

SIMULAÇÃO DE INUNDAÇÃO URBANA POR MEIO DA INTEGRAÇÃO DOS MODELOS SWMM E HEC-RAS 2D: O CASO DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIACHO DO SAPO (MACEIÓ-AL)

Altair Maciel de Barros¹ & Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves²

RESUMO – Este trabalho avaliou a inundação urbana no entorno de um ponto de alagamento da bacia hidrográfica do riacho do Sapo (BHRS), em Maceió-AL, por meio da integração entre os modelos SWMM e HEC-RAS 2D. A modelagem hidrológico-hidráulica 1D da BHRS foi realizada no SWMM, enquanto a propagação 2D da inundação foi simulada no HEC-RAS. A validação do modelo considerou o evento pluviométrico ocorrido em 05/02/2025, associado a intensidades equivalentes a tempos de retorno entre 50 e 100 anos. O modelo no SWMM indicou transbordamento do riacho do Sapo com vazão de pico da ordem de 2,2 m³/s, utilizada como condição de contorno de montante na modelagem 2D. Os resultados indicaram boa concordância entre as manchas e lâminas d'água simuladas e os registros observados em vídeo durante o evento, com diferenças inferiores a 15% nos pontos avaliados. Além disso, a modelagem evidenciou a influência do estrangulamento hidráulico existente no trecho do ponto de alagamento sobre a ocorrência das inundações urbanas na região. Apesar das limitações decorrentes da ausência de dados monitorados de vazão e nível d'água, o estudo demonstrou o potencial da integração SWMM–HEC-RAS 2D na avaliação de inundações urbanas em pequenas bacias fortemente impermeabilizadas.

Palavras-chave – inundação urbana; modelagem hidrológico-hidráulica; integração SWMM-HEC-RAS 2D.

ABSTRACT – This study evaluated urban flooding in the vicinity of a critical point of Riacho do Sapo watershed (BHRS), located in Maceió-AL, Brazil, through the integration of the SWMM and HEC-RAS 2D models. One-dimensional hydrologic-hydraulic modeling of the BHRS was performed using SWMM, while the two-dimensional flood propagation was simulated using HEC-RAS. Model validation considered the rainfall event that occurred on February 5, 2025, associated with rainfall intensities equivalent to return periods ranging from 50 to 100 years. The SWMM model indicated overflow of the Riacho do Sapo, with a peak discharge of approximately 2.2 m³/s, which was used as the upstream boundary condition in the 2D modeling. The results showed good agreement between the simulated flood extent and water depths and the flood conditions observed in video records during the event, with differences lower than 15% at the evaluated points. Furthermore, the modeling highlighted the influence of the hydraulic constriction at critical point on the occurrence of urban flooding in the area. Despite limitations related to the absence of monitored discharge and water level data, the study demonstrated the potential of the integration SWMM–HEC-RAS 2D approach for urban flooding assessment in small highly impervious urban watersheds.

Key-words – urban flooding; hydrologic-hydraulic modeling; SWMM-HEC-RAS 2D integration.

1) ANA: SPO, Área 5, Quadra 3, Bloco N, Brasília-DF. Contatos: (82) 99128-2779 e altair_m@hotmail.com

2) UFAL: Av. Lourival Melo Mota, S/N, Tabuleiro do Martins, Maceió-AL. Contatos: (82) 991056677 e marllus.neves@ctec.ufal.br

1 INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada e a crescente impermeabilização das superfícies têm intensificado os problemas de inundação em áreas urbanas, especialmente em cidades densamente ocupadas (Du *et al.*, 2012). Nesse contexto, a modelagem hidrológico-hidráulica constitui importante ferramenta para a avaliação da dinâmica do escoamento superficial e do comportamento dos sistemas de drenagem urbana. Modelos unidimensionais (1D), como o *Storm Water Management Model* (SWMM), são amplamente empregados na simulação chuva-vazão e na propagação do escoamento em redes de drenagem (Zeng *et al.*, 2021; Bibi *et al.*, 2023). Entretanto, apresentam limitações na representação espacial das inundações após o extravasamento do sistema.

Dessa forma, modelos bidimensionais (2D), como o *River Analysis System* do *Hydrologic Engineering Center* (HEC-RAS), vêm sendo utilizados para simular a propagação das manchas de inundação em ambiente urbano. Estudos recentes indicam que o acoplamento entre modelos 1D e 2D permite representar de forma mais consistente tanto o comportamento hidráulico da drenagem quanto o escoamento superficial em áreas urbanas (Rocha *et al.*, 2021; Khatooni, 2025; Murali *et al.*, 2025).

