XVIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE
XVIII ENCONTRO DE RECURSOS HÍDRICOS EM SERGIPE

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NA DINÂMICA HIDROLÓGICA DA BACIA DO RIACHO DO BOBOCÃO, PAUDALHO-PE

João Lucas Valentim Fonseca e Silva [1]; Fabricio David Simplicio Aniceto [2]; Alex Vinícius de Melo Vieira [3]; Erison Rosa de Oliveira Barros [4]; Leidjane Maria Maciel de Oliveira [5]; Anderson Luiz Ribeiro de Paiva [6] & Jaime Joaquim da Silva Pereira Cabral [7]

RESUMO – A expansão urbana sobre bacias hidrográficas de pequenos cursos d'água altera as condições naturais de infiltração, escoamento superficial e resposta hidrológica. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar os impactos da urbanização na dinâmica hidrológica da bacia do riacho do Bobocão, localizada na sede municipal de Paudalho-PE. A metodologia envolveu a delimitação da bacia a partir do Modelo Digital do Terreno do PE3D, a análise do uso e cobertura da terra com dados do MapBiomas para os anos de 1985, 2005 e 2024 e a simulação hidrológica no modelo SWMM. A bacia hidrográfica foi subdividida em três sub-bacias, sendo utilizado um evento de precipitação acumulada de 83,26 mm, registrado entre 05 e 06 de março de 2022. Os resultados indicaram expansão da área urbanizada, redução de áreas permeáveis e aumento do escoamento superficial nos cenários mais recentes. A sub-bacia 2 foi a mais impactada pelo processo de urbanização, apresentando aumento de aproximadamente três vezes no pico de vazão, de 0,66 m³/s em 1985 para 1,89 m³/s em 2024. Conclui-se que a urbanização intensificou a resposta hidrológica da bacia, aumentando os riscos de alagamentos e degradação do riacho.

ABSTRACT – Urban expansion over small watersheds alters the natural conditions of infiltration, surface runoff, and hydrological response. In this context, this study aimed to evaluate the impacts of urbanization on the hydrological dynamics of the Bobocão Stream basin, located in the municipal seat of Paudalho-PE. The methodology involved delineating the basin using the PE3D Digital Terrain Model, analyzing land use and land cover with MapBiomas data for the years 1985, 2005, and 2024, and performing hydrological simulations using the SWMM model. The watershed was subdivided into three sub-basins, using a rainfall event totaling 83.26 mm, recorded between March 5th and 6th, 2022. The results indicated an expansion of the urbanized area, a reduction in permeable areas, and an increase in surface runoff in the most recent scenarios. Sub-basin 2 was the most impacted by the urbanization process, showing an approximately threefold increase in peak flow, from 0.66 m³/s in 1985 to 1.89 m³/s in 2024. It is concluded that urbanization intensified the hydrological response of the basin, increasing the risks of flooding and stream degradation.

Palavras-Chave – Bacia Urbana; Modelagem Hidrológica; Uso e Cobertura da Terra.

[1]) Universidade Federal de Pernambuco, Avenida da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife-PE, 50740-550, joao.valentim@ufpe.br
[2]) Universidade Federal de Pernambuco, Avenida da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife-PE, 50740-550, fabricio.david@ufpe.br
[3]) Universidade Federal de Pernambuco, Avenida da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife-PE, 50740-550, alex.melovieira@ufpe.br
[4]) Universidade Federal de Pernambuco, Avenida da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife-PE, 50740-550, erison.barros@ufpe.br
[5]) Universidade Federal de Pernambuco, Avenida da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife-PE, 50740-550, leidjane.oliveira@ufpe.br
[6]) Universidade Federal de Pernambuco, Avenida da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife-PE, 50740-550, anderson.paiva@ufpe.br
[7]) Universidade de Pernambuco / Universidade Federal de Pernambuco, Avenida da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife-PE, 50740-550, jaime.cabral@ufpe.br

