

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS

MODELAGEM HIDROLÓGICA DA SUB-BACIA DO RIO MATHIAS EM JOINVILLE - SC UTILIZANDO O SWMM

Carolina Nodari¹; Amanara Potykytã de Sousa Dias Vieira² & Simone Malutta³

Abstract: Flooding is common in the urban area of the municipality of Joinville, located in the northern part of the state of Santa Catarina. The municipality has several stretches of its main urban rivers channeled, such as the Mathias River. In this study, the modeling of the Mathias River sub-basin was performed in SWMM, simulating the hydraulic response of the sub-basin to hydrological events with return times of 5, 10, 25 and 50 years. Scenarios with and without the implementation of a Rain Garden, the chosen LID technology, were also considered. The modeling results indicate the occurrence of flooding in points of the sub-basin even for rainfall with a return time of 10 years, demonstrating that the digital model was able to satisfactorily represent the real problem. In addition, the implementation of LID was able to reduce the peak flow by up to 21.71%, directly impacting the volume overflowed at the flood locations.

Keywords – Flood, modeling, SWMM.

Resumo: A ocorrência de inundações e enchentes na área urbana do município de Joinville, localizado no norte do estado de Santa Catarina, é frequente. O município possui vários trechos de seus principais rios urbanos canalizados, sendo este o caso do Rio Mathias. Neste trabalho foi efetuado a modelagem da sub-bacia do Rio Mathias no SWMM, simulando a resposta hidráulica da sub-bacia a eventos hidrológicos com tempos de retorno de 5, 10, 25 e 50 anos. Também foram considerados cenários com e sem implantação de Jardim de Chuva, tecnologia LID escolhida. Os resultados da modelagem indicam a ocorrência de inundação em pontos da sub-bacia mesmo para chuvas com tempo de retorno de 10 anos, demonstrando que o modelo digital conseguiu representar satisfatoriamente o problema real. Além disso, a implantação de LID conseguiu reduzir em até 21,71% a vazão de pico, impactando diretamente no volume extravasado nos locais de inundação.

Palavras-Chave – Inundação, modelagem, SWMM.

INTRODUÇÃO

A expansão urbana, frequentemente conduzida de forma não planejada, tem promovido alterações no regime hidrológico das bacias urbanas. A substituição de áreas vegetadas por superfícies impermeáveis, compromete a capacidade de infiltração do solo e intensifica o escoamento superficial, contribuindo para a ocorrência de alagamentos e a sobrecarga dos sistemas de drenagem (Alencar *et al.* 2022), além de diminuir a recarga de água subterrânea, degradação da qualidade da água e geração de sedimentos (Villanueva *et al.* 2011).

Entre os diversos problemas enfrentados nas áreas urbanas, a ineficiência dos sistemas de drenagem pluvial se destaca como um dos mais recorrentes e críticos (Vinagre, Lima e Lima Junior, 2017). Dessa forma, torna-se essencial adotar abordagens que integrem planejamento urbano e preservação ambiental. Através de estudos que busquem reduzir os danos causados por eventos

¹) Universidade Federal de Santa Catarina, Estr. Dona Francisca, 8300 - Bloco U - Zona Industrial Norte, Joinville - SC, 89219-600. karolinanodari@gmail.com;

²) Universidade Federal de Santa Catarina. amanara.potykyta@ufsc.br;

³) Universidade Federal de Santa Catarina. simone.malutta@ufsc.br;

extremos e proponham soluções eficientes para os problemas de drenagem urbana (Silva *et al.* 2017).

Por meio da modelagem hidrológica computacional é possível ter uma abordagem eficaz para a compreensão do comportamento de bacias urbanas, permitindo a avaliação dos impactos das intervenções antrópicas, bem como a identificação de áreas suscetíveis a alagamentos e inundações (Cavalcanti, 2020). E também, permite prever condições futuras e avaliar diferentes alternativas para minimizar impactos ambientais, conforme ressalta Almeida e Serra (2017). A utilização de ferramentas computacionais para modelagem hidrológica têm sido empregados para analisar e interpretar a transformação da chuva em vazão com simulação de diferentes cenários (Rocha, Pereira e Neto, 2021; Almeida e Serra, 2017).

Entre os software disponíveis para modelagem hidrológica, o Storm Water Management Model (SWMM), desenvolvido pela agência ambiental americana EPA-US, tem a capacidade de simular o escoamento superficial e o desempenho de sistemas de drenagem. Silva *et al.* (2017) e Gonçalves (2022) complementam que o software é um dos mais utilizados devido ao seu código aberto e de grande aceitação no meio técnico e científico, além de oferecer suporte técnico às tomadas de decisão em projetos de gestão hídrica (Almeida e Serra, 2017).