Na cidade de Maceió, a bacia hidrográfica do riacho do Sapo (BHRS) apresenta recorrentes problemas de inundação urbana associados à elevada impermeabilização, à rápida resposta hidrológica e às limitações hidráulicas do canal principal (Peplau e Neves, 2014; Barros, 2015).

Nesse contexto, este trabalho objetiva avaliar a inundação urbana no entorno do ponto crítico 2 (PC2) da BHRS por meio da integração entre os modelos SWMM e HEC-RAS 2D, utilizando como referência o evento pluviométrico ocorrido em 05/02/2025. O estudo busca representar o transbordamento do riacho do Sapo e a propagação 2D da inundação na região urbana adjacente, avaliando a capacidade da modelagem em reproduzir as características observadas durante o evento.

2 METODOLOGIA

2.1 Área de estudo

A bacia hidrográfica do riacho do Sapo (BHRS) está localizada na área urbana de Maceió. Inserida na zona de transição entre o tabuleiro costeiro e a planície litorânea, a BHRS apresenta área de drenagem de aproximadamente 2,1 km² e possui como principal curso d'água o riacho do Sapo, com cerca de 4,4 km de extensão, predominantemente canalizado em concreto. Para fins de modelagem hidrológica, neste estudo, a BHRS foi subdividida em sete sub-bacias (SB), considerando critérios relacionados à fisiografia, ao uso do solo e à configuração da rede de drenagem (Figura 1.a).

A BHRS apresenta elevada heterogeneidade fisiográfica, combinando áreas planas associadas ao tabuleiro costeiro e à planície litorânea com encostas íngremes na região de transição entre essas

formações geomorfológicas. Nesse contexto, observam-se sub-bacias com baixas declividades, como a SB5 (1,2%) e a SB7 (2,2%), e outras com relevo mais acentuado, como a SB1 (24,1%) e a SB2 (16,5%). Predominam na região os solos dos grupos hidrológicos A e C (USDA, 1986), associados a elevado grau de impermeabilização superficial, superior a 75%, decorrente da intensa urbanização.