1 - INTRODUÇÃO

Os riachos urbanos exercem funções importantes na drenagem das águas pluviais, na manutenção da biodiversidade e na qualidade ambiental das cidades. Entretanto, a urbanização desordenada tende a modificar esses ambientes por meio da canalização, impermeabilização das margens, lançamento de esgoto e acúmulo de resíduos sólidos. Esse conjunto de alterações caracteriza a chamada síndrome dos riachos urbanos, associada à perda de funções hidrológicas, ecológicas e sociais dos cursos d'água (Cabral *et al*., 2023). Nesse contexto, analisar esses riachos permite compreender como a expansão urbana e as mudanças no uso e cobertura da terra interferem no escoamento superficial, na infiltração e na resposta hidrológica das bacias urbanas.

Dessa forma, torna-se importante analisar a evolução de uso e cobertura da terra, de modo a compreender como as alterações no meio urbano interferem no escoamento superficial. Estudos como o de Leal *et al*. (2024) demonstram que áreas urbanizadas, marcadas pela escassez de espaços verdes e pelo aumento de superfícies impermeáveis, tendem a reduzir a capacidade de infiltração do solo e a intensificar gradativamente o escoamento superficial, influenciando diretamente a resposta hidrológica das bacias urbanas.

A partir dessa perspectiva, o município de Paudalho-PE apresenta-se como um recorte relevante para a análise da relação entre urbanização e dinâmica das águas urbanas. Inserido na bacia hidrográfica do rio Capibaribe, o município possui áreas urbanas próximas a cursos d'água e histórico de ocorrência de cheias e inundações, o que evidencia a necessidade de compreender como a ocupação do território interfere na drenagem natural. Além disso, a variabilidade pluviométrica local, com concentração de eventos chuvosos mais expressivos entre abril e julho, reforça a importância de avaliar a resposta hidrológica da área urbana frente às transformações no uso e cobertura da terra (Medeiros *et al*., 2022; Lima, 2024).

Diante dessas alterações, a modelagem hidrológica se apresenta como uma ferramenta importante para avaliar a resposta das bacias urbanas frente às mudanças no uso e cobertura da terra. Santos *et al*. (2017) demonstram que o uso do Storm Water Management Model (SWMM), integrado à análise da impermeabilização, da dinâmica de ocupação urbana e do sistema de drenagem, permite identificar áreas mais suscetíveis ao acúmulo de escoamento superficial e à ocorrência de alagamentos.

Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar os impactos da urbanização na dinâmica hidrológica da bacia do riacho do Bobocão, em Paudalho-PE, considerando as mudanças no uso e cobertura da terra e sua influência sobre o escoamento superficial. Para isso, busca-se relacionar a expansão urbana, a impermeabilização do solo e o comportamento das águas pluviais.

2 - METODOLOGIA

2.1 - Área de estudo

A área de estudo corresponde à bacia hidrográfica do riacho do Bobocão (Figura 1), localizada na sede municipal de Paudalho, na Zona da Mata Norte de Pernambuco. A bacia está inserida no contexto hidrográfico da bacia do rio Capibaribe. Por se tratar de um curso d'água urbano, o riacho do Bobocão, assim como outras áreas do município de Paudalho (Ferreira *et al*., 2025), apresenta trechos influenciados pela ocupação irregular das margens e pela impermeabilização do solo, fatores que podem alterar a geração de escoamento superficial e a resposta hidrológica da bacia.

