TENDÊNCIA DE EXTREMOS CLIMÁTICOS DE PRECIPITAÇÃO E MUDANÇAS NO USO E COBERTURA DA TERRA NO SEMIÁRIDO PERNAMBUCANO

Juliana Farias Santos de Moraes[1]; Estephania Silva Jovino [2]; Camila Oliveira de Britto Salgueiro[3]; Anderson Luiz Ribeiro de Paiva [4]; Sylvana Melo dos Santos[5]; Leidjane Maria Maciel de Oliveira[6]

RESUMO – O Semiárido brasileiro apresenta elevada vulnerabilidade às secas e às mudanças ambientais, tornando fundamental o monitoramento de extremos climáticos e das transformações da paisagem. Este estudo analisou tendências de extremos de precipitação e mudanças de uso e cobertura da terra na Unidade de Planejamento do rio Brígida (UP-13), Pernambuco, entre 1985 e 2023. Índices climáticos de precipitação (PRECTOT, RX1day, RX5day, CDD e CWD) calculados com dados BR-DWGD, e informações do MapBiomas (Coleção 10), foram avaliados pelo teste de Mann-Kendall. Os resultados indicaram redução da precipitação anual, aumento dos períodos secos e diminuição significativa dos períodos chuvosos consecutivos (CWD: $\tau = -0{,}31$; $p < 0{,}05$), evidenciando maior irregularidade pluviométrica. Todas as classes de uso da terra apresentaram tendências significativas ($p < 0{,}05$), destacando-se a severa redução da vegetação ($\tau = -0{,}98$) e dos corpos hídricos ($\tau = -0{,}47$), em contraste com a expansão da agricultura ($\tau = 0{,}87$), pastagens ($\tau = 0{,}61$) e solo exposto ($\tau = 0{,}58$). Os resultados evidenciaram que a ocorrência simultânea da degradação da terra e da irregularidade das chuvas aumenta a vulnerabilidade hidroclimática da região, fornecendo subsídios para a gestão sustentável dos recursos hídricos.

ABSTRACT – The Brazilian Semiarid region is highly vulnerable to droughts and environmental changes, making the monitoring of climate extremes and landscape transformations essential. This study analyzed trends in precipitation extremes and land use and land cover changes in the Brígida River Planning Unit (UP-13), Pernambuco State, Brazil, from 1985 to 2023. Precipitation climate indices (PRECTOT, RX1day, RX5day, CDD, and CWD) derived from BR-DWGD data and land use and land cover information from MapBiomas Collection 10 were evaluated using the Mann–Kendall test. The results indicated a decrease in annual precipitation, an increase in dry periods, and a significant reduction in consecutive wet days (CWD: $\tau = -0.31$; $p < 0.05$), highlighting greater rainfall irregularity. All land-use classes exhibited significant trends ($p < 0.05$), with notable reductions in vegetation cover ($\tau = -0.98$) and water bodies ($\tau = -0.47$), alongside the expansion of agriculture ($\tau = 0.87$), pasturelands ($\tau = 0.61$), and bare soil ($\tau = 0.58$). The findings demonstrate that the combined effects of land degradation and increasing rainfall irregularity intensify the hydroclimatic vulnerability of the region, providing important insights for sustainable water resources management.

Palavras-Chave – Extremos climáticos; Mann-Kendall; Recursos Hídricos.

[1]) Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – DECIV, Centro de Tecnologia e Geociências – CTG, Universidade Federal de Pernambuco - UFPE. Rua Acadêmico Hélio Ramos, s/n, Cidade Universitária, 50.740-530 - Recife - PE – Brasil. Fone: +55 81 2126.8000. E-mail: juliana.fmoraes@ufpe.br
[2]) Doutoranda, PPGEC, DECIV, CTG, UFPE. E-mail: estephania.jovino@ufpe.br
[3]) Doutoranda, PPGEC, DECIV, CTG, UFPE. E-mail: camila.salgueiro@ufpe.br
[4]) Professor Associado, PPGEC, DECIV, CTG, UFPE. E-mail: anderson.paiva@ufpe.br
[5]) Professora Titular, PPGEC, DECIV, CTG, UFPE. E-mail: sylvana.santos@ufpe.br
[6]) Professora Adjunto, PPGEC, DECIV, CTG, UFPE. E-mail: leidjane.oliveira@ufpe.br

1 – INTRODUÇÃO

A região Semiárida do Brasil é caracterizada por uma complexa dinâmica hidroclimática e por uma limitação na disponibilidade hídrica. Diversos estudos relatam a ocorrência histórica de episódios severos de seca ao longo dos anos no Nordeste brasileiro (Marengo et al., 2017; Silva et al., 2020; Santos et al., 2022). Esses eventos têm sido intensificados pelas mudanças climáticas e pela degradação ambiental antrópica, o que altera a frequência, a intensidade e a duração dos extremos climáticos. Como consequência, observam-se efeitos adversos sobre os ecossistemas e os recursos hídricos, gerando severos impactos socioeconômicos para a população (Marengo, 2024).

