

Influence of land use and land cover on rainfall data gaps in the northern metropolitan basin of Pernambuco

Jamylle Andressa Santos da Silva*, Rafael Carlos de Moura**, Maria Leidiane Ferreira*** Andrey Rafael Medeiros dos Santos**** Deyvid Henrique da Silva Paulo***** Josicléda Domiciano Galvêncio***** Verissimo Ribeiro Pinheiro Neto*****

* à **** Graduandos do curso de Bacharelado/Licenciatura em Geografia do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Recife/PE – Brasil; (jamylle.andressa@ufpe.br; rafael.carlosm@ufpe.br; leidiane.ferreira@ufpe.br; andrey.medeiros@ufpe.br; deyvind.henrique@ufpe.br)

***** Professora Titular do Departamento de Ciências Geográficas da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - PRODEMA. Recife/PE - Brasil; (josicleda.galvencio@ufpe.br)

***** Mestrando no Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Pernambuco, Recife-PE, Brasil; (verissimo.pinheiro@ufpe.br)

Received ;28 October accepted 07 April, 2026

ABSTRACT

This study aimed to analyze the influence of land use and occupation on the occurrence of gaps in rainfall data of the Northern Metropolitan Basin of Pernambuco, seeking to understand how different classes of use and occupation interfere with the quality of historical precipitation series. For this purpose, precipitation data provided by the Pernambuco Water and Climate Agency (APAC) were used, covering the period from 1961 to 2021. Land use and occupation information was obtained from MapBiomas Collection 10. The analysis allowed for the identification and quantification of gaps in the time series of rainfall stations and related them to the predominant use classes in their surroundings based on the rain gauge installation criteria of the National Water and Sanitation Agency (ANA). The results indicated that the basin presents a great predominance of urbanized areas, mosaic of uses, forest formation, and sugarcane cultivation, which presented significant volumes of gaps; in the years 1985 and 2021, these occupations expanded due to socio-spatial factors. It was observed that the predominant vegetation, depending on its size, acts as a physical barrier to rain collection, while urban areas also create physical barriers and microclimatic modifications. Thus, it is concluded that land use and occupation exert a direct influence on the reliability of rainfall records, making it essential to consider landscape characteristics in the planning and maintenance of the monitoring network.

Influência do uso e ocupação do solo nas falhas de dados pluviométricos da bacia metropolitana norte de Pernambuco

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo analisar a influência do uso e ocupação do solo na ocorrência de falhas em dados pluviométricos da Bacia Metropolitana Norte de Pernambuco, buscando compreender de que forma diferentes classes do uso e ocupação interferem na qualidade das séries históricas de precipitação. Para isso, foram utilizados dados de precipitação disponibilizados pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), abrangendo o período de 1961 a 2021. As informações de uso e ocupação do solo foram obtidas a partir da Coleção 10 do MapBiomas. A análise permitiu identificar e quantificar as falhas nas séries temporais das estações pluviométricas e relacioná-las com as classes de uso predominantes em seu entorno baseado nos critérios de instalação de pluviômetros da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Os resultados indicaram que a bacia apresenta uma grande predominância em áreas urbanizadas, mosaico de usos, formação florestal e cultivo de cana-de-açúcar, as quais apresentaram volumes significativos de falhas, nos anos de 1985 e 2021, essas ocupações se expandiram devido a fatores socioespaciais. Observou-se que as vegetações predominantes dependendo do porte atuam como barreiras físicas à captação da chuva, enquanto áreas urbanas também criam barreiras físicas e modificações microclimáticas. Dessa forma, conclui-se que o uso e ocupação do solo exerce influência direta sobre a confiabilidade dos registros pluviométricos, sendo essencial considerar as características da paisagem no planejamento e manutenção da rede de monitoramento.

Palavras-chaves: precipitação, geoprocessamento, recursos hídricos, qualidade de dados, uso e ocupação do solo.

Introdução

A precipitação é uma variável fundamental na Geografia, pois atua de forma direta na dinâmica de diversos sistemas. O estudo desse fenômeno é essencial para o desenvolvimento de modelos climáticos e para a previsão de eventos extremos, como inundações e secas. A análise da tendência de séries históricas de precipitação é uma das maneiras de se determinar a ocorrência de mudança climática local. (Silva; Montenegro; Souza, 2017).

Dados de precipitação são coletados por estações automáticas e convencionais. Essas informações formam séries históricas que mostram como a chuva se comporta em uma área específica. Entretanto, é comum que as séries de dados tenham falhas, o que afeta a qualidade e a confiabilidade de qualquer análise.

