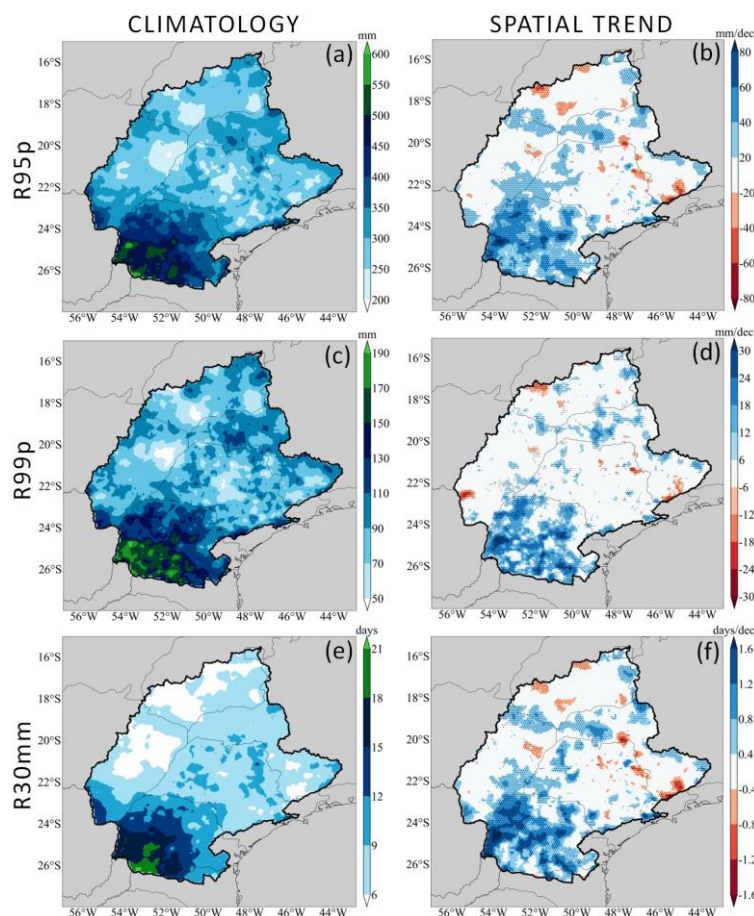
A climatologia de R95p (Figura 3a) mostra que as maiores concentrações de precipitação acumulada acima do percentil 95 se encontram na porção sul da RHP, com valores acima de 500 mm e, em contrapartida, as menores concentrações estão localizadas na porção central, com valores abaixo de 300 mm. Os elevados valores de precipitação acumulada também estão associados à atuação de CCMs no sul da região. Já as tendências verificadas (Figura 3b) indicam que algumas áreas do norte e leste da RHP apresentam tendências de diminuição de precipitações intensas, com quedas em torno de -40 mm por década, enquanto outras, principalmente na porção sul, mostram um aumento por volta de +60 mm por década.

Para o R99p (Figura 3c), nota-se um padrão semelhante à R95p, embora com menores valores acumulados, dada a maior raridade dos eventos de chuva acima do percentil 99, com registros inferiores a 100 mm na porção central da RHP e superiores a 150 mm na porção sul. Através das tendências detectadas (Figura 3d) é possível identificar menos regiões com tendências significativas, porém ainda há uma tendência de aumento de cerca de +18 mm por década na porção sul da RHP, ratificando as tendências de elevação na intensidade de eventos extremos de precipitação nessa área.

Em relação à frequência, o R30mm (Figura 3e) apresenta o maior número de dias com precipitação superior a 30 mm na porção sul da RHP, com valores de cerca de 18 dias, enquanto na porção norte e oeste os valores são praticamente a metade, em torno de 9 dias. As tendências identificadas (Figura 3f) mostram uma leve redução de pouco mais de -1 dia por década em áreas isoladas da porção leste da RHP, enquanto a porção sul apresenta as principais alterações, com

aumentos superiores a +1,2 dia por década. Os resultados de Montini *et al.* (2019) apontam para tendências significativas de aumento no aporte de umidade transportado pelo Jato de Baixos Níveis da América do Sul (JBNAS) sobre o sul do Brasil, o que provavelmente contribui para o crescimento no número de dias com chuvas intensas nessa região.