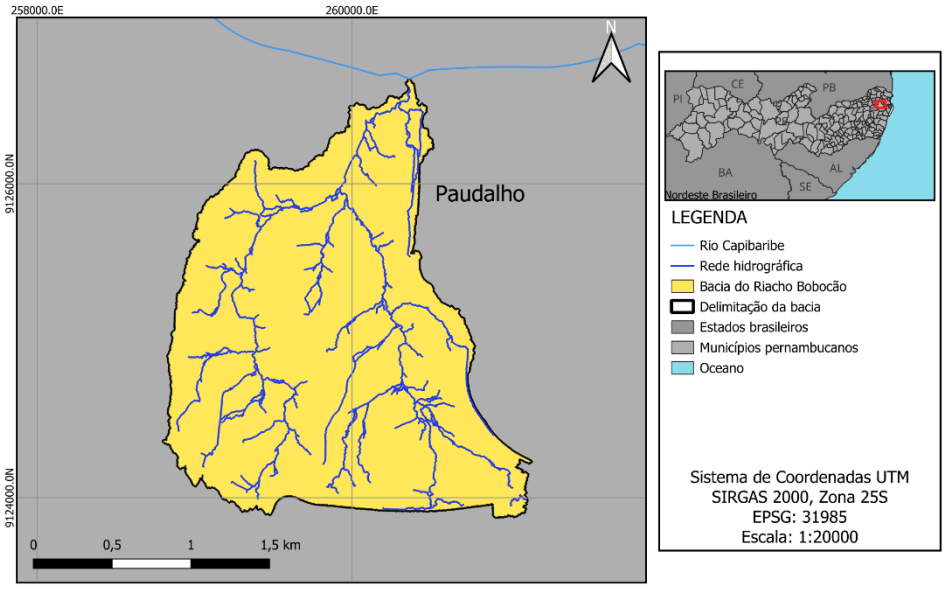


Figura 1 – Mapa de localização da bacia hidrográfica do riacho do Bobocão, em Paudalho - PE

O regime pluviométrico local é caracterizado por precipitação média anual de aproximadamente 1.608 mm, segundo dados da Agência Pernambucana de Águas e Clima (APAC, 2026). As maiores médias mensais concentram-se entre abril e agosto, período em que os volumes de chuva tendem a intensificar a contribuição superficial para o riacho, especialmente em áreas com maior grau de urbanização.

2.2 - Delimitação da bacia hidrográfica

A delimitação da bacia hidrográfica foi realizada no QGIS, utilizando como base o Modelo Digital do Terreno do PE3D (Pernambuco, 2016). O MDT foi recortado para a área de interesse e submetido ao processamento hidrológico, incluindo correção de depressões, definição da direção de

fluxo e cálculo da acumulação de fluxo. A partir desses procedimentos, foram identificados os caminhos preferenciais do escoamento superficial e definido o exutório da bacia do riacho do Bobocão.

Com base no exutório, foi delimitada a área de contribuição da bacia, posteriormente conferida em relação à rede de drenagem, ao relevo local e à ocupação urbana. Considerando a topografia, a bacia resultante foi subdividida em três sub-bacias, denominadas S1, S2 e S3, para melhor representação espacial dos processos hidrológicos na modelagem.

2.3 - Dados de uso e cobertura da terra

Os dados de uso e cobertura da terra foram obtidos a partir da plataforma MapBiomas (2025), considerando os anos de 1985, 2005 e 2024, escolhidos para representar diferentes estágios de ocupação da bacia. Os arquivos matriciais foram importados para o QGIS, recortados pelo limite da bacia e quantificados quanto às classes presentes na área de estudo.

Para facilitar a interpretação dos resultados e a parametrização no SWMM, as classes originais foram agrupadas em quatro categorias: florestas, pastagem, mosaico de usos e área urbanizada. Após a reclassificação, foram determinadas as áreas, em hectares (ha), e os percentuais de urbanização por sub-bacia, dados utilizados na comparação temporal e na definição dos parâmetros hidrológicos dos cenários simulados: Cenário 1 (1985); Cenário 2 (2005); e Cenário 3 (2024).

2.4 - Simulação hidrológica no SWMM

A simulação hidrológica foi realizada no software Storm Water Management Model — SWMM (Rossman; Simon, 2022), considerando três cenários temporais de uso e cobertura da terra, referentes aos anos de 1985, 2005 e 2024. Para cada cenário, foram atribuídos parâmetros hidrológicos compatíveis com as características físicas e de uso do solo de cada sub-bacia, incluindo área, largura característica, declividade, porcentagem de impermeabilização e coeficientes de rugosidade superficial dos canais. Os elementos das sub-bacias estão representados na Figura 2.