Esses efeitos adversos são potencializados pela intensa expansão das atividades agropecuárias e pela supressão da vegetação nativa da Caatinga (Demartelaere *et al.*, 2022), processos que alteram diretamente o comportamento hidrológico local, influenciando o escoamento superficial, a capacidade de infiltração de água no solo e a consequente recarga de aquíferos. Diante desse cenário, o emprego de ferramentas de sensoriamento remoto viabiliza o monitoramento histórico dessas transições de cobertura da terra, permitindo avaliar os impactos antrópicos sobre a paisagem ao longo das últimas décadas (Jardim *et al.*, 2022).

Nesse contexto, os impactos sobre a dinâmica dos recursos hídricos estão associados ao aumento na frequência e na intensidade de eventos extremos. Desse modo, a análise de índices de extremos hidroclimáticos, como a duração de períodos secos consecutivos (CDD) e a magnitude de chuvas intensas e concentradas (RX1DAY e RX5DAY), são importantes para compreender as alterações nos padrões climáticos regionais (Zhang e Yang, 2004; Soares *et al.*, 2024). Para viabilizar esse estudo, o projeto XHidro surge como uma ferramenta tecnológica, permitindo o processamento e a modelagem direta de índices de extremos a partir de séries históricas de dados meteorológicos (Araújo *et al.*, 2025)

Diante disso, a Unidade de Planejamento do Rio Brígida (UP-13), localizada no Semiárido do estado de Pernambuco, apresenta-se como uma área sensível à escassez de água e às variações do clima. Compreender como a cobertura da terra e os extremos de precipitação têm se comportado nessa região é essencial para o planejamento ambiental. Desse modo, o objetivo deste trabalho é analisar as tendências temporais (1985–2023) na cobertura da terra e nos índices de extremos climáticos na UP do Rio Brígida de forma a fornecer subsídios estratégicos para a gestão integrada e resiliência hídrica.

2 - METODOLOGIA

A área de estudo compreende a Unidade de Planejamento do Rio Brígida (UP-13), localizada no alto Sertão pernambucano, com área de 13.495,73 km², correspondendo a 13,73% do território estadual (APAC, 2026) (Figura 1). A região apresenta expressiva variabilidade topográfica, com altitudes entre 326 e 974 m, destacando-se as maiores elevações na porção norte, associadas à Chapada do Araripe.

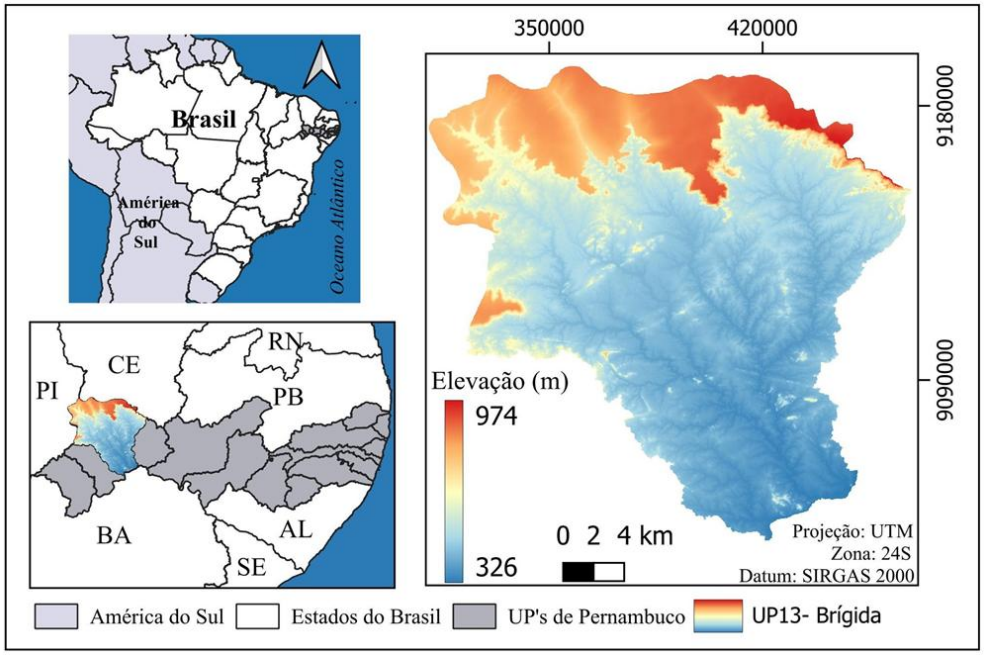


Figura 1 – Localização da Unidade de Planejamento Brígida (UP-13) em Pernambuco, Brasil. Fonte: Autores (2026). Base geográfica extraída de: IBGE (2025); modelo digital de elevação do Shuttle Radar Topography Mission SRTM.