Figura 3 – Climatologia anual (primeira coluna) para o período 1991-2020 e tendências observadas por década (segunda coluna) para o período 1961-2020 de (a-b) R95p [mm], (c-d) R99p [mm] e (e-f) R30mm [dias] na RHP. Regiões pontilhadas indicam tendência estatisticamente significativa com nível de confiança de 95%.



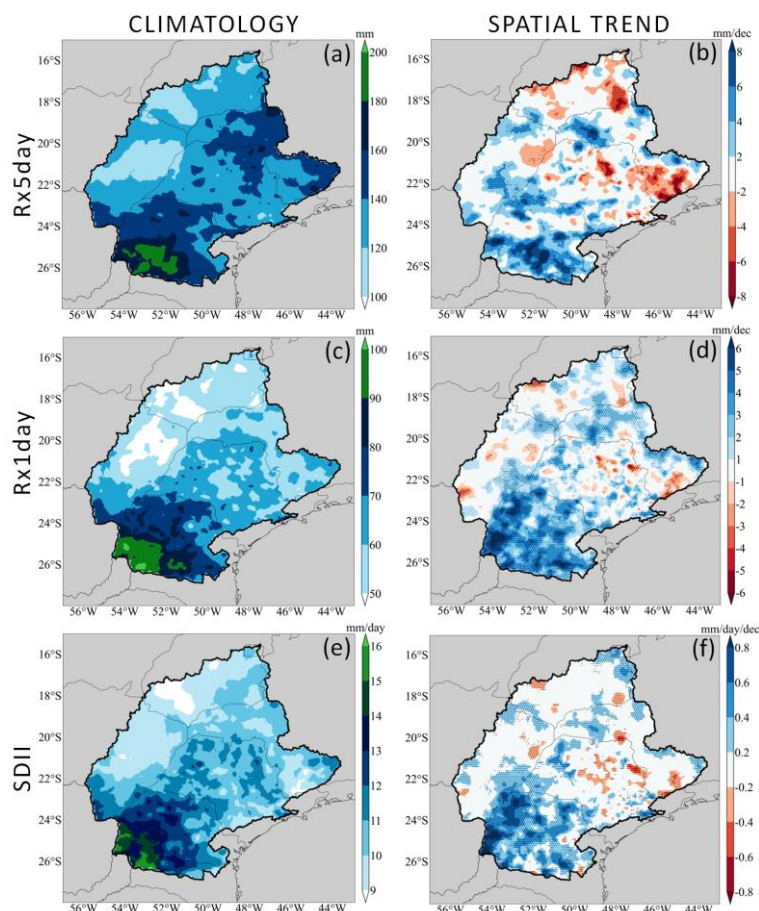
Em relação ao Rx5day (Figura 4a), observa-se que os maiores acumulados de precipitação em cinco dias consecutivos se concentram na porção sul da RHP, com valores superiores a 180 mm, enquanto os menores acumulados ocorrem na porção oeste, com menos de 120 mm. As tendências observadas (Figura 4b) indicam um aumento da precipitação na porção sul, com incrementos por volta de +6 mm por década, ao passo que as porções norte e leste apresentam tendência de redução, também em torno de -6 mm por década.

Para o Rx1day (Figura 4c), os maiores valores de precipitação em um único dia também se concentram na porção sul da RHP, onde ultrapassam os 90 mm. As menores intensidades ocorrem na porção oeste, com valores abaixo de 60 mm. As tendências verificadas (Figura 4d) revelam um aumento dos acumulados pluviométricos máximos diários em grande parte da RHP, com destaque para o extremo sul, onde os incrementos passam de +5 mm por década em Rx1day.

O SDII (Figura 4e), que representa a intensidade média da precipitação em dias chuvosos, apresenta seus maiores valores na porção sul da RHP, com até 16 mm/dia, enquanto nas porções norte e leste os valores são inferiores a 9 mm/dia. Esse padrão é influenciado pela atuação do JBNAS, cuja

saída favorece a convecção local e, conseqüentemente, intensifica a precipitação no sul da região. As tendências detectadas (Figura 4f) apontam para um leve aumento de mais de +0,6 mm/dia por década na porção sul, enquanto algumas áreas isoladas do leste indicam uma redução próxima a -0,5 mm/dia por década.