O processo de infiltração foi representado pelo método Curve Number — CN, que permite estimar as perdas por infiltração e a geração de escoamento superficial em função das condições de cobertura do solo e do potencial de retenção da bacia. Assim, os valores de CN foram definidos para cada sub-bacia e cenário temporal a partir da composição das classes de uso e cobertura da terra do solo, adotando-se os valores de referência disponibilizados pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2025).



Figura 2 – Sub-bacias, rede de drenagem e conexões do riacho do Bobocão

Para a simulação hidrológica, foram utilizados dados de precipitação provenientes da rede pluviométrica do Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (CEMADEN, 2026), referentes a um evento de chuva com acumulado de 83,26 mm, ocorrido entre as 13h00 do dia 05 de março de 2022 e as 12h00 do dia 06 de março de 2022. As simulações utilizaram o mesmo evento de precipitação para os três cenários, visando avaliar a influência das mudanças no uso e cobertura da terra sobre a resposta hidrológica da bacia, especialmente em relação à infiltração e ao escoamento superficial.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da delimitação da bacia hidrográfica do riacho do Bobocão, foi identificada uma área aproximada de 406,62 hectares. A partir disso, a análise do uso e cobertura indicou que, em 1985, a bacia era composta predominantemente por áreas de mosaico de usos (60,5%) e formação florestal (26,4%), evidenciando a predominância de superfícies permeáveis. Ao longo do período analisado, observou-se uma expansão expressiva da área urbanizada, que passou de 6,9% para 25,2% da área total da bacia, acompanhada pela redução das áreas de mosaico de usos, de 60,5% para 35,1%.

De forma complementar, foi verificado o aumento das áreas de pastagem, de 6,3% para 15,0%, enquanto a cobertura florestal permaneceu relativamente estável. Apesar do avanço da urbanização, principalmente nas porções próximas à sede municipal, as áreas de mosaico de usos, que incluem vegetação gramínea e atividades agrícolas, ainda representam a classe de uso e cobertura predominante na bacia em 2024, conforme apresentado na Figura 3. Esse padrão também foi

observado na Zona da Mata da bacia do rio Capibaribe, onde a expansão urbana promoveu mudanças graduais no uso e cobertura da terra, embora as áreas agrícolas e de pastagem ainda permaneçam predominantes na região (Melo *et al.*, 2020).

