

AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL DA BACIA DO RIACHO CAVOUÇO, RECIFE-PE

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

RESUMO – O crescimento urbano desordenado tem provocado alterações significativas na dinâmica hidrológica das bacias urbanas, intensificando o escoamento superficial e aumentando o risco de inundações. Nesse contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar os impactos da urbanização no escoamento superficial da bacia do Riacho do Cavouço, Recife-PE, para os anos de 1974, 1984, 2014 e 2023. Para isso, foram elaborados quatro cenários de uso e cobertura da terra, utilizados como base para a definição dos valores de Curve Number (CN) e para a simulação hidrológica no modelo Storm Water Management Model (SWMM). Os resultados evidenciaram um aumento de 54,0% na área impermeabilizada da bacia no período analisado, acompanhado pelo crescimento dos valores de CN, de 76,86 para 89,00, e por um incremento de aproximadamente 10,0 m³/s na vazão de pico. Além disso, foi observado um aumento de 33,9% no escoamento superficial e uma redução de 79,0% na infiltração entre 1974 e 2023. Conclui-se que o avanço da urbanização intensificou os impactos hidrológicos na bacia, aumentando a duração e o volume das inundações, o que ressalta a importância de soluções baseadas na natureza para a mitigação do risco hidrológico.

Palavras-chave – Modelagem hidrológica; SWMM; Uso e cobertura da terra.

ABSTRACT – Unplanned urban growth has caused significant changes in the hydrological dynamics of urban basins, intensifying surface runoff and increasing the risk of flooding. In this context, the present study aimed to evaluate the impacts of urbanization on the surface runoff of the Cavouço Stream basin, Recife-PE, for the years 1974, 1984, 2014 and 2023. To this end, four land use and land cover scenarios were developed, used as a basis for defining the Curve Number (CN) values and for hydrological simulation in the Storm Water Management Model (SWMM). The results showed a 54.0% increase in the impervious area of the basin during the analyzed period, accompanied by an increase in CN values, from 76.86 to 89.00, and an increase of approximately 10.0 m³/s in peak flow. Furthermore, a 33.9% increase in surface runoff and a 79.0% reduction in infiltration were observed between 1974 and 2023. It is concluded that the advance of urbanization has intensified hydrological impacts in the basin, increasing the duration and volume of floods, which highlights the importance of nature-based solutions for mitigating hydrological risk.

Keywords – Hydrological modeling; SWMM; Land use and land cover.

¹) Universidade Federal de Pernambuco, Avenida da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife-PE, 50740-550, alex.melovieira@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, joao.henriqueborba@ufpe.br

⁴) Universidade Federal de Pernambuco, Avenida da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife-PE, 50740-550, joao.valentim@ufpe.br

⁵) Universidade Federal de Pernambuco, Avenida da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife-PE, 50740-550, leidjane.oliveira@ufpe.br

⁶) Universidade de Pernambuco / Universidade Federal de Pernambuco, Avenida da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife-PE, 50740-550, jaime.cabral@ufpe.br

⁷) Universidade Federal de Pernambuco, Avenida da Arquitetura, s/n – Cidade Universitária, Recife-PE, 50740-550, anderson.paiva@ufpe.br

INTRODUÇÃO

O crescimento urbano acelerado e, na maioria das vezes, desordenado tem provocado intensas alterações no comportamento hidrológico das bacias urbanas. A substituição de áreas naturais por superfícies impermeáveis reduz a capacidade de infiltração do solo e intensifica o escoamento superficial, contribuindo para o aumento de inundações e para a degradação dos corpos hídricos urbanos (Carvalho *et al.*, 2020).

Esses impactos são ainda mais evidentes em cidades densamente povoadas, onde os cursos d'água frequentemente sofrem intervenções antrópicas, como canalizações e ocupações irregulares. Nesse contexto, Tucci (2001) ressalta que a urbanização sem planejamento adequado intensifica os problemas nos sistemas de drenagem urbana. De forma complementar, Fonseca Neto *et al.* (2017) destacam que ocupações ribeirinhas e intervenções nos cursos d'água agravam os processos de enchentes e comprometem a capacidade de escoamento dos canais urbanos.