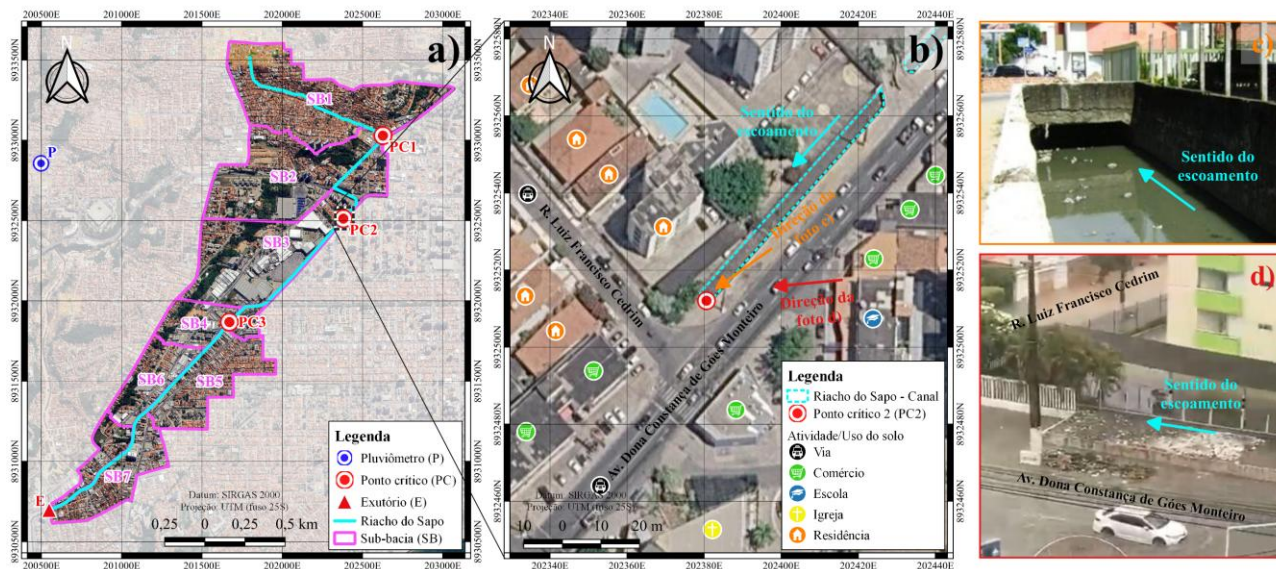


Figura 1 – a) Localização da BHRS, com subdivisão em SB e indicação dos pontos críticos de inundação (PC); b) detalhamento do ponto crítico 2 (PC2); c) vista de montante para jusante do trecho estrangulado do riacho do Sapo no PC2; e d) registro de evento de transbordamento no PC2 ocorrido em 05/02/2025, por volta das 8h30.

Essas características físicas e urbanas da BHRS favorecem uma resposta hidrológica rápida, marcada por elevada produção de escoamento superficial e reduzido tempo de concentração, estimado em aproximadamente 82 minutos por meio da equação de Carter (Silveira, 2005). Além disso, a combinação entre elevada impermeabilização, canais retificados com baixa resistência hidráulica, ocupação urbana consolidada e limitações do sistema de drenagem contribui para a ocorrência de inundações na região (Peplau e Neves, 2014; Barros, 2015).

Dentre os três pontos críticos de inundação identificados na BHRS por Peplau e Neves (2014), este estudo tem como foco o ponto crítico 2 (PC2), localizado a jusante de uma área de contribuição correspondente à soma das SB1 e SB2 e de parte da SB3 (Figura 1.a), configurando uma região sujeita à concentração de volumes escoados superficialmente. A área encontra-se inserida em um contexto urbano densamente ocupado e fortemente impermeabilizado, apresentando histórico de inundação e impactos associados ao transbordamento do sistema de drenagem.

Além dessas características, há uma limitação hidráulica associada ao brusco estrangulamento da seção transversal do riacho do Sapo. Nesse trecho, o canal aberto passa a conduzir o escoamento por meio de uma galeria fechada, ocorrendo redução da profundidade da seção em cerca de 43,5%, passando de 2,48 m para 1,40 m (Figura 1.c). Essa redução abrupta favorece o extravasamento do

sistema mesmo para chuvas com tempos de retorno (TR) relativamente baixos (Barros, 2015).

Barros (2015), realizando simulações hidrológicas e hidráulicas unidimensionais (1D) no SWMM, indicou que eventos com TR 5 anos já são capazes de provocar inundação da ordem de 31 cm na região, podendo atingir aproximadamente 42 cm para eventos com TR de 50 anos.

O PC2 está inserido em uma região residencial e comercial, e de intensa circulação urbana de Maceió, abrangendo estabelecimentos comerciais e vias de acesso à orla marítima, como a Avenida Dona Constança de Góes Monteiro (Figura 1.b). Dessa forma, as inundações na região produzem impactos sobre a mobilidade urbana, o funcionamento das atividades comerciais e a segurança da população, justificando a escolha da área como objeto de estudo para avaliação do risco de inundação urbana por meio do acoplamento dos modelos SWMM e HEC-RAS 2D.

2.2 Modelagem hidrológico-hidráulica 1D da BHRS no SWMM

A modelagem hidrológica e hidráulica 1D da BHRS foi realizada no SWMM 5.2.4 (Rossman e Simon, 2022), considerando a sua discretização em sete SB e a representação do canal principal (riacho do Sapo) por meio de 15 condutos e 16 nós, adotando-se o método da onda dinâmica para a propagação do escoamento.

Os parâmetros área (A) e declividade (S) das SB foram obtidos via tratamento, no QGIS 3.22.2, do Modelo Digital do Terreno (MDT), com resolução espacial de 0,5 m, gerado com base nas curvas de nível a cada metro de Maceió (Maceió, 1999); e a largura característica do escoamento (W) foi estimada pela razão entre a área e o comprimento máximo do escoamento (Huber e Dickinson, 1992).

A caracterização da cobertura do solo da BHRS foi realizada por interpretação visual de imagens de alta resolução espacial do Google Earth, em torno de 1 m, e verificações de campo.

O método de infiltração adotado foi o do *Natural Resources Conservation Services* (NRCS), cujo principal parâmetro é o *Curve Number* (CN). A estimativa do CN considerou a combinação entre os grupos hidrológicos do solo e as classes de cobertura do solo das SB, com base em valores de referência do NRCS (USDA, 1986). Para cada SB, o CN foi obtido por média ponderada pela área, a partir da sobreposição dos mapas de solo e uso do solo.