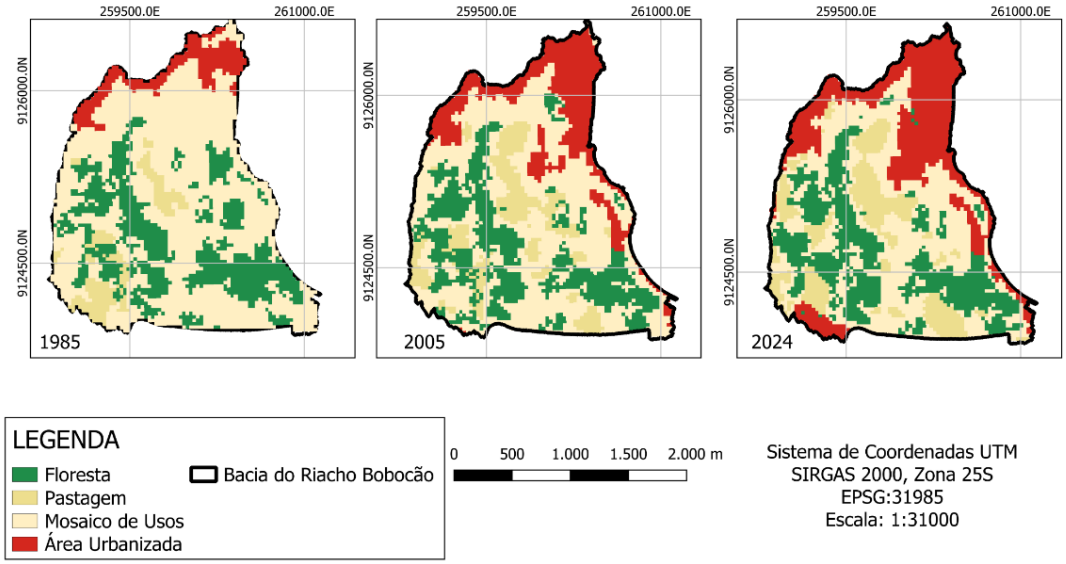


Figura 3 – Mapas de uso e cobertura da terra para a bacia do riacho do Bobocão

Conforme apresentado na Tabela 1, houve aumento da urbanização e redução das áreas de mosaico de usos em todas as sub-bacias entre 1985 e 2024. A S2 apresentou o maior acréscimo de área urbanizada, enquanto a S3 atingiu o maior grau de urbanização (89,4%). A cobertura florestal, por sua vez, apresentou poucas alterações ao longo do período analisado.

Tabela 1 – Dados de uso e cobertura da terra por sub-bacia do riacho do Bobocão

Sub-bacia	Ano	Área total (ha)	Floresta (ha)	Pastagem (ha)	Mosaico de usos (ha)	Área urbanizada (ha)	Urbanização (%)
1	1985	169,65	55,62	17,10	86,04	10,89	6,0
	2005		61,92	17,64	72,90	17,19	10,0
	2024		61,38	25,47	54,81	27,99	16,5
2	1985	196,29	51,39	8,55	136,35	0,00	0,0
	2005		36,00	32,04	107,19	21,06	11,0
	2024		38,88	35,19	86,85	35,37	18,3
3	1985	40,68	0,00	0,00	23,22	17,46	43,0
	2005		0,99	0,00	6,12	33,57	83,0
	2024		0,18	0,00	4,14	36,36	89,4

A diminuição gradual das áreas permeáveis nas sub-bacias aumentou o valor do Curve Number, favorecendo o aumento do escoamento superficial. Esse resultado está de acordo com Tucci (2008), que relaciona a urbanização ao aumento das vazões máximas e da frequência das cheias,

especialmente em função da impermeabilização do solo, da canalização do escoamento e de possíveis obstruções no sistema de drenagem. A Figura 4 apresenta a resposta hidrológica da bacia para uma mesma precipitação nos cenários de uso e cobertura da terra de 1985, 2005 e 2024.