ANA (2016) destaca que essas interrupções no monitoramento ocorrem tanto de questões estruturais quanto, e principalmente, de fatores ambientais. Estruturalmente, a ocupação desordenada, a violência e a ausência do poder público resultam na localização das estações em áreas de difícil acesso ou vulneráveis a vandalismo, o que impede a manutenção e provoca falhas operacionais. Paralelamente, os aspectos ambientais intensificados pela ocupação inadequada fragilizam o próprio local de instalação.

O estudo da relação entre o uso e ocupação do solo e as falhas em séries de dados pluviométricos insere-se em uma abordagem essencialmente geográfica, na qual o espaço é entendido como resultado das interações entre sociedade e natureza (Suertegaray, 2003). Na bacia metropolitana norte de Pernambuco, essas interações se expressam em um território marcado por forte urbanização, expansão irregular, degradação ambiental e desigualdade socioespacial, conforme aponta Fritzen e Binda (2011) a forma como o espaço geográfico é ocupado reflete nos processos hidrológicos.

Sendo assim, discutir as falhas de dados pluviométricos sob a ótica geográfica implica compreender que o território não é neutro, condiciona e é condicionado pela capacidade de observação científica. A caracterização em detalhe da área é essencial para um melhor planejamento (Silva e Galvêncio, 2020). As áreas mais vulneráveis, onde os dados são mais escassos, são justamente aquelas mais afetadas por eventos extremos e carências estruturais.

Esse trabalho busca analisar a influência do uso e ocupação do solo na ocorrência de falhas em estações pluviométricas convencionais da Bacia Metropolitana Norte de Pernambuco, pois o uso e a ocupação do solo exercem influência significativa sobre diversas variáveis. Todas as etapas do ciclo hidrológico, incluindo infiltração, escoamento, evapotranspiração e recarga subterrânea são diretamente ou indiretamente afetadas pela forma como o território é ocupado. A alteração na cobertura do solo influenciará diretamente a quantidade e a qualidade da água (Santos, 2013).

A partir disso, o estudo tem o intuito de realizar uma análise temporal do uso e ocupação do solo no entorno de cada estação pluviométrica da bacia hidrográfica e evidenciar sua correlação com as falhas, além de identificar e quantificar as falhas existentes nas séries históricas de precipitação das estações.

2. Material e métodos

Área de estudo

A Unidade de Planejamento Hídrico UP02, metropolitana norte, que representa o grupo de bacias de pequenos rios litorâneos 1 - GL1, situa-se no litoral norte do Estado de Pernambuco, entre 07° 35' 12" e 08° 03' 48" de latitude sul, e 34° 48' 46" e 35° 11' 33" de longitude oeste. O grupo GL1 limita-se ao norte com a bacia do rio Goiana (UP01), ao sul com a bacia do rio Capibaribe (UP03), ao leste com o oceano Atlântico e, a oeste, com as bacias dos rios Goiana e Capibaribe (APAC, 2022).

De acordo com a APAC (2022) as principais bacias hidrográficas de Pernambuco possuem duas regiões de drenagem: o rio São Francisco e o Oceano Atlântico. As bacias que drenam para o rio São Francisco fazem parte do conjunto de rios interiores, enquanto as bacias que drenam para o Oceano Atlântico formam os denominados rios litorâneos. A UP02 escoar para o Oceano Atlântico e faz parte dos rios litorâneos. A bacia apresenta 1.1620,24 Km² de drenagem (CPRH, 2022).

A área de estudo está inserida na Região Metropolitana do Recife (RMR), tendo o clima considerado Tropical Úmido, caracterizado por temperaturas elevadas e chuvas concentradas entre abril e julho, durante o outono-inverno, sendo influenciada principalmente pelos ventos alísios de sudeste, a Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL) (Melo e Santos, 2019).