A bacia do Riacho do Cavouco, na cidade do Recife-PE, vem sendo afetada de forma cada vez mais significativa pelos eventos hidrológicos extremos observados no estado de Pernambuco. Conforme apontam Cabral *et al.* (2019), o riacho apresenta recorrentes episódios de alagamento em períodos chuvosos, associados às condições hidráulicas do canal e à influência do aumento do nível médio do mar. Além disso, as alterações no uso e cobertura da terra podem intensificar esses processos, tornando-se variáveis essenciais a serem analisadas por meio da modelagem hidrológica.

Nesse sentido, o modelo Storm Water Management Model (SWMM) mostra-se uma ferramenta importante para avaliar como o uso e a cobertura da terra afetam o comportamento da água em bacias urbanas. Estudos como o de Leal *et al.* (2024) utilizaram o programa para simular diferentes cenários de urbanização e avaliar seus efeitos sobre o escoamento superficial, as vazões de pico e os hidrogramas de cheia. Dessa forma, torna-se relevante para compreender como as transformações ocorridas ao longo dos anos influenciaram o comportamento hidrológico da bacia do Riacho do Cavouco. A análise espaço-temporal do uso e cobertura da terra associada à modelagem hidrológica permite identificar alterações nos processos de geração de escoamento superficial e na resposta da drenagem urbana frente aos eventos de precipitação.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a evolução temporal da bacia do Riacho do Cavouco para os anos de 1974, 1984, 2014 e 2023, por meio da análise das mudanças de uso e cobertura da terra e do escoamento superficial com o modelo SWMM. Para isso, foram utilizados dados topográficos, técnicas de geoprocessamento e parâmetros hidrológicos, possibilitando a análise dos impactos da urbanização sobre a dinâmica hidrológica da bacia.

METODOLOGIA

Área de estudo

O estudo foi realizado na bacia do Riacho do Cavouco, localizada inteiramente no município do Recife-PE. O corpo hídrico tem sua nascente no “lagozinho da UFPE”, na Cidade Universitária (Silva Filho *et al.*, 2022) e percorre aproximadamente 5,6 km até desaguar no Rio Capibaribe. Com uma área de drenagem de 2,16 km², a área de estudo pode ser vista na Figura 1.