Atualmente os desafios em drenagem urbanas vêm sendo abordados não só a partir de soluções convencionais, mas também por alternativas sustentáveis baseadas em soluções de baixo impacto, conhecidas como Low Impact Development (LID). Dentre as principais práticas de LID, o jardim de chuva são projetados para captar, reter e infiltrar a água proveniente das chuvas, esse dispositivo verde funciona como microreservatórios, promovendo a recarga do lençol freático, reduzindo o volume de escoamento superficial e contribuindo para a melhoria da qualidade da água (Dourado, Silva e Mendes, 2020). Além disso, eles oferecem vantagens econômicas e ecológicas, atuando como uma solução de baixo custo para a diminuição do escoamento de águas pluviais (Tieppo *et al.* 2017).

Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo realizar uma modelagem hidráulica e hidrológica da sub-bacia do Rio Mathias com o uso do *software* SWMM, para posterior simulação e análise de cenários com e sem a aplicação de jardins de chuva, para eventos de precipitação com tempos de retorno de 5, 10, 25 e 50 anos.

METODOLOGIA UTILIZADA

Área de estudo

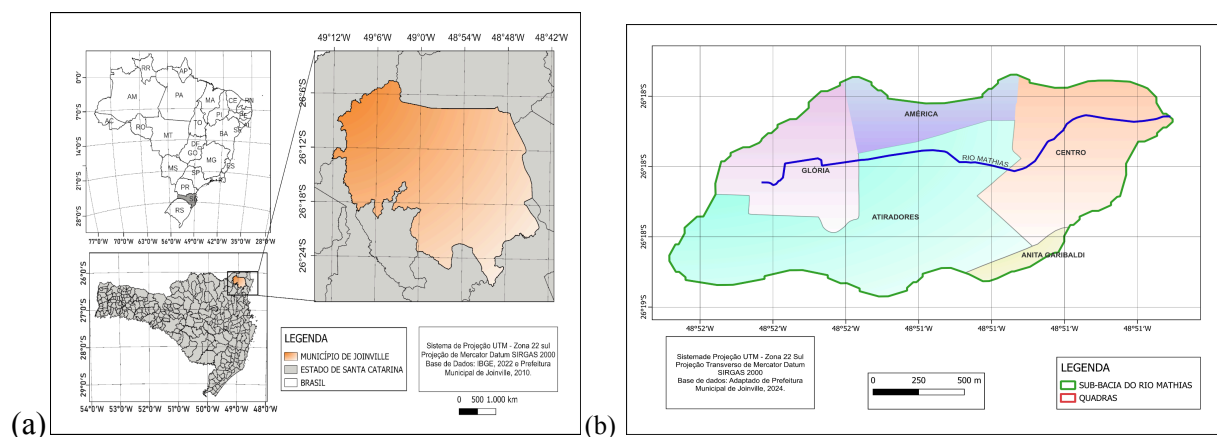
A pesquisa foi desenvolvida na sub-bacia hidrográfica do Rio Mathias, localizada no município de Joinville (Figura 1a), região norte do estado de Santa Catarina e sul do Brasil. De acordo com dados do Censo 2022 do IBGE (2023), Joinville possui uma área territorial de 1.127,95 km², com uma população de 616.317 habitantes e densidade demográfica de 546,41 habitantes por km².

A sub-bacia do Rio Mathias faz parte da bacia hidrográfica do Rio Cachoeira. A área de estudo abrange parcialmente os bairros Atiradores, Anita Garibaldi, Glória, América e Centro (Figura 1b), sendo drenada por um rio principal com 2.577,83 metros de extensão e área de drenagem de 2,57 km² (dados medidos no *software* QGIS).

A ocupação das margens do Rio Mathias iniciou-se no século XIX (Borba e Almeida, 2018), acompanhada por um processo gradual de urbanização que incluiu a construção de galerias subterrâneas para controle de inundações. Estas estruturas foram implantadas de forma fragmentada ao longo do tempo, resultando em trechos com características distintas quanto a dimensões e materiais construtivos. Embora originalmente projetadas para o escoamento pluvial, as galerias

tornaram-se insuficientes devido à crescente impermeabilização do solo, principalmente na região comercial próxima à foz. A análise do mapa hipsométrico de Joinville, derivado de levantamento aerofotogramétrico de 2010 disponível no SIMGeo, indica que áreas mais densamente povoadas e com maior infraestrutura urbana tendem a se concentrar nas regiões de menor altitude, como a foz do Rio Mathias estando abaixo de 5 metros. Em contraste, as áreas menos urbanizadas da sub-bacia hidrográfica se localizam em altitudes mais elevadas, alcançando até 150 metros.

Figura 1 – (a) Mapa de localização de Joinville e (b) da bacia do Rio Mathias



Fonte: Os autores, 2025.