Figura 4 – Climatologia anual (primeira coluna) para o período 1991-2020 e tendências observadas por década (segunda coluna) para o período 1961-2020 de (a-b) Rx5day [mm], (c-d) Rx1day [mm] e (e-f) SDII [mm/dia] na RHP. Regiões pontilhadas indicam tendência estatisticamente significativa com nível de confiança de 95%.



A Tabela 2 sumariza as tendências observadas nos indicadores de extremos de precipitação nas porções norte e sul da RHP no decorrer dos últimos anos. Nota-se as tendências estatisticamente significativas de aumento para a frequência e a intensidade de eventos extremos de precipitação no setor sul da bacia. A tendência dos acumulados pluviométricos associados às chuvas intensas (R95p) chega a +26 mm/década nesta área. Vale ressaltar que se o nível de confiança fosse reduzido a 90%, também haveria tendências significativas de aumento de R99p e Rx1day na região norte da RHP, indicando que os extremos são generalizados na bacia.

Tabela 2 – Magnitudes das tendências dos indicadores de extremos de precipitação no período 1961-2020 nas áreas norte e sul da RHP. Valores em negrito denotam tendências estatisticamente significativas ao nível de confiança de 95%.

| Indicador | p-value Norte | Sen's slope Norte | p-value Sul | Sen's slope Sul |
|-----------|---------------|-------------------|--------------|-----------------------|
| PRCPTOT | 0,495 | -8,04 mm/déc. | 0,118 | +23,96 mm/déc. |
| CDD | 0,170 | +1,45 dia/déc. | 0,127 | +0,99 dia/déc. |
| CWD | 0,142 | -0,31 dia/déc. | 0,669 | -0,05 dia/déc. |
| R95p | 0,410 | +5,38 mm/déc. | 0,000 | +25,88 mm/déc. |

| | | | | |
|--------|-------|-------------------|--------------|--------------------------|
| R99p | 0,088 | +3,79 mm/déc. | 0,000 | +11,56 mm/déc. |
| R30mm | 0,487 | +0,11 dia/déc. | 0,003 | +0,56 dia/déc. |
| Rx5day | 0,784 | +0,34 mm/déc. | 0,021 | +2,89 mm/déc. |
| Rx1day | 0,091 | +0,66 mm/déc. | 0,000 | +2,35 mm/déc. |
| SDII | 0,433 | +0,04 mm/dia/déc. | 0,000 | +0,27 mm/dia/déc. |

4. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo apresentou uma análise detalhada da climatologia e das tendências dos extremos climáticos de precipitação na Região Hidrográfica do Paraná (RHP), com base em dados diários interpolados de alta resolução espacial para o período de 1961 a 2020. A relevância desta análise fundamenta-se na importância estratégica da RHP para a matriz energética, o abastecimento hídrico e o desenvolvimento socioeconômico do Brasil.

A partir da aplicação de indicadores climáticos, foi possível identificar padrões espaciais e temporais relevantes dos extremos de precipitação. Os resultados evidenciam um comportamento assimétrico entre o norte e o sul da RHP, sendo que a porção sul apresenta as principais alterações estatisticamente significativas ao longo das últimas seis décadas. Observou-se um aumento tanto na intensidade quanto na frequência dos eventos extremos de precipitação nessa área, com destaque para os índices Rx1day, R95p, R99p, R30mm e SDII. Já a porção norte da região não apresentou expressivas alterações, sem tendências estatisticamente significativas nos indicadores analisados.