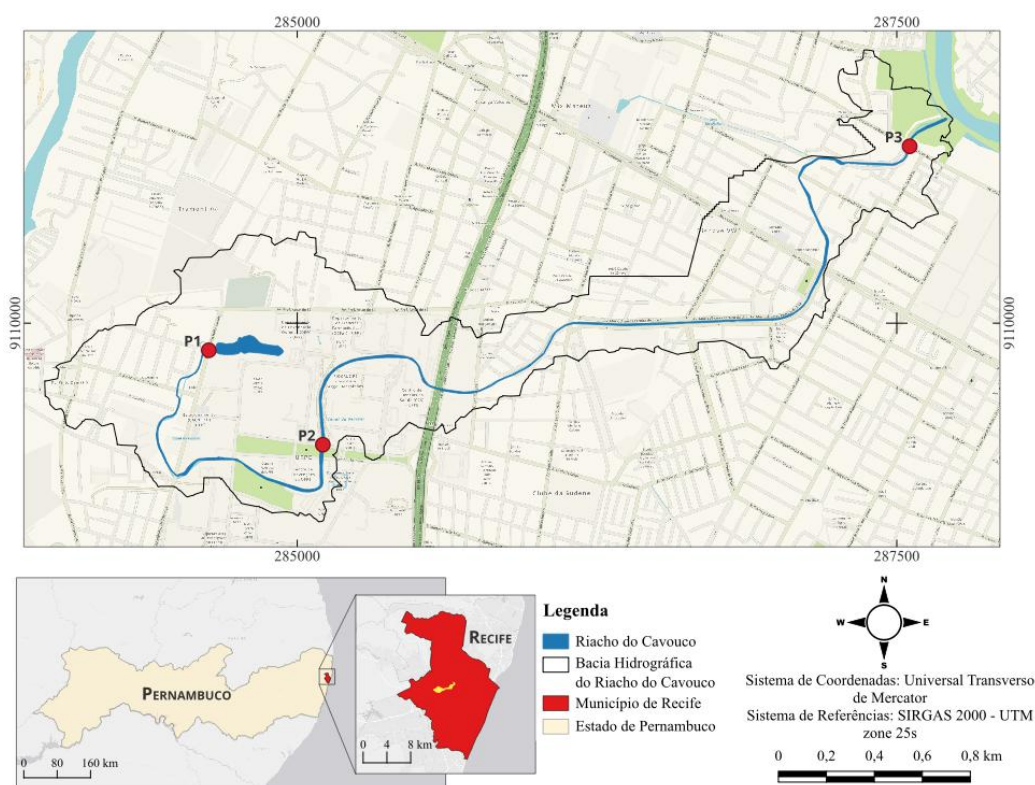


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do Riacho do Cavouco e dos pontos de análise P1, P2 e P3.

Ao longo do curso d’água foram definidos três pontos de análise (P1, P2 e P3), selecionados com base nas diferentes condições físicas do riacho e nos graus de interferência antrópica observados ao longo de seu percurso. O ponto P1 está localizado próximo à nascente, representando o trecho em condições naturais; o ponto P2 corresponde ao trecho intermediário, onde o riacho atravessa áreas urbanizadas e apresenta revestimento em concreto; e o ponto P3 está localizado próximo ao exutório, em uma região influenciada por ocupações ribeirinhas e redução da seção hidráulica.

Descrição metodológica

Assim, visando compreender a dinâmica do escoamento superficial na bacia, primeiramente, obteve-se o Modelo Digital do Terreno (MDT) na plataforma PE3D (APAC, 2025), que fornece

imagens com resolução espacial de 1 metro. Em seguida, foi feito o processamento da imagem no software QGIS, incluindo preenchimento de depressões, projeção para UTM Zona 25s (EPSG:31985), cálculo do fluxo e acúmulo, e delimitação da bacia. A partir disso, foram obtidos parâmetros morfológicos como área, comprimento do riacho e declividade.

Logo após, realizou-se uma avaliação espaço-temporal de uso e cobertura da terra para os anos de 1974, 1984, 2014 e 2023. Por se tratar de uma área de pequena extensão, foi necessário fazer uma vetorização manual de ortoimagens fornecidas pela CONDEPE/FIDEM (2025) (imagens de 1974 e 1984), pelo PE3D (imagens de 2014) (APAC, 2025) e pelo Google Earth (Google, 2026) (imagens de 2023), agrupadas nas seguintes classes: Área Impermeabilizada, Área Não Impermeabilizada e Água. Com isso, foram considerados quatro cenários de simulação: Cenário 1 - 1974; Cenário 2 - 1984; Cenário 3 - 2014; Cenário 4 - 2023.

As simulações deste estudo foram feitas no Storm Water Management Model – SWMM 5.0 (EPA, 2015), um modelo hidrológico de transformação chuva-vazão capaz de representar tanto estruturas convencionais de drenagem quanto técnicas compensatórias (Arjenaki *et al.*, 2021). Os parâmetros de entrada do modelo, como área da bacia e condutos, foram obtidos por meio do QGIS e os coeficientes necessários ao modelo foram adaptados de Rossman e Simon (2022).

Para a modelagem hidrológica, foi escolhido o método SCS (Soil Conservation Service) para estimar a infiltração. Os dados de Curve Number (CN II) foram extraídos da plataforma da ANA (ANA, 2025), que disponibiliza o índice para os anos de 1985, 2014 e 2022. Para a região, adotou-se um solo do Tipo C (Fonseca Neto, 2018). Para o ano de 1974, o valor de CN foi calculado por uma média ponderada das classes de uso do solo obtidos na vetorização e seus respectivos valores de CN, baseados nos dados da ANA (2025). Para a classe de Área Não Impermeabilizada foi feita uma média entre as classes de uso: Formação Florestal, Formação Campestre, Pastagem e Outras áreas não vegetadas, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Valor do Curve Number (CN) para cada classe de uso do solo conforme o tipo do solo.