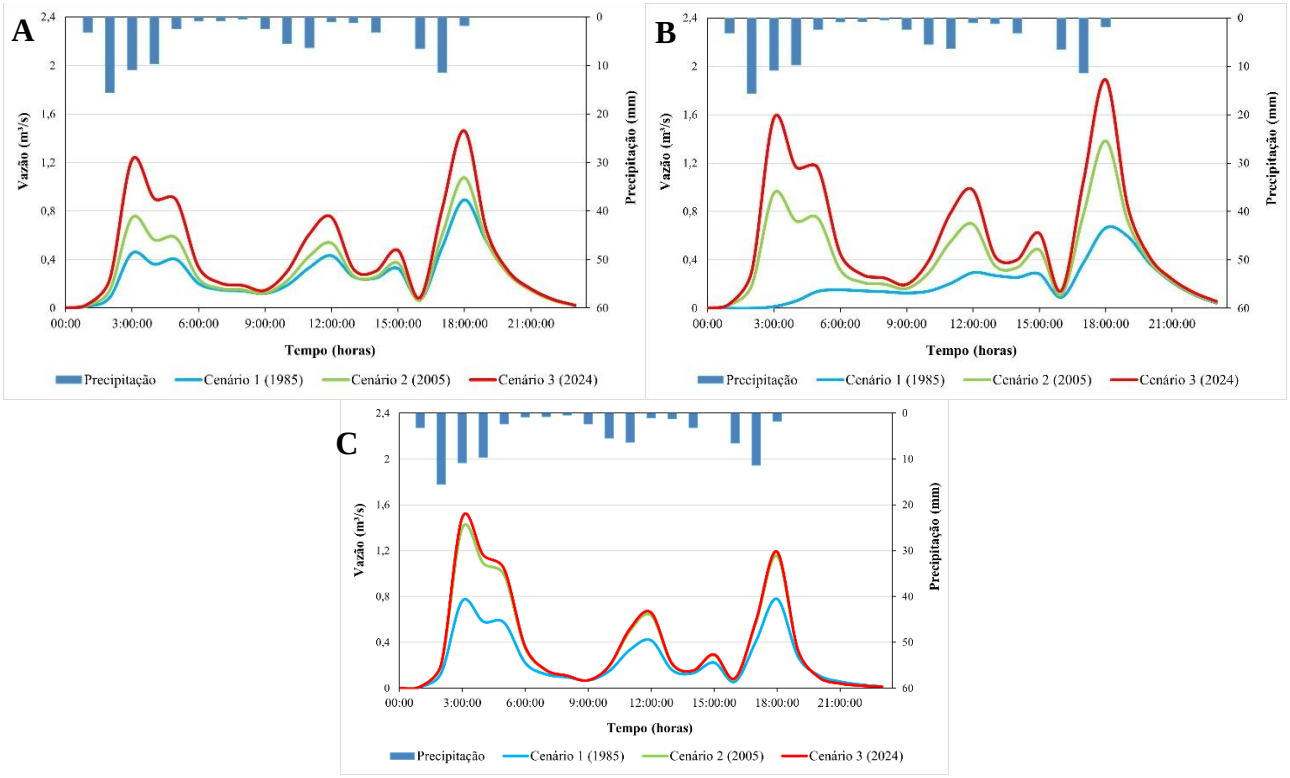


Figura 4 – Hidrogramas comparativos dos cenários simulados: A) Sub-bacia 1; B) Sub-bacia 2; C) Sub-bacia 3

Os picos de vazão das sub-bacias S1 e S2 ocorreram em torno das 18h00, enquanto a S3 apresentou resposta mais rápida, com pico associado ao segundo momento de maior intensidade da precipitação. Os cenários com menor urbanização apresentaram curvas menos íngremes e menores vazões de pico, enquanto o cenário de 2024 apresentou as respostas mais intensas. Esse comportamento é semelhante ao observado por Mesquita e Lima Neto (2020), que, em bacia urbana de Fortaleza-CE, verificaram que o aumento da impermeabilização promoveu a elevação das vazões de pico e a antecipação da resposta hidrológica da bacia em eventos de precipitação intensa.

Na Figura 5, observa-se que a sub-bacia S3 apresentou os maiores valores de escoamento superficial e os menores valores de infiltração nos três cenários analisados. Embora seja a menor área de contribuição, essa sub-bacia possui maior grau de urbanização, o que favorece uma resposta hidrológica mais rápida. Por outro lado, as sub-bacias S1 e S2 apresentaram valores de escoamento e infiltração mais próximos entre si, em razão da maior presença relativa de áreas permeáveis. Esse comportamento corrobora os resultados de Leal *et al*. (2024), que demonstraram que áreas mais

urbanizadas tendem a gerar maiores volumes de escoamento superficial em comparação aos cenários com maior presença de superfícies permeáveis.