O percentual de área impermeável (%AI), correspondente à parcela impermeabilizada diretamente conectada ao sistema de drenagem, foi inicialmente estimado por meio da média ponderada dos coeficientes de escoamento superficial associados às classes de cobertura do solo identificadas (Garotti e Barbassa, 2010). Posteriormente, o %AI foi ajustado via calibração manual, por tentativa e erro, obtendo-se, para um evento pluviométrico, coeficientes de correlação Pearson (R), determinação (R^2) e Nash-Sutcliffe (NSE) superiores a 0,97.

declividade dos condutos), foram obtidas via levantamento topográfico realizado ao longo do canal. O coeficiente de rugosidade de Manning (n - Manning) foi o único parâmetro estimado indiretamente, por meio de visitas de campo e aplicação do método de Cowan (Cowan, 1956). Com base nisso, adotaram-se valores de n iguais a 0,035 para os condutos abertos e 0,045 para os condutos fechados.

Informações detalhadas sobre a estruturação do modelo, os procedimentos de calibração e os resultados obtidos podem ser consultadas em Barros *et al.* (2020) e Barros *et al.* (2026).

2.3 Modelagem hidráulica 2D da região do PC2 no HEC-RAS

A modelagem hidráulica bidimensional (2D) da área afetada pelo transbordamento do riacho do Sapo no ponto crítico 2 (PC2) foi realizada no HEC-RAS 6.6 (USACE, 2024). Para isso, foi elaborado um Modelo Digital de Elevação (MDE) com resolução espacial de 0,5 m a partir do tratamento do MDT descrito anteriormente. O processamento considerou as edificações disponíveis na base cartográfica do município de Maceió (Maceió, 1999), complementadas pela base do Open Buildings (Google Research, 2023). Na ausência de informações mais detalhadas, adotaram-se alturas médias de 0,15 m para os meios-fios (Azevedo Netto e Fernández, 2015) e 3 m para as edificações.

Ressalta-se que a base cartográfica municipal utilizada, devido à sua defasagem temporal, e a base do Open Buildings (Google Research, 2023), em função de suas limitações de escala e detecção, podem não representar integralmente as edificações existentes na área de estudo. Além disso, algumas construções da região apresentam alturas superiores às adotadas neste trabalho. Entretanto, considerando que os níveis d'água simulados não ultrapassaram a altura média assumida para as edificações, essa simplificação foi considerada adequada aos objetivos do estudo.

A Figura 2 apresenta uma comparação entre o MDT original e o MDE obtido para a região do PC2 após a incorporação dos meios-fios e edificações. Observa-se que, diferentemente do MDT, que representa apenas a topografia do terreno natural, o MDE permite representar elementos urbanos capazes de influenciar a dinâmica do escoamento superficial e da inundação.

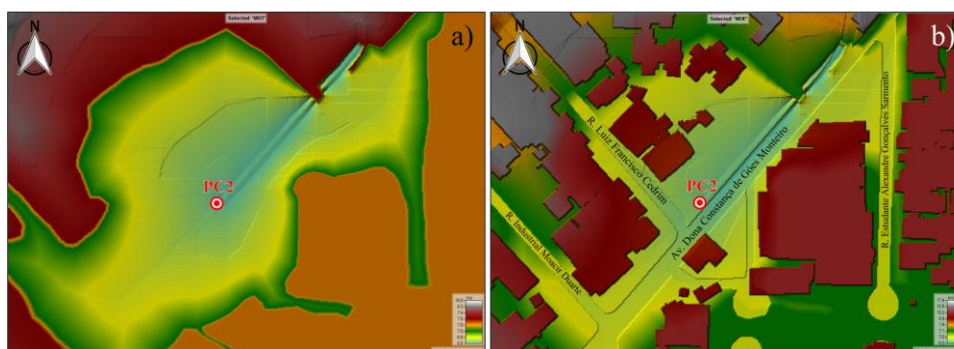


Figura 2 – a) Modelo Digital do Terreno (MDT), com resolução espacial de 0,5 m, obtido para o entorno do ponto crítico 2 (PC2) na BHRS; e b) Modelo Digital de Elevação (MDE), também com resolução espacial de 0,5 m, obtido após o tratamento do MDT com a incorporação dos meios-fios e das edificações existentes na região.