A precipitação na área de estudo apresenta elevada variabilidade espacial, com média anual de 576,96 mm (Soares *et al.*, 2025). Os maiores totais pluviométricos ocorrem na porção norte da UP-13, especialmente na Chapada do Araripe, onde as condições topográficas e a maior cobertura vegetal favorecem a ocorrência de chuvas mais intensas (Sousa *et al.*, 2023).

Aquisição de dados de precipitação e uso e cobertura da terra

A aquisição dos dados de precipitação proveniente da base de dados BR-DWGD (Xavier *et al., 2022*) e o processamento dos índices de extremos climáticos baseados no ETCCDI (*Expert Team on Climate Change Detection and Indices*), foram realizados através da plataforma XHidro (disponível em https://www.xhidro.com/) com o ecossistema de ferramentas HidroTools (Araújo *et al.*, 2025). Para isso, foram utilizadas as ferramentas "Climate2CSV", onde foram adquiridas as séries temporais de precipitação diária para o período de 1985 a 2023 a partir da delimitação da área da bacia; e "Índices Climáticos" onde foram processados os índices PRECTOT (Precipitação total anual

acumulada), RX1day (Precipitação máxima em 1 dia), RX5day (Precipitação máxima acumulada em 5 dias consecutivos), CDD (dias secos consecutivos) e CWD (dias chuvosos consecutivos), conforme equações 1, 2, 3, 4 e 5. Os resultados foram exportados em arquivos .csv e as imagens foram geradas no RStudio versão 2025.09.01.

$$PRECTOT = \sum_{i=1}^{n} P_i \quad (1)$$

$$RX1day = max(P_i) \quad (2)$$

$$RX5day = max(\sum_{j=i}^{i+4} P_j) \quad (3)$$

$$CDD = \max(sequência\ de\ dias\ com\ P < 1\ mm) \quad (4)$$

$$CWD = \max(sequência\ de\ dias\ com\ P \geq 1\ mm) \quad (5)$$

em que Pi é a precipitação observada no dia i (mm); e Pj é a precipitação para os dias pertencentes à janela móvel de cinco dias consecutivos (mm).

Os dados de uso e cobertura da terra foram obtidos do Projeto Mapbiomas Coleção 10 através da plataforma de processamento em nuvem *Google Earth Engine* (GEE), que de acordo com Gorelick (2017) permite o acesso, processamento e análise de extensos conjuntos de dados geoespaciais de forma rápida e eficiente, onde foram extraídas as informações correspondentes à área da UP-13, para o período de 1985 a 2023. Em seguida, as classes originais foram reclassificadas em categorias mais abrangentes, com o objetivo de agrupar categorias semelhantes e simplificar as análises espaço-temporais das mudanças no uso e cobertura da terra ao longo da série histórica.

Análise Estatística - Teste Mann-Kendall

A identificação de tendências temporais na série histórica (1985–2023) de uso e cobertura da terra e dos índices de extremos de precipitação foi realizada por meio do teste estatístico não-paramétrico de Mann-Kendall, associado ao coeficiente de correlação de postos de Kendall (τ), com o valor variando em um intervalo de -1 a +1, indicando a força e a direção da associação temporal. O teste foi aplicado para cada classe de dados anuais obtidos da plataforma MapBiomas e dos dados anuais processados para cada índice de extremos de precipitação. O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$) como critério para a rejeição da hipótese nula de ausência de tendência na série.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise da precipitação total anual (PRECTOT) na UP-13 revelou elevada variabilidade interanual ao longo do período de 1985 a 2023 (Figura 2), com média histórica de aproximadamente 610 mm. A linha de tendência linear indicou uma inclinação negativa ao longo dos anos,

acompanhando uma sequência de anos com volumes de precipitação abaixo da média histórica nas décadas mais recentes, como acontece entre 2011 e 2018, período marcado por um forte evento de seca em toda a região Nordeste (Marengo *et al.*, 2017).