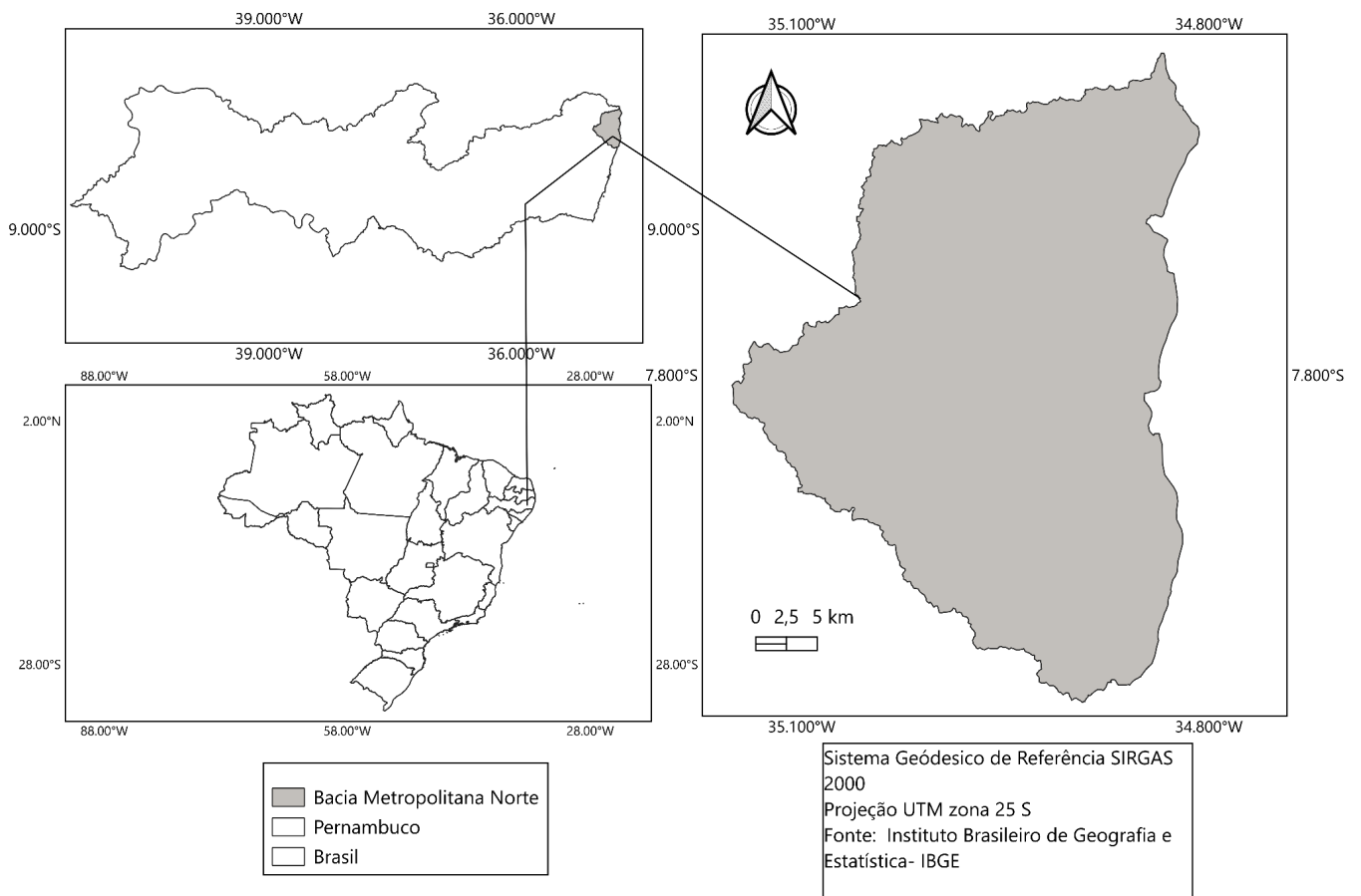


Figura 1- Localização espacial da área em estudo. Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Banco de Dados

O estudo foi desenvolvido utilizando como base de dados a precipitação das estações disponibilizada pela APAC e os shapes do IBGE para o mapa de localização da área de estudo, e o Modelo Digital de Elevação (MDE) gerado a partir do projeto Topodata, além da classificação do uso e ocupação do solo a partir do Mapbiomas.

Metodologia

O estudo foi realizado a partir da análise de dados de precipitação a partir de estações convencionais e a utilização da ferramenta de geoprocessamento Qgis, com o intuito de avaliar a qualidade das séries históricas e sua relação com as características do uso e ocupação do solo.

A base de dados da pesquisa consistiu na série histórica de precipitação disponibilizada pela Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC), abrangendo o período de 1961 a 2021, com total de 17 estações.

O procedimento inicial focou na avaliação da qualidade dos dados, realizando o levantamento das falhas nas séries de cada estação por meio do índice de falhas -99, que é um indicativo de dados falhados

ou inexistentes. Através desse parâmetro foi realizada uma filtração dos dados na série das estações. Com os resultados obtidos, as estações foram classificadas, identificando as que possuem os maiores e os menores índices de falhas ao longo da série histórica.

Posteriormente, foram desenvolvidos gráficos de falhas específicas, que serviram para visualizar e analisar a distribuição de acordo com o uso e ocupação do solo.

Para realizar a interpretação dos dados e a análise espacial foram criados mapas utilizando a Coleção 10 do MapBiomas como a base cartográfica de cobertura e uso da terra. Esta coleção oferece uma série histórica de mapas anuais, cobrindo o período de 1985 a 2024, com uma resolução espacial de 30 metros para o Brasil (MapBiomas, 2025).