Classe de uso do solo / Tipo do solo	A	B	C	D
Formação Florestal	26	52	65	69
Formação Campestre	36	60	73	79
Pastagem	47	67	81	88
Área Urbanizada	67	78	85	89
Outras Áreas não vegetadas	72	82	87	89

Fonte: ANA (2025).

A série de precipitação foi calculada a partir da curva IDF (Curva de Intensidade - Duração - Frequência) que representa o município de Recife (Rodrigues *et al.*, 2023) (Equação 1). Para o estudo, foram considerados um tempo de retorno (T_r) de 10 anos e um intervalo (t) de 10 minutos. O volume da precipitação foi distribuído pelo método dos blocos alternados.

$$i = \frac{335,47 \cdot T_r^{0,22}}{(t + 4)^{0,54}} \quad (1)$$

O tempo de concentração (t_c) foi estimado pela fórmula de Kirpich (Equação 2), resultando em 183,36 minutos. Assim, foi adotada uma duração de chuva de 3 horas para aplicação na curva IDF, obtendo-se uma precipitação acumulada total de 100,01 mm, utilizada como chuva de projeto no modelo (Figura 2).

$$t_c = 0,0195 \cdot L^{0,77} \cdot D^{-0,385} \quad (2)$$

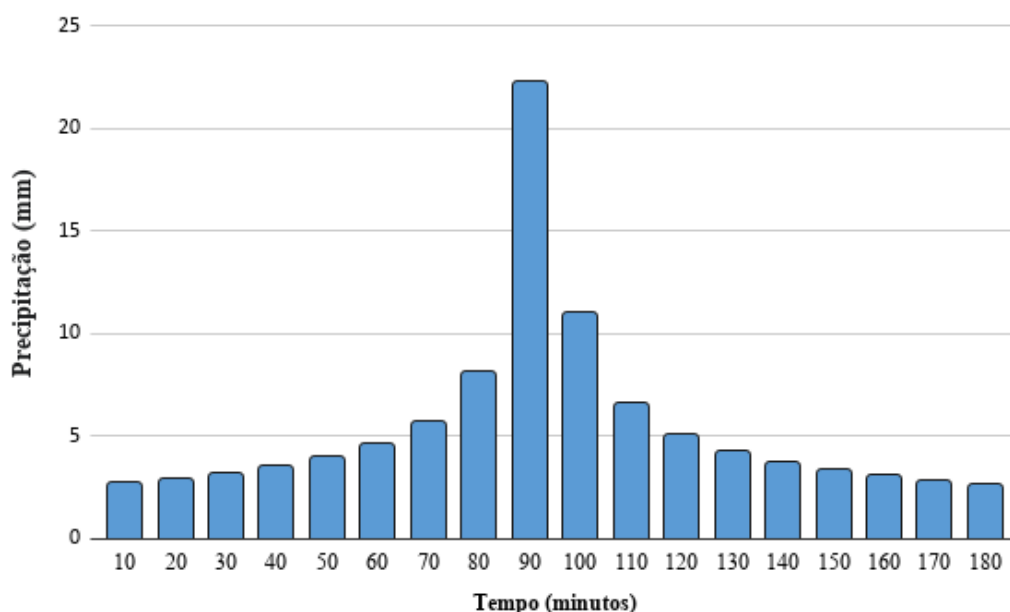


Figura 2 – Distribuição da precipitação utilizando a curva IDF do município de Recife.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vetorização das ortoimagens, demonstrada na Figura 3, evidencia o crescimento da mancha urbana na bacia ao longo dos anos, com a substituição de grande parcela das áreas permeáveis por superfícies impermeabilizadas. As áreas ainda vegetadas estão, predominantemente, nas dependências do campus da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), onde o crescimento da

mancha urbana é controlado; este setor constitui, portanto, um importante reduto para a manutenção das funções hidrológicas da bacia do riacho Cavouco.