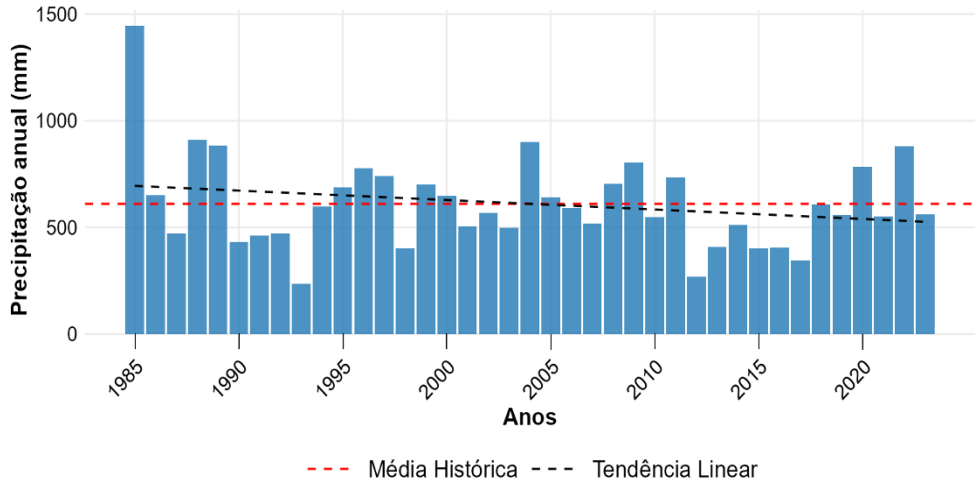


Figura 2 – Precipitação total anual (PRECTOT) para a UP-13 no período de 1985-2023. Fonte: Os autores (2026).

Os índices extremos de precipitação reforçam a variabilidade climática da região (Figura 3). O RX1day apresentou valores entre 14 e 61 mm e leve tendência de aumento, apesar de não significativa (τ = -0,012, p > 0,05), enquanto o RX5day variou entre 30 e 156 mm e exibiu tendência de redução não significativa (τ = -0,097, p > 0,05).

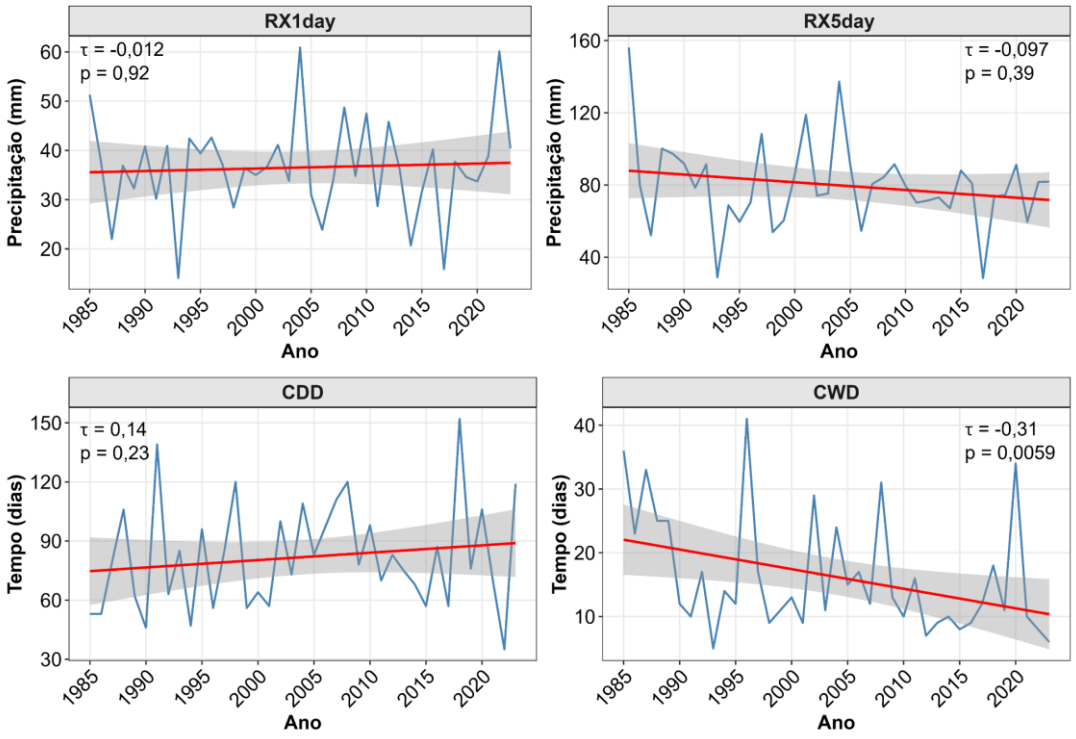


Figura 3 – Tendência temporal dos Índices Extremos de precipitação na UP-13 para o período de 1985-2023. Fonte: Os autores (2026).