O funcionamento da Coleção 10 baseia-se na metodologia detalhada no seu Documento de Base Teórica do Algoritmo (ATBD). Este processo utiliza imagens de satélite Landsat e é executado na plataforma Google Earth Engine, onde algoritmos avançados de Inteligência Artificial são aplicados

para a classificação. O resultado é um mapeamento que identifica 30 classes de uso e cobertura do solo, incluindo nesta versão, a classe beta Parque Solar Fotovoltaico (MapBiomass, 2025).

Em uma etapa subsequente, as coordenadas geográficas de todas as estações pluviométricas foram plotadas diretamente sobre essa camada do mapa. Essa sobreposição espacial foi essencial para analisar as classes de uso e ocupação do solo em torno das estações, identificando as classes que mostraram predominância na área de influência.

Por fim, o trabalho focou na avaliação da influência das características da paisagem sobre a qualidade dos dados. O objetivo foi estabelecer uma correlação entre as estações com alto e baixos índices de falhas e o uso do solo ao entorno, a fim de evidenciar como os fatores de cobertura e ocupação do solo mapeados, podem estar associados aos padrões de falha na coleta de dados pluviométricos.

Código	Classe	Descrição
21	Mosaico de Usos	Áreas de uso agropecuário onde não foi possível distinguir entre pastagem e agricultura.
20	Cana-de-açúcar	Áreas cultivadas com a monocultura da cana-de-açúcar.
24	Área urbanizada	Áreas com significativa densidade de edificações e vias, incluindo infraestrutura e áreas livres de construções.
3	Formação Florestal	Tipos de vegetação caracterizados pela predominância de espécies arbóreas.

Quadro 1- Classes analisadas do MapBiomass, 2025

CÓDIGO	NOME	LATITUDE	LONGITUDE	MUNICÍPIO
281	P28	-7,6442	-34,9489	Goiana
351	P100	-7,8281	-34,915	Igarassu
448	P198	-7,9281	-34,9	Abreu e Lima
449	P199	-7,9989	-34,8589	Olinda
459	P209	-7,9919	-34,9058	Olinda
511	P265	-8,0014	-34,9353	Recife
515	P269	-7,8364	-35,0336	Igarassu
535	P294	-7,8117	-34,9092	Igarassu
547	P309	-7,7986	-35,1036	Araçoiaba
626	P415	-7,6442	-34,9489	Goiana
650	P441	-7,8167	-34,9667	Igarassu
657	P450	-7,6667	-34,9333	Goiana
658	P451	-7,9425	-34,8844	Paulista
685	P487	-7,6442	-34,9489	Goiana
702	P520	-7,8003	-34,9058	Itapissuma
706	P524	-7,8086	-34,8378	Itamaracá
722	P551	-8,01125	-34,8522	Olinda

Tabela 1– Informações das estações da APAC. Fonte: Elaborado pelos autores, 2025.

Resultados e discussão

O Gráfico 1 revela a predominância de quatro classes principais de uso e ocupação do solo no entorno das estações: áreas urbanizadas, mosaico de usos, formação florestal e cultivo de cana-de-açúcar. A distribuição dessas classes exerce influência direta e distinta na coleta de dados, evidenciando que a configuração do espaço interfere significativamente na qualidade das séries históricas de precipitação.

Sendo a bacia inserida em uma região metropolitana, a área urbanizada configura-se como a classe dominante. Esse cenário altera o comportamento hidrológico local, sobretudo através da impermeabilização do solo, que reduz a infiltração e intensifica o escoamento superficial (Amaral e Ross, 2025). Ademais, os asfaltos favorecem a formação de ilhas de calor, cujas altas temperaturas potencializam a instabilidade atmosférica e modificam os padrões locais de chuva.

A área urbanizada introduz barreiras físicas (edifícios) que obstruem a trajetória da chuva até o pluviômetro. Como aponta Prata (2005), as atividades humanas alteram o balanço energético e a dinâmica atmosférica das cidades, fazendo com que os dados coletados muitas vezes não representem fielmente a precipitação real.

As áreas classificadas como mosaico de usos abrangem atividades agrícolas e agropecuárias diversas. De acordo com Nascimento (2024), essa heterogeneidade resulta em uma cobertura vegetal variada, cujo impacto na coleta de dados oscila conforme o tipo e o porte da vegetação predominante em cada trecho.

Nas áreas de formação florestal e de cana-de-açúcar, o porte e a densidade da vegetação tornam-se fatores críticos, as folhas e copas densas interceptam parte da água antes que atinja o sensor, além de favorecer o processo de evapotranspiração, logo, o volume registrado pelo equipamento pode ser inferior ao valor real da chuva que ocorreu no local.