A modelagem 2D no HEC-RAS foi realizada em uma área de aproximadamente 2 ha no entorno do PC2, utilizando uma malha computacional com resolução espacial de 0,5 m, gerada por meio da ferramenta “*Refinement Regions*” do módulo “*2D Flow Areas*”. Considerando o predomínio de superfícies pavimentadas (asfalto e concreto sem acabamento/saliente) na região, foi adotado coeficiente de rugosidade de Manning (n-Manning) igual a 0,017 (Azevedo Netto e Fernández, 2015).

Como condição de contorno de montante, utilizou-se no HEC-RAS o hidrograma de transbordamento (“*flooding*”) simulado no SWMM para o PC2.

2.4 Validação do modelo para o evento de inundação no PC2 em 05/02/2025

Em 05/02/2025, ocorreu na região da BHRS um evento pluviométrico com lâmina total precipitada de 66,4 mm entre as 7h23 e 8h54, correspondente a uma intensidade média de 44,3 mm/h, e com intensidade máxima de 216 mm/h. Esses dados chuva foram obtidos por meio do pluviômetro Feitosa, instalado a aproximadamente 2 km do PC2 (Figura 1.a). Segundo Neves (2025), as intensidades observadas nesse evento pluviométrico correspondem a TR da ordem de 50 a 100 anos.

O evento resultou no transbordamento do riacho do Sapo na região do PC2 e na inundação parcial da Avenida Dona Constança de Góes Monteiro e da Rua Luiz Francisco Cedrim (Figura 1.d).

Diante disso, para validação do modelo proposto, foram utilizados registros de chuva do pluviômetro Feitosa, compreendidos entre 7h23 e 8h54 do dia 05/02/2025, posteriormente convertidos para passo de tempo de 1 min. Adicionalmente, na ausência de dados monitorados de nível d’água no PC2 durante o evento, imagens de vídeo registradas pelos autores foram empregadas na validação do modelo hidráulico 2D desenvolvido no HEC-RAS.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Validação do modelo para o evento de inundação no PC2 em 05/02/2025

A simulação no SWMM do evento pluviométrico ocorrido em 05/02/2025 na BHRS indicou o transbordamento do riacho do Sapo no PC2, em concordância com o observado no local. A Figura 3 apresenta o hidrograma de inundação (“*flooding*”) simulado para o nó do modelo correspondente ao PC2. Ressalta-se que, devido à ausência de dados monitorados de vazão para o evento, não foi possível realizar a calibração específica do modelo para essa ocorrência.

O hidrograma simulado indica duração aproximada de 0,5 h para o transbordamento, com vazão de pico da ordem de 2,2 m³/s, ocorrida por volta das 8h26. Esse hidrograma foi utilizado como condição de contorno de montante no modelo hidráulico 2D desenvolvido no HEC-RAS, resultando na mancha de inundação apresentada na Figura 4.a.

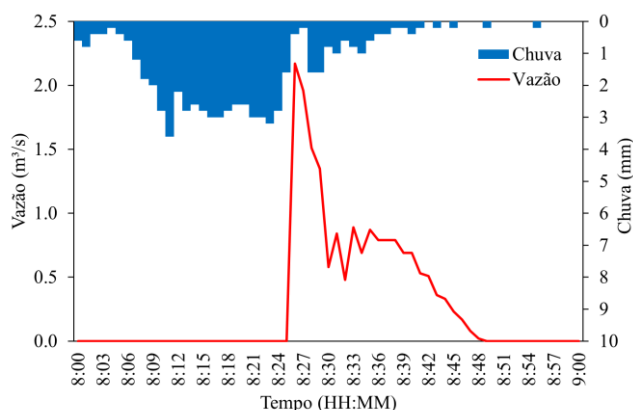


Figura 3 – Hietograma do evento pluviométrico registrado em 05/02/2025 e respectivo hidrograma de transbordamento simulado no ponto crítico 2 (PC2) do riacho do Sapo no SWMM.