Esses resultados sugerem que eventos intensos de curta duração podem estar se tornando mais frequentes, ao mesmo tempo em que eventos prolongados tendem a ocorrer com menor intensidade. Os índices de persistência apresentaram tendências opostas. O CDD variou entre 35 e 151 dias e mostrou tendência crescente, porém não significativa (τ = 0,14, p > 0,05), indicando redução consistente da duração dos períodos chuvosos consecutivos ao longo das últimas décadas. Por outro lado, o CWD oscilou entre 5 e 41 dias e apresentou tendência decrescente significativa (τ = -0,31, p < 0,05), evidenciando redução da persistência de dias chuvosos. Em conjunto, esses resultados apontaram para uma maior irregularidade do regime pluviométrico, caracterizada por estiagens mais prolongadas e menor continuidade das chuvas. Comportamento semelhante foi observado por Nóbrega *et al.* (2015), que identificaram tendência de concentração das chuvas em poucos dias e aumento da irregularidade pluviométrica no Sertão de Pernambuco.

A Figura 4 apresenta as anomalias anuais dos índices calculados em relação à média histórica. O RX1day apresentou anomalias que oscilaram entre -22 mm e +25 mm, enquanto o RX5day apresentou maiores amplitudes, com variações entre -50 mm e +75 mm, com destaque para anomalias positivas nos primeiros anos da série.

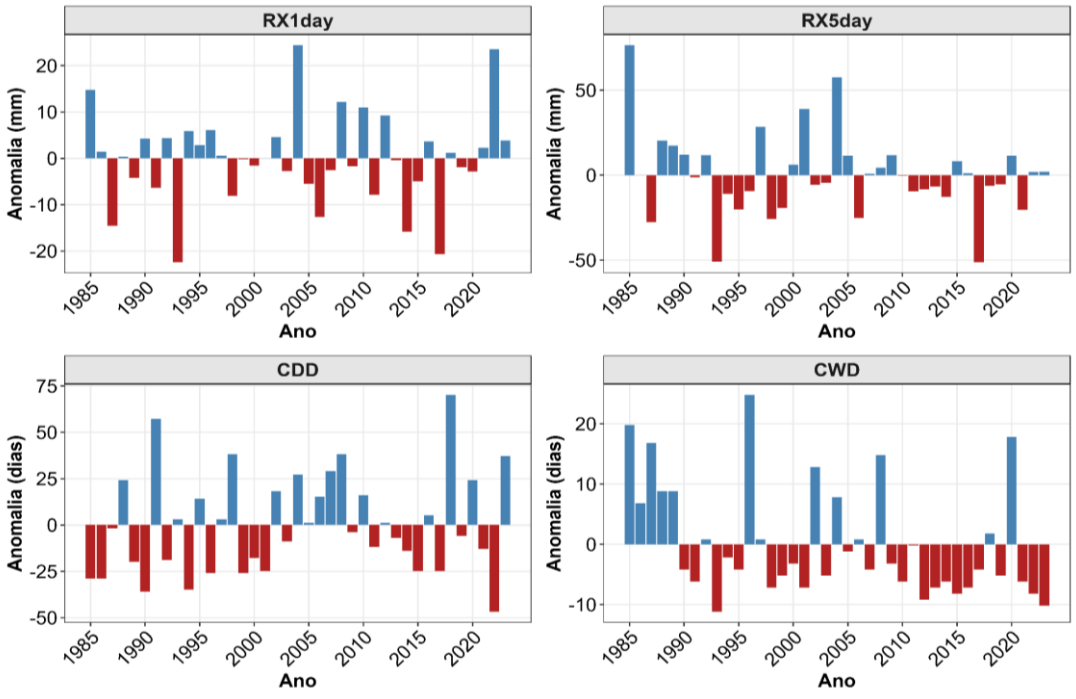


Figura 4 – Anomalia dos índices extremos de precipitação para o período de 1985-2023. Fonte: Os autores (2026).

Já o CDD apresentou anomalias entre -47 e +70 dias, com predominância de anomalias positivas a partir de 2002, indicando maior frequência de anos secos. O CWD apresentou predominância de anomalias negativas principalmente após o ano de 2010, refletindo a redução da duração dos períodos chuvosos consecutivos na região. Esses resultados condizem com episódios de

seca documentados na literatura, como os ocorridos entre 1998-1999, 2001-2002, e 2012-2016 (Marengo *et al.*, 2017).

Esse resultado reforça a hipótese de mudanças no padrão de distribuição temporal das chuvas na área de estudo. Soares *et al.* (2024), identificaram tendências positivas significativas para o índice CDD na região Agreste do estado de Pernambuco, indicando o aumento da frequência de anos secos consecutivos. Santana *et al.* (2024) também identificaram tendência negativa não significativa para o índice RX5day em região da Unidade de Planejamento do Pontal, que faz fronteira com a UP-13, reforçando os resultados aqui obtidos.