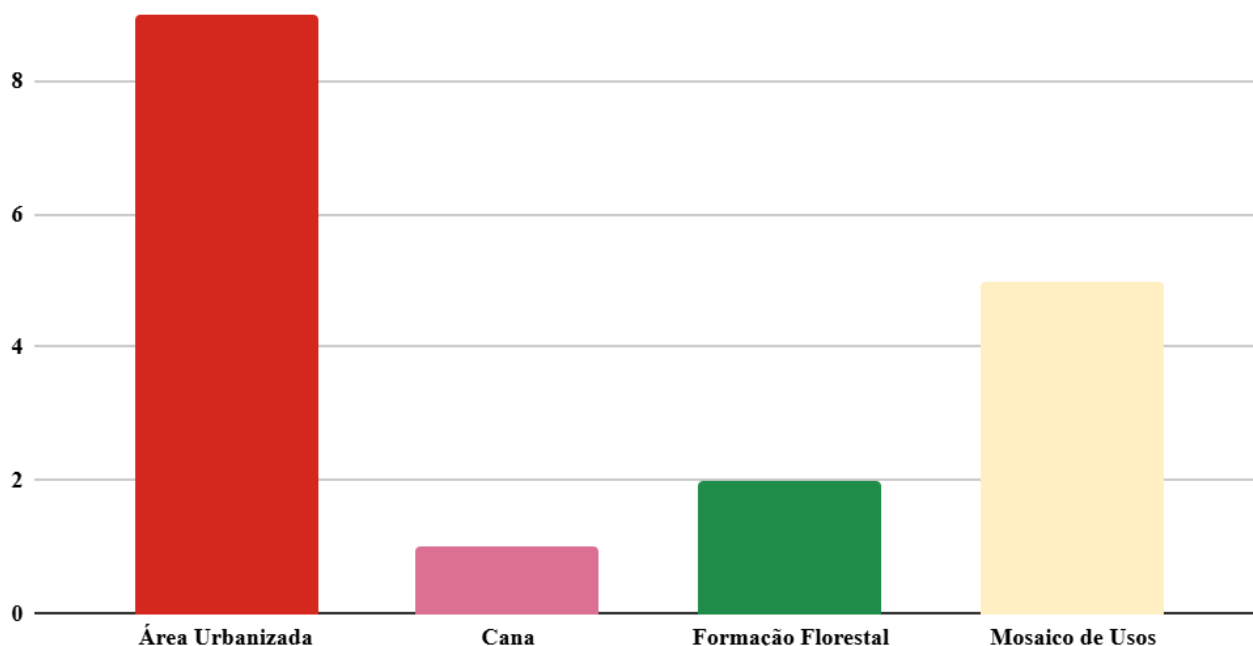


Gráfico 1-Classes predominantes do uso e ocupação do solo nas estações pluviométricas. Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

Essa relação entre uso do solo e qualidade dos dados fica mais nítida no Gráfico 2, que mostra a

quantidade de falhas por estação. As áreas com vegetação de grande porte apresentaram os maiores valores. A estação P441, localizada em área de

formação florestal, registrou 21.333 falhas (24,43%), sendo o maior valor observado. Já a estação P450, em área de cana-de-açúcar, apresentou 18.200 falhas (21,59%). Já no mosaico de usos, as estações P415 e P294 também mostraram valores elevados, com 18.268 (21,82%) e 16.604 falhas (20,53%). Isso reforça que, dependendo das características da vegetação, essas áreas também podem dificultar a captação da chuva. Nas áreas urbanizadas, a maioria das estações revelaram volumes significativos de

falhas, como P309, P551, P524, P520, P451, P265, P198 e P199, com valores entre 12.711 e 17.553 falhas (15,01% a 21,33%). Esse resultado confirma que a dinâmica urbana, com presença de edificações e alterações microclimáticas, podem interferir na medição da precipitação. Por outro lado, a estação P100 apresentou o menor número de falhas (3.688), mostrando que nem todas as áreas urbanas são igualmente afetadas, o que pode estar relacionado às condições específicas.