A variabilidade espacial da precipitação na RHP reforça a necessidade de abordagens regionais no monitoramento e na modelagem hidrológica, considerando os diferentes comportamentos climáticos ao longo do território. Diante do contexto atual de mudanças climáticas, torna-se ainda mais crucial o monitoramento contínuo das tendências de extremos climáticos, bem como a integração dessas informações em políticas públicas de gestão de água e energia. Os resultados aqui apresentados contribuem para o aprimoramento do conhecimento climatológico da RHP e fornecem subsídios técnicos para a formulação de estratégias de adaptação frente aos cenários futuros de maior variabilidade e ocorrência de eventos extremos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADLER, R.F.; GU, G.; SAPIANO, M.; WANG, J.-J.; HUFFMAN, G.J. (2017) “*Global precipitation: means, variations and trends during the satellite Era (1979-2014)*”. *Surveys in Geophysics* 38, pp. 679-699.
- AVILA-DIAZ, A.; BENEZOLI, V.; JUSTINO, F.; TORRES, R.; WILSON, A. (2020) “*Assessing current and future trends of climate extremes across Brazil based on reanalyzes and earth system model projections*”. *Climate Dynamics* 55, pp. 1403-1426.
- CARVALHO, L.M.V.; JONES, C.; POSADAS, A.N.D.; QUIROZ, R.; *et al.* (2012) “*Precipitation characteristics of the South American Monsoon System derived from multiple datasets*”. *Journal of Climate* 25(13), pp. 4600-4620.
- COSTA, F.S.; MACEIRA, M.E.P.; DAMÁZIO, J.M. (2007) “*Modelos de previsão hidrológica aplicados ao planejamento da operação do sistema elétrico brasileiro*”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos* 12(3), pp. 21-30.
- FERREIRA, G.W.S.; REBOITA, M.S. (2022) “*A new look into the South America precipitation regimes: observation and forecast*”. *Atmosphere* 13(6), 873.

FOSS, M.; CHOU, S.C.; SELUCHI, M.E. (2017) “Interaction of cold fronts with the Brazilian plateau: A climatological analysis”. *International Journal of Climatology* 37(9), pp. 3644-3659.

IPCC (2021) “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., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

LIMA, J.W.N.; COLLISCHONN, W.; MARENGO, J.A. (2014) “Efeitos das mudanças climáticas na geração de energia elétrica”. AES Eletropaulo e AES Tietê, 360 pp.

LUIZ-SILVA, W.; OSCAR-JÚNIOR, A.C.; CAVALCANTI, I.F.A.; TREISTMAN, F. (2021) “An overview of precipitation climatology in Brazil: Space-time variability of frequency and intensity associated with atmospheric systems”. *Hydrological Sciences Journal* 66(2), pp. 289-308.

LUIZ-SILVA, W.; BAZZANELA, A.C.F.; DEREZYNSKI, C.P.; OSCAR-JÚNIOR, A.C.; RAUPP, I.P. (2025) “Temperature and precipitation extremes in the Brazilian Legal Amazon: A summary of climatological patterns and detected trends”. *Atmosphere* 16, 222.

MACEIRA, M.E.P.; PENNA, D.D.J.; DAMÁZIO, J.M. (2006) “Geração de cenários sintéticos de energia e vazão para o planejamento da operação energética”. *Cadernos do Instituto de Matemática e Estatística da UERJ (Série Estatística)* 21, pp. 11-35.

MARENGO, J.A.; SOUZA JR., C.M.; THONICKE, K.; BURTON, C.; *et al.* (2018) “Changes in climate and land use over the Amazon region: Current and future variability and trends”. *Frontiers in Earth Science* 6, 228.

MONTINI, T.L.; JONES, C.; CARVALHO, L.M.V. (2019) “The South American low-level jet: A new climatology, variability, and changes”. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres* 124, pp. 1200-1218.

REGOTO, P.; DEREZYNSKI, C.; CHOU, S.C.; BAZZANELA, A.C. (2021) “Observed changes in air temperature and precipitation extremes over Brazil”. *International Journal of Climatology* 41(11), pp. 5125-5142.

SNEYERS, R. (1990) “On the statistical analysis of series of observations”. World Meteorological Organization (WMO), Technical Note 143, 192.

XAVIER, A.C.; SCANLON, B.R.; KING, C.W.; ALVES, A.I. (2022) “New improved Brazilian daily weather gridded data (1961-2020)”. *International Journal of Climatology* 42(16), pp. 8390-8404.

AGRADECIMENTOS

O primeiro autor agradece ao auxílio do Programa de Apoio a Docente Recém-Doutor Antonio Luis Vianna (ALV) 2023/2024 da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) por meio do Edital CEPG N° 565 de 11 de abril de 2023 e Processo N° 23079.222807/2023-98. Os recursos de tal projeto são gerenciados pela Fundação COPPETEC, sediada na Cidade Universitária da UFRJ.