Os resultados do teste de Mann-Kendall aplicados às séries temporais de uso e cobertura da terra na Unidade de Planejamento do Rio Brígida (UP13) (Figura 5) apontam intensas modificações ao longo dos 38 anos analisados. Todas as classes apresentaram tendências estatisticamente significativas ($p < 0,05$). A classe de "vegetação" apresentou uma perda persistente em toda a série histórica ($\tau = -0,98$).

A classe de "água" também apresentou tendência significativa de redução ($\tau = -0,47$). A série apresenta picos isolados de recuperação (Figura 5a) em anos de maior pluviosidade na região, como nos períodos de 2004–2005 e 2008–2009 (Figura 2), porém a trajetória de longo prazo é de redução. Após a seca plurianual iniciada em 2012, os espelhos de água superficiais na UP Brígida sofreram uma forte redução, mantendo-se criticamente baixos até 2023.

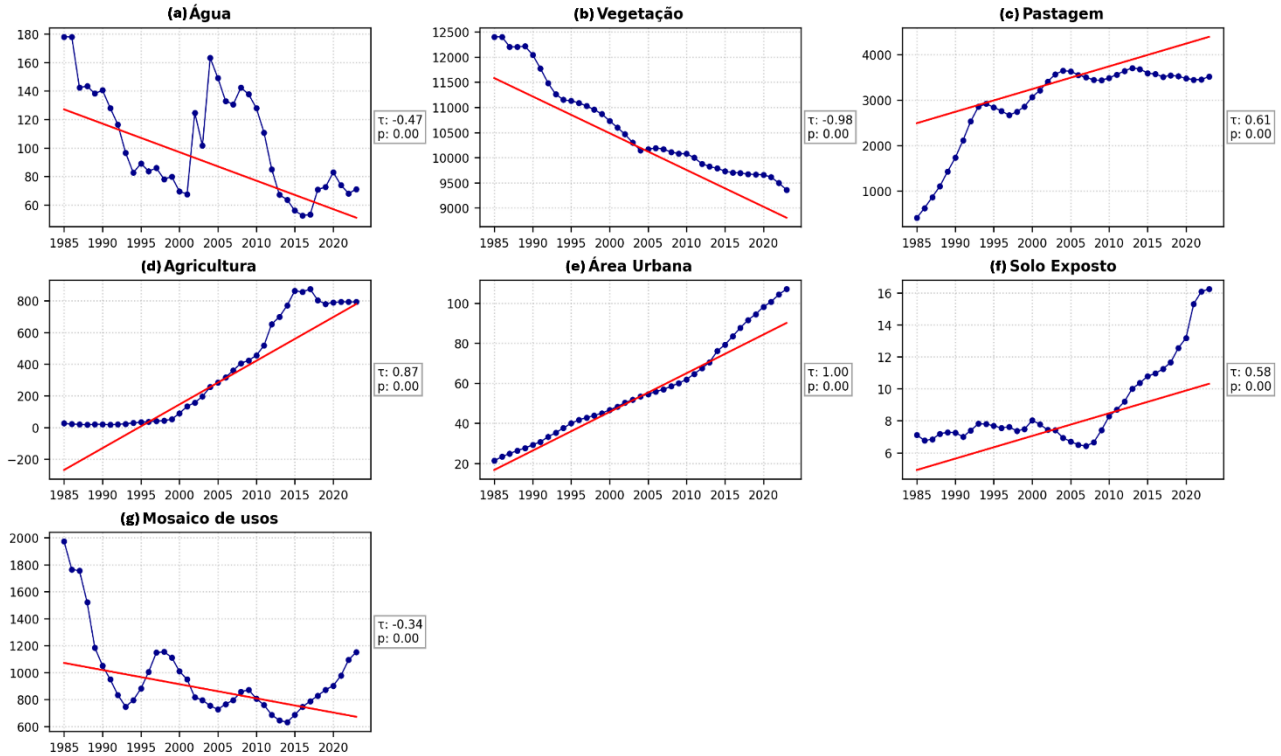


Figura 5 – Tendência de Uso e Cobertura do Solo na UP13-Brígida no período de 1985-2023. Fonte: Os autores (2026).

Em contraste, as atividades humanas se expandiram na bacia. Entre os anos de 1985 e meados da década de 1990, a classe de "pastagem" apresentou um aumento expressivo ($\tau = 0,61$), mantendo-se estável e elevada nos anos seguintes (Figura 5c). A classe de "agricultura" também apresentou um padrão de crescimento contínuo ($\tau = 0,87$), com avanço mais expressivo a partir dos anos 2000. A "área urbana", embora ocupe a menor proporção territorial na bacia, demonstrou uma tendência de crescimento positiva e linear ($\tau = 1$). Já a classe "mosaico de usos" apresentou tendência de declínio ($\tau = -0,34$); essa categoria agrupa áreas mistas e fragmentadas entre agricultura e pastagem.