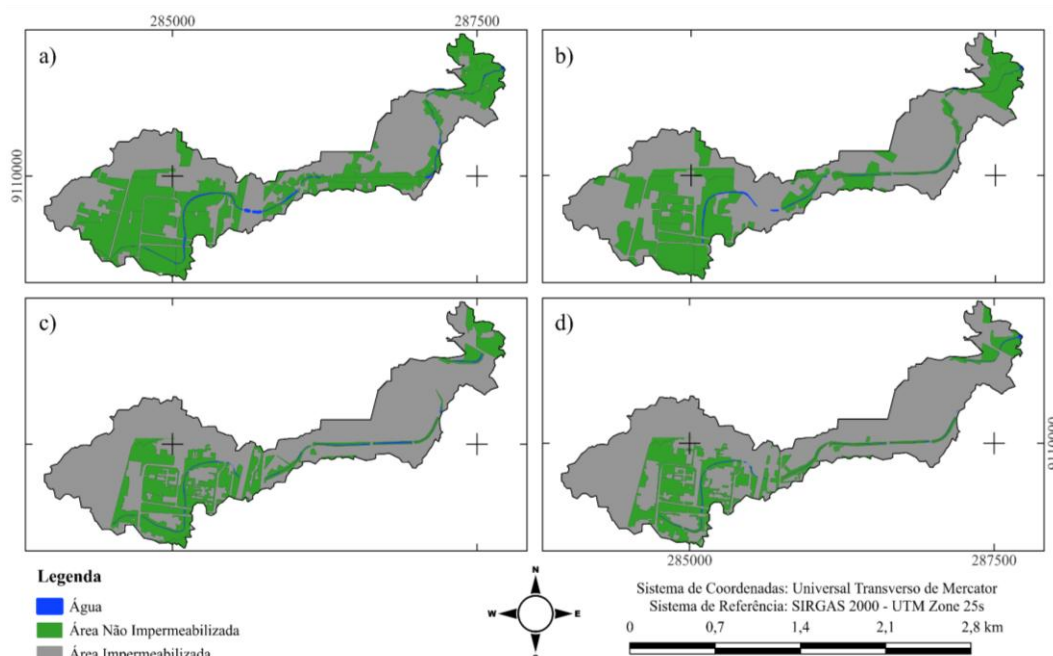


Figura 3 – Mapas de uso e cobertura do solo para os anos de: a) 1974, b) 1984, c) 2014 e d) 2023.

As mudanças do uso do solo podem ser vistas de forma quantitativa na Tabela 2. Nota-se que a área impermeabilizada aumentou cerca de 54,0% entre 1974 e 2023, enquanto a área não impermeabilizada apresentou redução de 58,4% no mesmo período. Em contrapartida, a classe de água não apresentou alterações significativas.

Tabela 2 – Mudanças de uso e cobertura do solo entre os anos de 1974 e 2023.

Classe/Área	1974		1984		2014		2023	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
Água	0,04	1,7	0,03	1,6	0,03	1,6	0,03	1,6
Área Não Impermeabilizada	1,01	46,7	0,76	35,3	0,49	22,8	0,42	19,2
Área Impermeabilizada	1,11	51,6	1,36	63,1	1,63	75,6	1,71	79,2

Fonte: Autores (2026).

O aumento da área impermeabilizada e a redução gradual das áreas permeáveis acarretam maior escoamento superficial e menor capacidade de infiltração do solo. Esse comportamento também é refletido nos valores de CN obtidos para os diferentes cenários, sendo: 76,86 para o ano de 1974; 81,99 em 1984; 88,79 para 2014; e 89,00 para 2023.

Com base nos resultados da simulação, a Figura 4 apresenta a variação temporal da vazão na saída da bacia para os quatro cenários simulados. No Cenário 1, que representa 51,6% de área impermeabilizada (CN = 76,86), a vazão de pico atinge 25,87 m³/s. O comportamento pode ser atribuído às características físicas da bacia do riacho Cavouco, que possui um solo com característica de geração de escoamento superficial acima da média e com baixa capacidade de infiltração (Fonseca Neto, 2018).