A comparação entre os resultados simulados e os registros em vídeo do evento indicou comportamento satisfatório do modelo. Foram identificados dois pontos de referência para estimativa da lâmina d'água observada: i) um ciclista na interseção entre a Rua Luiz Francisco Cedrim e a Avenida Dona Constança de Góes Monteiro, onde a água atingiu aproximadamente o eixo da roda da bicicleta, correspondendo a uma lâmina estimada de 30 cm (Figura 4.b); e ii) um veículo trafegando pela Avenida Dona Constança de Góes Monteiro, próximo à margem esquerda do riacho do Sapo, onde a lâmina atingiu nível ligeiramente superior ao eixo da roda, estimado em 35 cm (Figura 4.c).

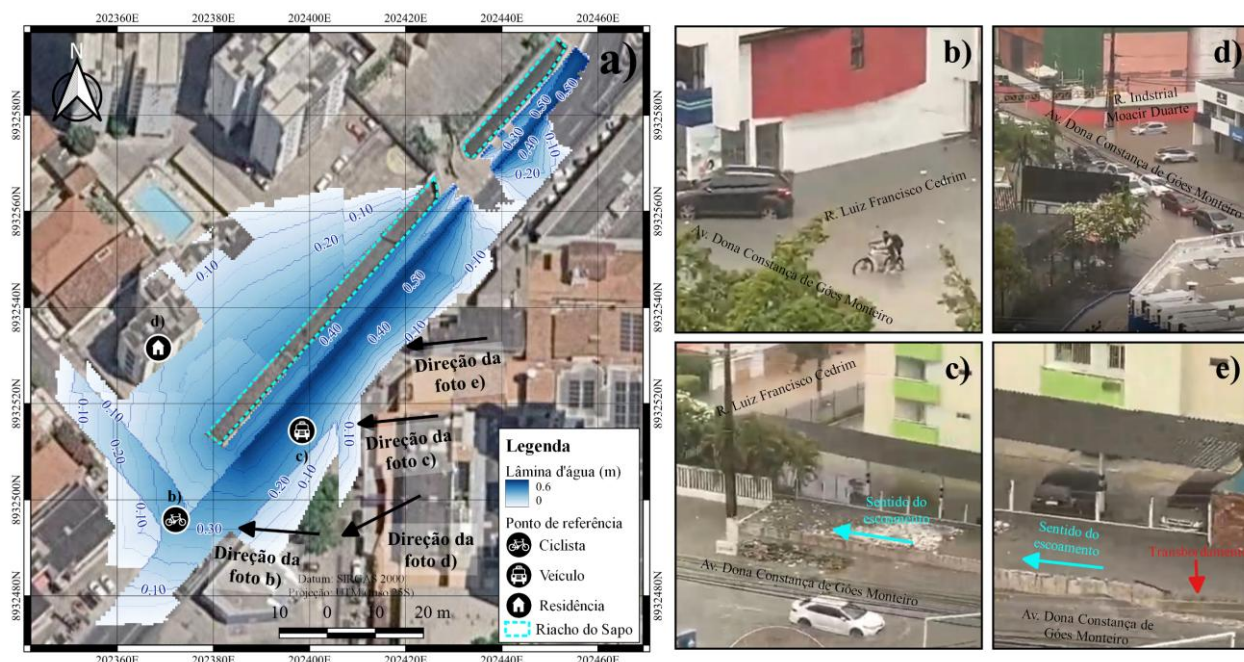


Figura 4 – a) Mancha de inundação simulada para o evento de transbordamento ocorrido no ponto crítico 2 (PC2) do riacho do Sapo em 05/02/2025; b) registro de inundação na interseção entre a R. Luiz Francisco Cedrim e a Av. D. Constança de Góes Monteiro, atingindo um ciclista; c) registro de inundação na Av. D. Constança de Góes Monteiro, à margem esquerda do riacho do Sapo, atingindo um veículo; d) registro de alagamento na região a jusante do PC2, na interseção entre a R. Ind. Moacir Duarte e a Av. D. Constança de Góes Monteiro, não representado na mancha de inundação simulada em (a); e e) registro da ausência de inundação no estacionamento do edifício residencial localizado na margem direita do riacho do Sapo, no entorno do PC2, em contraste com a mancha de inundação simulada em (a).

Nesses mesmos pontos, a simulação no HEC-RAS resultou em lâminas d'água de 32 cm (em i) e 40 cm (em ii), correspondendo a diferenças aproximadas de 2 cm (7%) e 5 cm (14%), respectivamente. Embora a utilização de poucos pontos de comparação limite uma calibração mais robusta do modelo, a escassez de registros com referência temporal e espacial adequada impossibilitou avaliações adicionais. Ainda assim, os resultados indicam boa correspondência entre a modelagem e o comportamento observado durante o evento.