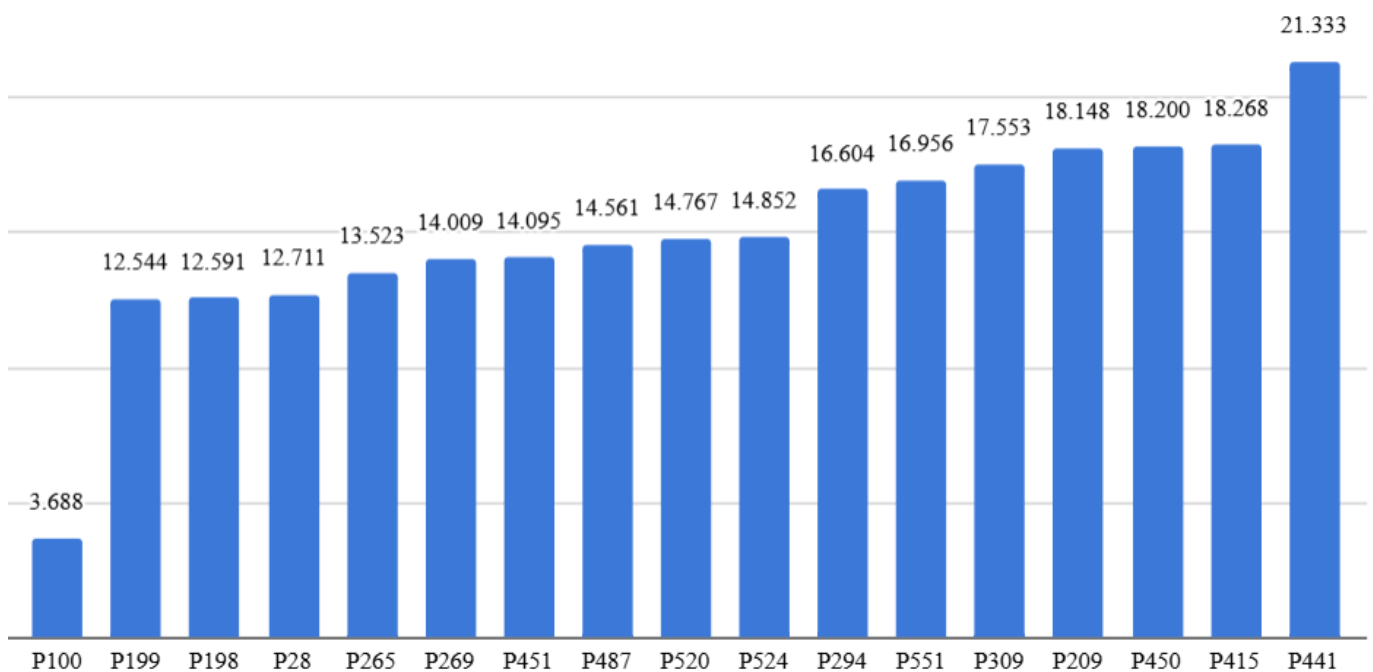


Gráfico 2- Quantidade de falhas das estações. Fonte: elaborado pelos autores, 2026.

De acordo com a ANA (2016), as estações pluviométricas devem ser instaladas em áreas abertas, livres de obstáculos como árvores e construções, que possam causar bloqueio ou turbulência. Além disso, recomenda-se manter uma distância mínima dos obstáculos equivalente a pelo menos duas vezes a sua altura. É considerado vital que o fluxo de ar seja o mais horizontal possível, o que implica evitar locais com relevos íngremes. A eficiência de coleta diminui à medida que a altura de instalação aumenta, já que a velocidade do vento cresce com a elevação. A instalação sobre telhados é desaconselhada, e é preciso garantir que respingos de poças ou gotejamento de estruturas próximas.

A manutenção é fundamental para corrigir o desgaste e as alterações ambientais (como crescimento de vegetação) que ocorrem com o tempo. Durante as visitas, o hidrometrista deve verificar o nivelamento do aro de captação e a rigidez

do mourão e fixações, reforçando a base do mourão com cimento se estiver solta. (ANA, 2016)

Ao analisar a mudança da paisagem entre 1985 e 2021 (Figura 2), observa-se uma expansão significativa das áreas urbanizadas. Esse processo está relacionado à dinâmica socioespacial de Pernambuco, especialmente entre as décadas de 1970 e 2000, período marcado por crise econômica e pelo enfraquecimento da monocultura da cana-de-açúcar. Como consequência, houve um intenso êxodo rural e crescimento desordenado da Região Metropolitana do Recife (Andrade e Braga, 2020).

Essa expansão urbana impacta diretamente a coleta dos dados pluviométricos, pois aumenta a quantidade de estações localizadas em áreas com obstáculos físicos e alterações no microclima. O mapa de 2021 mostra um cenário em que mais estações estão inseridas em ambientes inadequados

para medição, o que contribui para o aumento das falhas.

Além disso, a permanência de áreas de cana-de-açúcar e de formação florestal também contribuem para a continuidade desses problemas, já que a vegetação de grande porte segue interferindo na captação da chuva. Isso explica porque estações como P441 e P450 continuam apresentando altos índices de falhas.