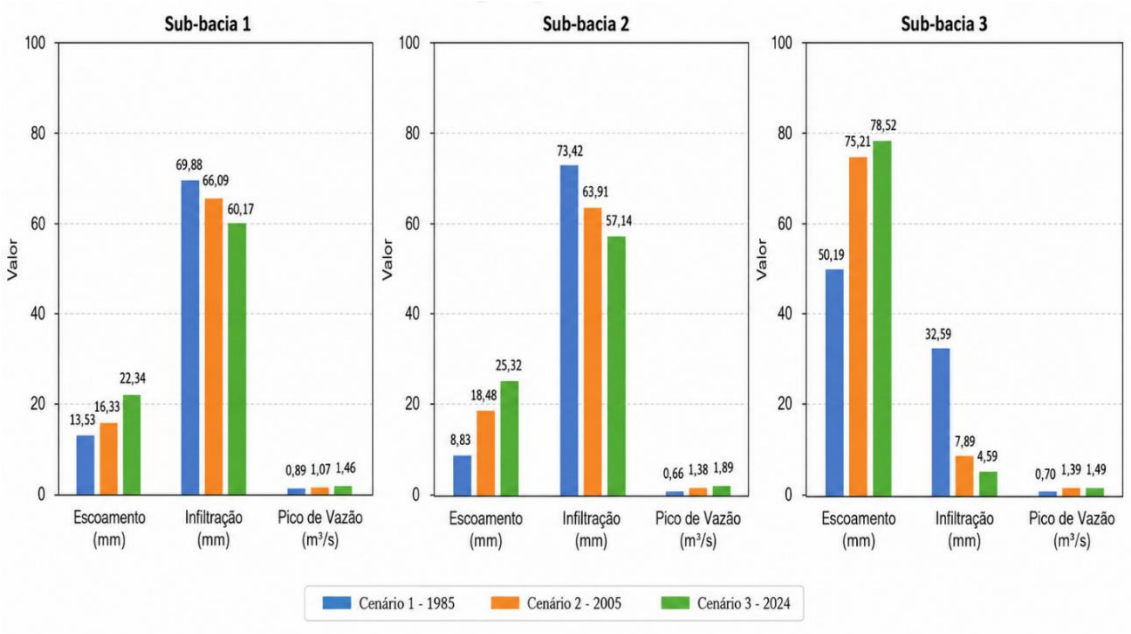


Figura 5 – Parâmetros hidrológicos simulados para os diferentes cenários nas sub-bacias

De modo geral, em função do avanço da urbanização, os resultados simulados indicam que a infiltração diminuiu em todas as sub-bacias entre 1985 e 2024, com destaque para a S3, onde os valores foram reduzidos de 32,59 mm para 4,59 mm, cerca de sete vezes inferiores aos observados no cenário inicial. Essa tendência converge com os resultados de Santos *et al.* (2017) e Mesquita e Lima Neto (2020), que associaram o avanço da impermeabilização à redução da infiltração, ao aumento do escoamento superficial e à maior suscetibilidade a alagamentos em bacias urbanas.

Na Figura 6, observam-se trechos do riacho do Bobocão localizados em áreas urbanizadas, onde a ocupação das margens, o estreitamento da seção do canal e a deposição de resíduos sólidos no leito indicam um processo de degradação ambiental do curso d'água. Esse cenário se aproxima do discutido por Cabral *et al.* (2023), que associam a síndrome dos riachos urbanos à canalização, à impermeabilização das margens, ao lançamento de esgoto, à poluição difusa e ao acúmulo de resíduos sólidos. Dessa forma, além do aumento do escoamento superficial gerado pela urbanização, as alterações físicas e ambientais observadas no riacho podem reduzir a capacidade de vazão do canal e ampliar os riscos de alagamentos em eventos de chuva intensa.



Figura 6 – Aspectos da ocupação das margens do riacho do Bobocão

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu quantificar as mudanças no uso e cobertura da terra ao longo de um período de quase quatro décadas, com foco no crescimento da mancha urbana e sua relação com o aumento do escoamento superficial. Nas três sub-bacias avaliadas houve uma acentuada expansão urbana, mas na terceira sub-bacia, especificamente, houve um aumento de 46,4 pontos percentuais da área urbanizada entre os anos de 1985 e 2024.

A modelagem hidrológica aplicada às três sub-bacias evidenciou que a sub-bacia 2 foi a mais impactada pelo processo de urbanização, com aumento de aproximadamente três vezes no pico de vazão, passando de 0,66 m³/s em 1985 para 1,89 m³/s em 2024. De forma semelhante, a sub-bacia 3 apresentou incremento de cerca de 1,5 vez no escoamento superficial no mesmo período, reforçando os efeitos da expansão das áreas impermeáveis sobre a dinâmica hidrológica da bacia.