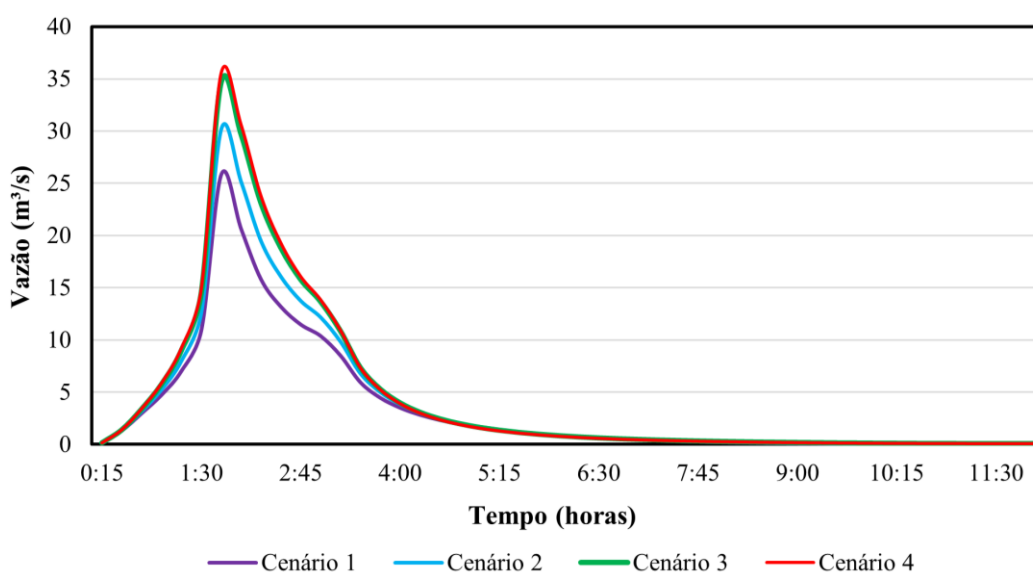


Figura 4 – Hidrogramas comparativos dos cenários simulados: 1) 1974, 2) 1984, 3) 2014 e 4) 2023.

No Cenário 2, a ocupação urbana corresponde a 63,1% da área da bacia, refletindo no aumento de superfícies impermeáveis. Como resultado, o valor de CN foi elevado para 81,99. Essa alteração no uso e cobertura da terra intensifica o escoamento superficial, evidenciado pela vazão de pico de 30,20 m³/s, equivalente a um aumento de 16,7% em relação ao Cenário 1.

Os maiores valores de vazão foram observados nos Cenários 3 e 4, os quais apresentam os maiores percentuais de impermeabilização da bacia, correspondendo a 75,6% e 79,2% da área total, respectivamente. Nessas condições, as vazões atingiram 34,63 m³/s no Cenário 3 e 35,54 m³/s no Cenário 4, cuja proximidade está associada à semelhança entre os percentuais de áreas impermeáveis, refletindo em valores de CN também próximos, de 88,79 e 89,00, respectivamente.

A análise da duração e do volume de inundação da bacia durante o evento simulado indica que a problemática persiste em todos os cenários, sendo intensificada pelo aumento da impermeabilização da bacia (Tabela 3). Os resultados também evidenciam um aumento de 33,9% no escoamento superficial entre o Cenário 1 e o Cenário 4, acompanhado de uma redução de cerca de 79,0% na infiltração no mesmo período. De forma complementar, Fonseca Neto *et al.* (2017), ao

analisarem a bacia do riacho Cavouco, destacam que o avanço das ocupações ribeirinhas contribui para a intensificação do escoamento superficial e para a redução da capacidade de drenagem do canal, potencializando a ocorrência de extravasamento da calha natural do riacho.

Tabela 3 – Parâmetros hidrológicos simulados para os diferentes cenários da bacia do Riacho do Cavouco.