O mosaico de usos também permanece como uma classe importante, principalmente no interior da bacia. Sua característica heterogênea, com áreas de

vegetação mais baixa e outras mais densas, contribui para diferentes tipos de interferência durante a coleta. Estações como P415 e P294 são exemplos disso, apresentando altos valores de falhas.

Dessa forma, a análise temporal indica que as mudanças no uso e ocupação do solo não apenas transformaram a paisagem, mas também passaram a influenciar diretamente a qualidade dos dados pluviométricos. O cenário atual indica que muitas estações estão localizadas em condições que não seguem totalmente as recomendações da ANA, o que compromete a confiabilidade das medições.

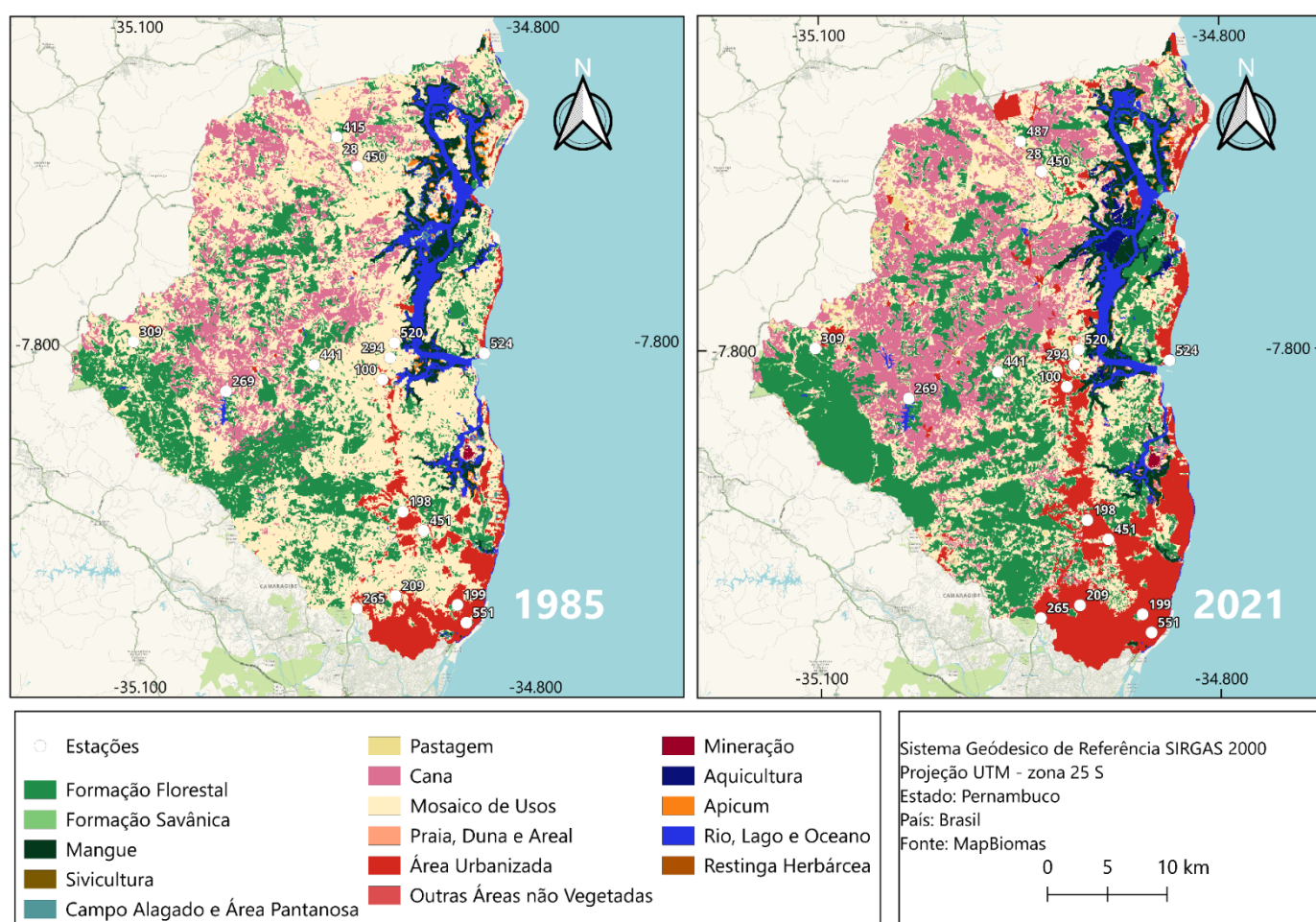


Figura 2- Análise temporal do uso e ocupação do solo entre 1985 e 2021. Fonte: Elaborado pelos autores, 2026.