Por fim, trechos urbanizados do riacho sofrem com o estrangulamento do canal, ocupações em suas margens e o lançamento de esgotos e resíduos sólidos. Esses fatores, associados aos picos de vazão simulados, aumentam a suscetibilidade a inundações na bacia. Recomenda-se que estudos futuros avaliem a influência das cheias do rio Capibaribe sobre o riacho Bobocão, considerando os possíveis efeitos de remanso na região do exutório.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas e ao Projeto de Revitalização de Riachos Urbanos pelo apoio ao desenvolvimento deste estudo.

REFERÊNCIAS

ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2025). "*Curva Número na Base Ottocodificada*". Disponível em: https://metadados.snirh.gov.br/. Acesso em: 30 mai. 2026.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e Clima (2026). "*Precipitação média por município*". Recife: APAC. Disponível em: https://www.apac.pe.gov.br/clima/precipitacao-media-por-municipio. Acesso em: 03 jun. 2026.

CABRAL, J. J. S. P. *et al*. (2023). "*Urbanização, seus efeitos na degradação dos cursos d'água e perspectivas de revitalização em Recife-PE*". Estudos Universitários 40(2), pp. 401-443.

CEMADEN – Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (2026). "*Mapa Interativo: rede observacional — dados pluviométricos*". São José dos Campos: CEMADEN. Disponível em: https://mapainterativo.cemaden.gov.br/. Acesso em: 3 jun. 2026.

FERREIRA, M. L.; SILVA, J. N. B.; GALVÍNCIO, J. D. (2025). "*Gestão de riscos hidrológicos em contextos urbanos: efeitos da alta precipitação no balanço hídrico do município de Paudalho-Pernambuco-Nordeste-Brasil".* Revista Brasileira de Geografia Física 18(5), pp. 4187-4201.

LEAL, P. L. O.; NEVES, R. D. D. B.; ROCHA, V. B. P. (2024). "*Avaliação dos impactos da urbanização na Bacia do Córrego Ressaca utilizando o modelo SWMM*" in Anais do XV Encontro Nacional de Águas Urbanas e do V Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos, Recife, 2024.

LIMA, M. C. C. (2024). "*Modelagem hidrológica para mapeamento de mancha de inundação: um estudo de caso hipotético no município de Paudalho*". Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Tecnologia e Geociências, Recife.

MapBiomas (2025). *"Coleções MapBiomas"*. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/colecoes-mapbiomas/. Acesso em: 30 mai. 2026.

MEDEIROS, R. M. *et al*. (2022). "*Decadal precipitation in the municipal area of Paudalho - Pernambuco, Brazil*". International Journal of Science and Research Archive 6(1), pp. 219-224.

MELO, V. B.; VASCONCELOS, R. S.; CIRILO, J. A. (2020). "*Análise espaço-temporal da mudança do uso e ocupação do solo no entorno dos principais rios da bacia hidrográfica do rio Capibaribe*" in Anais do XV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste.

MESQUITA, J. B. F.; LIMA NETO, I. E. (2020). "*Impacto da impermeabilização na hidrologia de uma bacia urbana*" in Anais do XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas, 2020.

PERNAMBUCO – Governo do Estado de Pernambuco (2016). "*Pernambuco Tridimensional – PE3D*": mapeamento do território pernambucano. Disponível em: http://www.pe3d.pe.gov.br/. Acesso em: 03 jun. 2026.

ROSSMAN, L. A.; SIMON, M. A. (2022). "*Storm Water Management Model User's Manual Version 5.2".* 1ª. ed. Cincinnati: U.S. Environmental Protection Agency. 324 p.

SANTOS, K. A.; RUFINO, I. A. A.; BARROS FILHO, M. N. M. (2017). "*Impactos da ocupação urbana na permeabilidade do solo: o caso de uma área de urbanização consolidada em Campina Grande – PB*". Engenharia Sanitária e Ambiental 22(5), pp. 943-952.

TUCCI, C. E. M. (2008). "*Águas Urbanas*". Estudos Avançados 22(63), pp. 97-112.