Cenário	Escoamento (mm)	Infiltração (mm)	Duração da inundação (h)	Total inundado (m³)
1	69,83	29,78	1,56	37.595
2	81,41	18,25	1,68	58.157
3	92,04	7,67	1,78	78.552
4	93,49	6,24	1,78	81.716

Fonte: Autores (2026).

Na Figura 5, podem ser observadas diferentes seções transversais do Riacho do Cavouco, correspondentes aos pontos de análise definidos na Figura 1. Em sua nascente (P1), o riacho permanece em estado natural, mas logo cruza zonas densamente habitadas, onde sofre o estrangulamento de sua seção. O trecho intermediário (P2), localizado no campus da UFPE, apresenta revestimento em concreto e maior largura de seção. Por fim, próximo ao exutório (P3), o riacho retorna ao estado natural, porém sofre novamente redução da seção devido à ocupação ribeirinha.

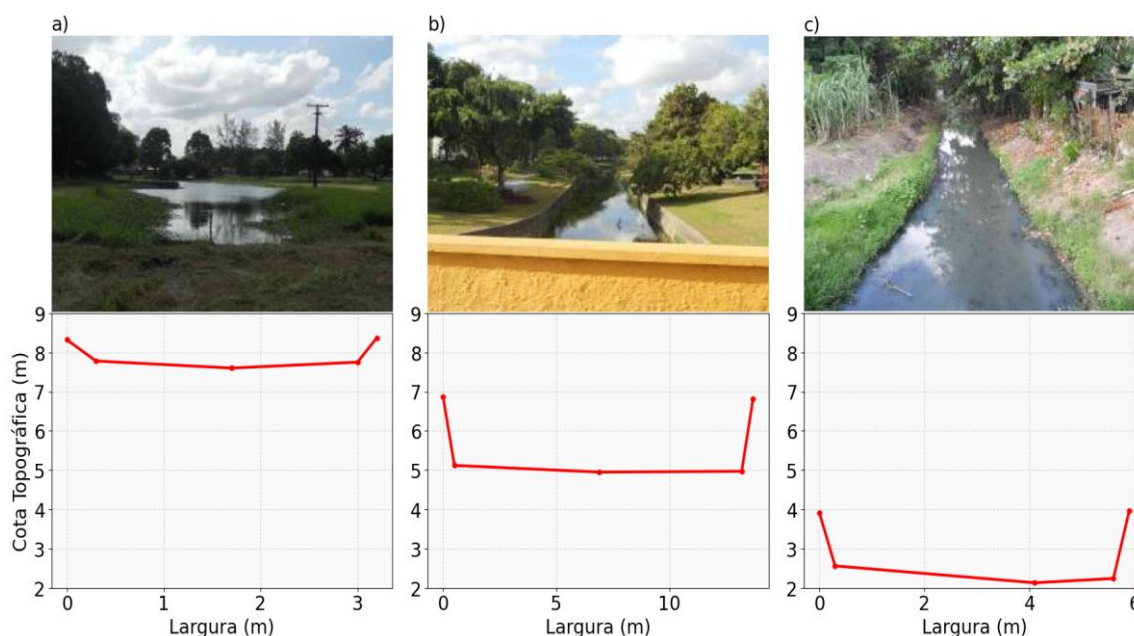


Figura 5 – Seção transversal de trechos do Riacho do Cavouco: a) P1: Nascente/Laguinho, b) P2: Trecho revestido por concreto e c) P3: Exutório/Estado natural.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu quantificar as mudanças de uso e cobertura da terra entre os anos de 1974 e 2023 na bacia. Nesse intervalo de tempo de 49 anos, houve um crescimento de 54,0% na área

impermeabilizada. A modelagem hidrológica realizada no SWMM apontou para um incremento de aproximadamente 10,0 m³/s no escoamento superficial na bacia do riacho do Cavouco entre os cenários analisados.