4. Conclusões

Os resultados deste estudo evidenciam que o uso e a ocupação do solo exercem influência direta na ocorrência de falhas nos dados pluviométricos da Bacia Metropolitana Norte de Pernambuco. Observou-se, ainda, que essas ocupações se intensificaram ao longo do tempo, impulsionadas por dinâmicas socioespaciais, o que reforça a necessidade de considerar as características da paisagem no momento da instalação dos pluviômetros.

Nesse contexto, o avanço da urbanização e de outras formas de uso do território pode comprometer a qualidade das medições e, conseqüentemente, afetar a gestão dos recursos hídricos. Embora seja difícil encontrar locais que atendam plenamente a todas as exigências técnicas, é fundamental buscar condições que se aproximem do ideal, garantindo maior confiabilidade aos dados coletados. Assim, o desenvolvimento territorial deve estar alinhado a estratégias de planejamento e mitigação de impactos, assegurando uma gestão hídrica mais eficiente e equitativa para a população.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro durante a pesquisa do projeto 405853/2022-0 (Desenvolvimento de um sistema automático, em tempo real, para assimilação, identificação e preenchimento de falhas da precipitação no SUPER e avaliação dos seus impactos na gestão de recursos hídricos de Pernambuco), e a todos os integrantes do Laboratório de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento (SERGEO) pela colaboração durante o desenvolvimento do trabalho.

Referências

- Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH). (2022). *Relatório de monitoramento da qualidade da água das bacias hidrográficas do estado de Pernambuco*. CPRH. <https://www2.cprh.pe.gov.br>
- Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). (2016). *Manual de procedimentos para instalação, operação e manutenção de estações pluviométricas convencionais*. ANA. <https://www.gov.br/ana/pt-br>
- Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC). (2022). *Bacias hidrográficas*. APAC. <https://www.apac.pe.gov.br>

- Amaral, R., & Ross, J. L. S. (2024). *A relação entre a impermeabilização do solo e o aumento da frequência das inundações nas áreas urbanizadas*. <https://agbbauru.org.br/>
- Araújo, M. P. S., Andrade, A. P. G., & Braga, M. C. A. (2021). *A dinâmica espacial em torno da região metropolitana do Recife: Um emergente processo de urbanização estendida?* Barcelona. <https://doi.org/10.5821/siiu.9925>
- Fritzen, M., & Binda, A. L. (2011). Alterações no ciclo hidrológico em áreas urbanas: Cidade, hidrologia e impactos no ambiente. *Ateliê Geográfico*, 5(3), 239–254. <https://doi.org/10.5216/ag.v5i3.16703>
- MapBiomass. (2022). *MapBiomass General Handbook: Algorithm Theoretical Basis Document (ATBD) Collection 10*. MapBiomass. <https://brasil.mapbiomas.org/>
- Melo, A. B., & Santos, L. M. (2019). *Estudo de caso de um evento de distúrbio ondulatório de leste em Recife – junho de 2019*. <https://www.decea.mil.br/>
- Nascimento, L. L. V. (2024). *Análise morfométrica da bacia hidrográfica de pequenos rios litorâneos GL1 em Pernambuco* [Trabalho acadêmico, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco].
- Prata, T. C. (2005). *A influência da urbanização no comportamento da precipitação pluviométrica na cidade de São Paulo* [Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo]. Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP. <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-29082005-145719/pt-br.php>
- Santos, L. T. S. O. (2013). *Análise da qualidade de água superficial do rio Subaé-Bahia e influência do uso e ocupação do solo em seu entorno* [Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Feira de Santana]. <http://tede2.uefs.br:8080/handle/tede/172>
- Suertegaray, D. M. A. (2003). Geografia e interdisciplinaridade: Espaço geográfico: Interface natureza e sociedade. *Geosul*. <https://periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/view/13601>
- Silva, R. O. B., Montenegro, S. M. G. L., & Souza, W. M. (2017). Tendências de mudanças climáticas na precipitação pluviométrica nas bacias hidrográficas do estado de Pernambuco.

- Soares, G. A. S., & Galvêncio, J. D. (2020). Uso do LiDAR para avaliar os padrões hídricos de bacias em áreas urbanas: Caracterização fisiográfica da bacia do Rio Beberibe, PE. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 13(7), 3659–3674.
<https://doi.org/10.26848/rbgf.v13.07.p3659-3674>
- Wanderley, L. S. de A., Nóbrega, R. S., Moreira, A. B., Anjos, R. S. dos, & Almeida, C. A. P. de. (2021). As chuvas na cidade do Recife: Uma climatologia de extremos. *Revista Brasileira de Climatologia*, 22.
<https://doi.org/10.5380/abclima.v22i0.56034>