Além das lâminas simuladas, a extensão da mancha de inundação também apresentou concordância satisfatória com os registros observados, abrangendo a Avenida Dona Constança de Góes Monteiro e a Rua Luiz Francisco Cedrim. Entretanto, duas limitações foram identificadas.

A primeira refere-se à extensão da inundação simulada na Avenida Dona Constança de Góes Monteiro, inferior à observada nos registros em vídeo. Durante o evento, a água aparentemente atingiu também parte da Rua Industrial Moacir Andrade, paralela e situada a jusante da Rua Luiz Francisco Cedrim (Figura 4.d), enquanto essa propagação não foi reproduzida pelo modelo (Figura 4.a). Nesse caso, é possível que o sistema de drenagem da região tenha permanecido sobrecarregado durante o evento, reduzindo sua capacidade de absorção do escoamento superficial gerado na BHRS a jusante do PC2. De fato, o modelo no SWMM indicou sobrecarga no conduto fechado localizado a jusante do ponto de transbordamento, o que pode ter contribuído para a ocorrência de alagamentos na bacia hidrográfica não representados na modelagem 2D.

A segunda limitação refere-se à inundação simulada em uma edificação residencial localizada na margem direita do riacho do Sapo, nas proximidades do PC2. O modelo indicou inundação da garagem adjacente ao canal, com lâmina d'água de até 35 cm (Figura 4.a). Contudo, os registros em vídeo não evidenciaram inundação nesse local (Figura 4.e). A análise detalhada dos vídeos sugere que o transbordamento ocorreu predominantemente pela margem esquerda do canal, indicando a possível existência de elementos de proteção localizados na margem direita, como uma mureta, soleira ou pequeno dique, não representado no MDE utilizado na modelagem.

4 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos indicaram que a integração entre os modelos SWMM e HEC-RAS 2D apresentou desempenho satisfatório na representação do evento de inundação ocorrido em 05/02/2025 na região do PC2 da BHRS. A modelagem no SWMM indicou transbordamento do riacho do Sapo com vazão de pico da ordem de 2,2 m³/s, enquanto a simulação 2D no HEC-RAS reproduziu de forma coerente tanto a extensão da mancha de inundação quanto as lâminas d'água observadas nos registros em vídeo, apresentando diferenças inferiores a 15% nos pontos avaliados.

Apesar das simplificações adotadas e das limitações associadas à ausência de dados monitorados de vazão e nível d'água, o estudo demonstrou o potencial da integração entre os modelos para avaliação de inundação urbana em pequenas bacias urbanas. Os resultados também evidenciaram a importância da representação adequada de elementos urbanos, como edificações e meios-fios, na modelagem 2D do escoamento superficial.

Dessa forma, recomenda-se, em trabalhos futuros, o refinamento do MDE, por meio de levantamentos de campo das edificações e estruturas urbanas existentes na região, como muretas, soleiras ou pequenos diques, bem como a avaliação espacialmente distribuída do n-Manning, considerando diferentes tipos de superfícies urbanas. Recomenda-se ainda o aprimoramento da condição de contorno de montante, visando melhor representação hidráulica do trecho de transbordamento do riacho do Sapo, além da ampliação do monitoramento hidrológico e hidráulico da região para obtenção de dados que permitam calibrações futuras mais robustas do modelo.