A classe de "solo exposto" apresentou uma tendência de aumento ($\tau = 0,58$), concentrada principalmente após o ano de 2010. Esse comportamento está associado à ocorrência da severa seca plurianual que se iniciou no ano de 2012 e intensificação das atividades humanas, relatadas por diversos autores em estudos no Nordeste brasileiro (Marengo *et al.*, 2017; Jardim *et al.*, 2022; Soares *et al.*, 2024). A ausência prolongada de chuvas na região reduziu a umidade do solo e impactou diretamente os setores de agricultura e pecuária, deixando a superfície exposta aos processos de degradação da terra e severos impactos socioeconômicos (Marengo, 2024). Esse cenário eleva significativamente a susceptibilidade da região à erosão do solo.

As mudanças no uso e cobertura da terra ocorreram simultaneamente às alterações observadas nos índices extremos de precipitação. A redução da vegetação e a expansão de áreas agrícolas, pastagens e solo exposto podem influenciar o balanço hídrico local, contribuindo para o aumento dos períodos secos consecutivos (CDD) e a redução dos períodos chuvosos consecutivos (CWD). Esse cenário sugere uma crescente vulnerabilidade hidroclimática na UP-13.

Embora as alterações nos índices extremos de precipitação na região Nordeste sejam governadas por forçantes macroclimáticas, como o El Niño-Oscilação Sul (ENOS) e as anomalias de Temperatura da Superfície do Mar no Atlântico (Vásquez *et al.*, 2026), as intensas mudanças no uso e cobertura da terra observadas na UP-13 atuam como um mecanismo de retroalimentação local. A substituição da vegetação nativa por usos antrópicos reduz a evapotranspiração e eleva a temperatura da superfície, levando ao agravamento de períodos secos (CDD) e à diminuição de umidade do solo, aumentando a vulnerabilidade hídrica da bacia aos déficits hídricos (Dai *et al.*, 2018)

4 - CONCLUSÃO

A análise dos índices extremos de precipitação na Unidade de Planejamento do rio Brígida (UP-13) evidenciou elevada variabilidade hidroclimática entre 1985 e 2023. Observou-se tendência de redução da precipitação total anual (PRECTOT), aumento dos períodos secos consecutivos (CDD) e redução significativa dos períodos chuvosos consecutivos (CWD), indicando maior irregularidade na distribuição temporal das chuvas. Paralelamente, as análises de uso e cobertura da terra revelaram

redução da vegetação e das superfícies de água, associada à expansão de áreas agrícolas, pastagens, áreas urbanas e solo exposto. Em conjunto, esses resultados sugerem o aumento da vulnerabilidade hidroclimática da bacia, reforçando a importância de estratégias de conservação ambiental e gestão sustentável dos recursos hídricos para o Semiárido pernambucano.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES – Código de Financiamento 001, pela concessão de bolsas de doutorado à primeira autora (n. 88887.284584/2026-00) e à terceira autora (n. 88887.134583/2025-00) e à FACEPE pela bolsa de doutorado concedida à segunda autora (Processo n. 0198-3.01/23).

REFERÊNCIAS

APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima. (2026) Bacias Hidrográficas–Rio Brígida. Disponível em: https://www.apac.pe.gov.br/169-bacias-hidrograficas-rio-pajeu/202-bacia-do-riopajeu. Acesso em: junho de 2026.

ARAUJO, D.C.A.; RODRIGUES, A.B.; FARIAS, V.E.M. (2025) HidroTools - Integrated Tools for Hydroclimatic Data Analysis v1.3. Zenodo. https://doi.org/10.5281/zenodo.16920099

DAI, A.; ZHAO, T.; CHEN, J. (2018). *"Climate change and drought: a precipitation and evaporation perspective."* Current Climate Change Reports 4 (3), pp. 301-312. https://doi.org/10.1007/s40641-018-0101-6.

DEMARTELAERE, A.C.F.; FEITOSA, S.D.S.; LEÃO, F.D.A.N.; COSTA, B.P.; DEUS, A.S.; CÂMARA, Y.P.; SILVA, M.C.T. (2022) *"Revisão bibliográfica: impactos em áreas nativas da caatinga causadas pelas atividades econômicas e as técnicas de reflorestamento."* Brazilian Journal of Development 8 (4), pp. 25285-25306. https://doi.org/10.34117/bjdv8n4-176

GORELICK, N.; HANCHER, M.; DIXON, M.; ILYUSHCHENKO, S.; THAU, D.; MOORE, R. (2017). *"Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone."* Remote sensing of Environment 202, pp. 18-27. https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Malha Municipal. Brasil, (2025). Disponível em: https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacaodo-territorio/malhas-territoriais/15774-malhas.html?=&t=acesso-ao-produto. Acesso em: jun de 2026.