O crescimento desordenado da área urbana foi responsável pelo estrangulamento da seção de alguns trechos do canal. Somado a isso, o aumento da vazão intensifica o risco de desastres hidrológicos na bacia, principalmente em zonas ribeirinhas próximas ao exutório do corpo hídrico.

Diante dos cenários analisados, as soluções baseadas na natureza (SbN) apresentam-se como alternativas relevantes para a mitigação dos impactos da urbanização sobre a drenagem urbana da bacia do riacho Cavouco. Medidas como jardins de chuva, telhados verdes e pavimentos permeáveis contribuem para o controle do escoamento superficial e para a redução do pico de vazão, além de favorecer a infiltração e melhorar a qualidade das águas pluviais. Ressalta-se a importância da manutenção adequada dos canais de drenagem e da implementação de soluções baseadas na natureza para a redução do escoamento superficial e, consequentemente, do risco hidrológico.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

- ANA – Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (2025). “*Curva Número na Base Ottocodificada*”. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/>. Acesso em: abril 2026.
- APAC. Agência Pernambucana de Águas e Clima. “*PE3D - Pernambuco Tridimensional*” (2025). Disponível em: <https://www.apac.pe.gov.br/pe3d>. Acesso em: outubro de 2025.
- ARJENAKI, M. O.; SANAYEI, H. R. Z.; HEIDARZADEH, H.; MAHABADI, N. A. (2021). “*Modeling and investigating the effect of the LID methods on collection network of urban runoff using the SWMM model (case study: Shahrekord City)*”. Modeling Earth Systems and Environment 7, pp. 1-16.
- CABRAL, J. J. S. P.; BRAGA, R. A. P.; FONSECA NETO, G. C.; CABRAL, P. L.; SANTOS, S. N. (2019). “*Abordagem multidisciplinar no processo de início de revitalização de três riachos da bacia do rio Capibaribe*” in Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Foz do Iguaçu, 2019.
- CARVALHO, J. W. L. T.; MARANGON, F. H. S.; SANTOS, I. (2020). “*Recuperação de rios urbanos: da interdependência e sincronicidade dos processos de desnaturalização em rios e bacias hidrográficas urbanas*”. Revista do Departamento de Geografia 40, pp. 163-174.

CONDEPE/FIDEM. (2025). “*Conselho de Desenvolvimento de Pernambuco/Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife*”. Disponível em: <https://www.condepefidem.pe.gov.br/>. Acesso em: dezembro de 2025.

EPA. U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (2015). “*Storm Water Management Model (SWMM) 5.1*”. Cincinnati, OH: EPA. Disponível em: epa.gov. Acesso em: maio de 2026.

FONSECA NETO, G. C. (2018). “*Vulnerabilidade da macrodrenagem do Riacho Cavouco em Recife em resposta às mudanças climáticas e à abertura das comportas da Barragem de Carpina*”. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife.

FONSECA NETO, G. C. *et al.* (2017). “*Ocupações ribeirinhas e os efeitos no escoamento em curso d'água: o caso do Riacho Cavouco, em Recife-PE*” in Anais do XI Encontro Nacional de Águas Urbanas, Belo Horizonte, 2017.

GOOGLE. “*Google Earth*”. (2026). Disponível em: <https://earth.google.com/web/>. Acesso em: janeiro de 2026.

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, Belo Horizonte, 2024.

RODRIGUES, A. A. *et al.* (2023). “*IDF-BR: Plataforma Web de Equações IDF para o Brasil*”. Pelotas: UFPel. Disponível em: <https://www.idf-br.com.br/>. Acesso em: maio de 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.

SILVA FILHO, J. A.; PAIVA, A. L. R.; CABRAL, J. J. S. P.; ALBUQUERQUE, C. G.; PACÍFICO, G. A. A. (2022). “*Determinação da velocidade de infiltração básica da água: um estudo de caso no laguinho da UFPE*” in Anais do XVI Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, Caruaru, 2022.

TUCCI, C. (2001). “*Hidrologia: Ciência e Aplicação*”. 2 ed. Coleção ABRH de Recursos Hídricos. Volume 4. Editora da UFRGS/ABRH.