REFERÊNCIAS

- AZEVEDO NETTO, J.M.; FERNÁNDEZ, M.F. (2015). *“Manual de hidráulica”*. Editora Blucher, 9ª ed., São Paulo-SP.
- BARROS, A.M. (2015). *“Estudo de medidas descentralizadas para o controle do escoamento urbano: aplicação à bacia hidrográfica do riacho do Sapo – Maceió-AL”*. Dissertação de mestrado. PPGRHS-UFAL.
- BARROS, A.M.; NEVES, M.G.F.P.; ALVES, J.M.A.C. (2026). *“Uso de simulação contínua na verificação da resposta hidrológica em função da fração de área permeável: o caso da bacia hidrográfica do riacho do Sapo (Maceió-AL)”* in Anais do XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas (no prelo), Porto Alegre, Out. 2020.
- BARROS, A.M.; NEVES, M.G.F.P.; UCHÔA, L.M. (2020). *“Modelagem hidrológico-hidráulica e simulação contínua para fins de gestão do regime hidrológico de bacias urbanas”* in Anais do XIII Encontro Nacional de Águas Urbanas, Porto Alegre, Out. 2020.
- BIBI, T.S.; REDDYTHA, D.; KEBEBEW, A.S. (2023). *“Assessment of the drainage systems performance in response to future scenarios and flood mitigation measures using Stormwater Management Model”*. City and Environment Interactions, 19.
- COWAN, W.L. (1956). *“Estimating hydraulic roughness coefficients”*. Agricultural Engineering, 37(7), pp. 473-475
- DU, J.; QIAN, L.; RUI, H.; ZUO, T.; ZHENG, D.; XU, Y.; XU, C.Y. (2012). *“Assessing the effects of urbanization on annual runoff and flood events using an integrated hydrological modeling system for Qinhuai River basin, China”*. Journal of Hydrology, 464-465, 127-139.
- GAROTTI, L.M.; BARBASSA, A.P. (2010). *“Estimativa de área impermeabilizada diretamente conectada e sua utilização como coeficiente de escoamento superficial”*. Revista Engenharia Sanitária e Ambiental, 15(1), pp.19-28.

GOOGLE RESEARCH. (2023). “Open Buildings”. Disponível em: <https://sites.research.google/open-buildings/>. Acesso em: 29 de abril de 2026.

HUBER, W.C.; DICKINSON, R.E. (1992). *Storm Water Management Model, version 4: User's manual*. U.S. Environmental Protection Agency. Athens, Georgia.

KHATOONI, K.; HOOSHYARIPOR, F.; MALEKMOHAMMADI, B.; NOORI, R. (2025). “A new approach for urban flood risk assessment using coupled SWMM–HEC-RAS-2D model”. *Journal of Environmental Management*, 374.

MACEIÓ. (1999). *Base Cartográfica Numérica do Município de Maceió*. Secretaria Municipal de Controle do Convívio Urbano. Prefeitura Municipal de Maceió.

MURALI, K.V.; SRINIVASAN, K.; NAYANA, M. D. (2025). “Urban flood risk under climate change: modeling and LID-based solutions”. *Cornous Environmental Sciences*, 2(1), 11-21.

NEVES, M.G.F.P. (2025). “Eu e o meu colega da Ufal, Prof. Vladimir Caramori, fizemos umas contas com a chuva que aconteceu ontem em Maceió”. LinkedIn: @marllus-gustavo-neves Disponível em: https://www.linkedin.com/posts/marllus-gustavo-neves_eu-e-o-meu-colega-da-ufal-prof-vladimir-activity-7293459435492937728-nPUW?utm_source=social_share_send&utm_medium=member_desktop_web&rcm=ACoAAEqoTAQBN6D8hWm_3_qYPED6Av3A1osUWig. Acesso em: 16/05/2026.

PEPLAU, G.J.R.; NEVES, M.G.F.P. (2014). “Análise de critérios para a determinação da vazão de restrição ao escoamento superficial urbano”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 19(4), 97-106.

ROCHA, M.J.D.; PEREIRA, S.P.; LIMA NETO, I.E. (2021). “Integração do SWMM e ferramentas SIG para modelagem hidrológico-hidráulica de bacia complexa”. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 26 (3).

ROSSMAN, L.A., SIMON, M.A. (2022). “*Storm Water Management Model (SWMM) – Version 5.2.4*”. USEPA. Cincinnati, Ohio.

SILVEIRA, A.L.L. (2005). “Desempenho de fórmulas de tempo de concentração em bacias urbanas e rurais”. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 10(1), 5-23.

USACE. (2024). “*HEC-RAS: River Analysis System – Version 6.6*”. HEC. Davis, Califórnia.

USDA. (1986). “*Urban hydrology for small watersheds*”. Technical Release, n.55. Washington D.C.

ZENG, Z.; YUAN, X.; LIANG, J.; LI, Y. (2021). “Designing and implementing an SWMM-based web service framework to provide decision support for real-time urban stormwater management”. *Environmental Modelling & Software*, 135.

AGRADECIMENTOS – Os autores agradecem ao PPGRHS/UFAL e ao CNPq pelo apoio institucional e financeiro. Agradecem, ainda, aos alunos dos cursos de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental e Sanitária da UFAL pela colaboração nas atividades de pesquisa.