JARDIM, A.M.D.R.F., ARAUJO JUNIOR, G.D.N., SILVA, M.V.D., SANTOS, A.D., SILVA, J.L.B.D., PANDORFI, H., SILVA, T. G. F. D. (2022). *"Using remote sensing to quantify the joint effects of climate and land use/land cover changes on the caatinga biome of northeast Brazilian."* Remote Sensing 14 (8), pp. 1911. https://doi.org/10.3390/rs14081911

MARENGO, J. A.; ALVES, L. M.; ALVALA, R. C.; CUNHA, A. P.; BRITO, S.; MORAES, O. L. (2017). *"Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region"* inAnais da Academia Brasileira de Ciências 90 (2), 2017, pp. 1973-1985. https://doi.org/10.1590/0001-3765201720170206

MARENGO, J. A. (2024). *"Impactos sociais dos eventos climáticos extremos."* Ciência e Cultura 76 (3),, pp. 01-08.

NÓBREGA, R. S.; FARIAS, R.F.L.; SANTOS, C.A.C. (2015). *"Variabilidade temporal e espacial da precipitação pluviométrica em Pernambuco através de índices de extremos climáticos."* Revista Brasileira de Meteorologia 30(2), pp. 171-180. https://doi.org/10.1590/0102-778620130624

SANTANA, A.C.A.; RODRIGUES JUNIOR, J.C.; BARROS, T.H.; ROCHA, N.; BENDER, F. D.; CIRILO, J.A.; PAIVA, A.L.R. (2024). *"Estudo de tendência de mudanças climáticas, eventos extremos e análise comparativa entre dois municípios de regiões distintas do semiárido pernambucano."* Geografia Ensino & Pesquisa 28, pp. e86280-e86280. https://doi.org/10.5902/2236499486280

SANTOS, C.T.B.; CORREIA FILHO, W.L.F.; DE OLIVEIRA-JÚNIOR, J.F.; BARROS SANTIAGO, D.; BATISTA, B.A. (2022). *"Avaliação do comportamento Vegetation Health Index no diagnóstico de secas no Nordeste brasileiro."* Research, Society and Development 11 (4), pp. e54011427890-e54011427890. https://doi.org/10.33448/rsd-v11i4.27890

SILVA, D.F.; LIMA, M.J.D.S.; SOUZA NETO, P.F.; GOMES, H.B.; SILVA, F.D.D.S.; ALMEIDA, H.R.R.C.; PEREIRA, M. (2020). *"Caracterização de eventos extremos e de suas causas climáticas com base no índice Padronizado de Precipitação Para o Leste do Nordeste."* Revista Brasileira de Geografia Física 13 (2), pp. 449-464. https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.2.p449-464

SOARES, D.R.; MORAIS, J.F.S.D.; ARAÚJO, D.C.D.S.; PAIVA, A.L.R.D.; OLIVEIRA, L.M.M.D. (2025). *"Spatiotemporal Dynamics of Vegetation Cover and Drought Conditions in the Semi-Arid Region of Brazil."* Sociedade & Natureza 37, pp. e77229. https://doi.org/10.14393/SN-v37-2025-77229

SOARES, M.A.; ANDRADE, G.S.; ALMEIDA, F.F.A.; SILVA, A.S.; GALVINCIO, J.D.; SOUZA, W.M. (2024). *"Impactos dos Extremos Climáticos de Precipitação Pluviométrica no Uso e Cobertura do Solo no Agreste de Pernambuco".* Revista Brasileira de Geografia Física 17 (4), pp. 3069–3083. https://doi.org/10.26848/rbgf.v17.4.p3069-3083

SOUSA, L.B.; MONTENEGRO, A.A.A.; SILVA, M.V.; ALMEIDA, T.A.B.; CARVALHO, A.A.; SILVA, T.G.F.; LIMA, J.L.M.P. (2023). *"Spatiotemporal analysis of rainfall and droughts in a semiarid basin of Brazil: land use and land cover dynamics".* Remote Sensing 15(10), pp. 2550. https://doi.org/10.3390/rs15102550

VÁSQUEZ, P.I.L.; SÁNCHEZ, P.C.A.; ZERI, M.; AYUGA, J.G.R.; PAREJA-QUISPE, D.; KARAM, H.A.; & CALHEIROS, A.J. (2026). *"Multiscale Atlantic Forcing of ITCZ Shifts and Hydroclimatic Variability in Northeastern Brazil over the Last Millennium".* Earth Systems and Environment, pp. 1-24. https://doi.org/10.1007/s41748-026-01155-x

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), 8390-8404. https://doi.org/10.1002/joc.7731

ZHANG, X.; YANG, F. (2004). RClimDex (1.0) user manual. Climate Research Branch Environment Canada, 22, pp. 13-14.