A região apresenta elevados índices pluviométricos, com precipitação média anual variando entre 1.700 mm e 2.700 mm (EPAGRI, 2002). Essa chuva se distribui de forma irregular ao longo do ano, sendo janeiro o mês de maior pluviosidade e agosto o mais seco (Clima Tempo, c2025). Segundo a classificação climática de Köppen, o clima predominante na região é o Cfa, subtropical úmido, caracterizado pela ausência de uma estação seca definida (Amaral et al. 2016).

Para o cálculo de tempo de concentração foi aplicado fórmula de Carter (Equação 1) para estimar o tempo de concentração, resultando em um valor preliminar. Entretanto, em modelagens hidrológicas mais sofisticadas como as realizadas no SWMM, essa primeira aproximação requer refinamento. Como aponta Costa (2023), a simples equivalência entre tempo de concentração e duração de precipitação não garante a identificação do pior cenário hidrológico. Essa constatação leva à necessidade de simular múltiplos eventos pluviométricos com diferentes durações. Esse procedimento se faz necessário para detectar qual configuração produz as condições mais adversas na sub-bacia estudada.

$$T_c = 0,0977 * L^{0,6} * S^{0,3} \quad (1)$$

Onde:

Tc: Tempo de concentração (horas);

L: Comprimento do talvegue principal (km);

S: Declividade do talvegue principal (m/m).

A equação de Intensidade-Duração-Frequência (IDF) estabelecida pela CPRM (2014) para Joinville foi a Equação 2, selecionada devido à proximidade da estação pluviométrica e à disponibilidade de uma série histórica de 39 anos.

$$i = \frac{1218,2 \cdot T^{0,1997}}{(t + 33,7)^{0,7948}} \quad (2)$$

Onde:

i: Intensidade da chuva (mm/h);

T: Tempo de retorno (anos);

t: Duração da precipitação (minutos).

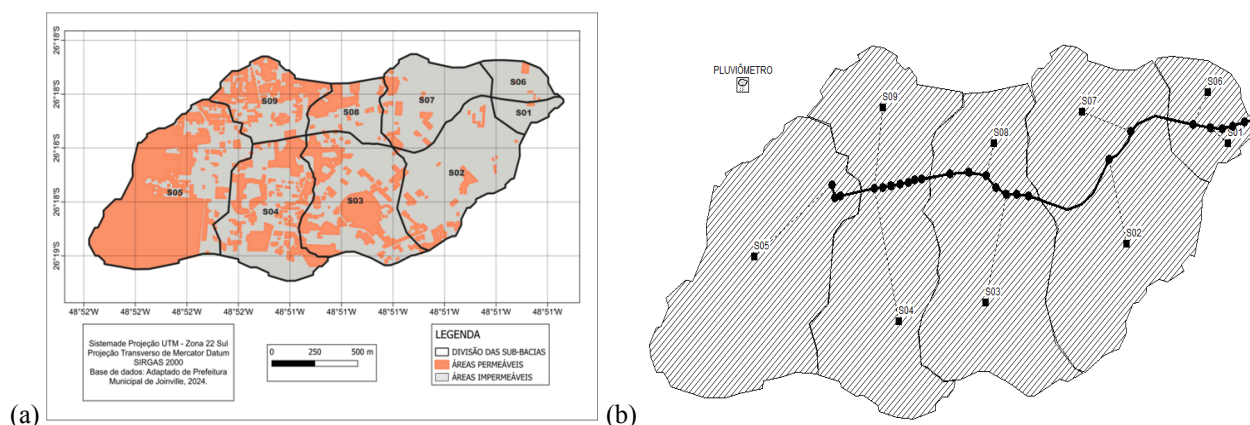
Os detalhes da área de drenagem do Rio Mathias foram adquiridos por meio de informações espaciais em formato vetorial do Banco de Dados Geográficos Municipais (SIMGeo) de Joinville, abrangendo dados sobre rios, relevo e divisas entre os distritos. Para definir os limites da sub-bacia, foi empregado um Modelo Digital de Elevação (MDE) fornecido pelo Banco de Dados Geoespaciais de Santa Catarina (SIGSC), o qual foi convertido para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000/UTM fuso 22S no software QGIS. A demarcação da bacia hidrográfica foi realizada no ponto de saída, onde o Rio Mathias se encontra com o Rio Cachoeira nas coordenadas: 26°18'4.16"S e 48°50'32.11"O.

A definição das microbacias foi realizada a partir da avaliação do traçado das curvas de nível utilizando as curvas altimétricas como base. Em seguida foi quantificado a parcela de superfície permeável e impermeável de forma manual no QGIS em relação à área total de cada microbacia. E posteriormente dividido em nove microbacias conforme demonstrado na Figura 2a.

A modelagem da sub-bacia foi realizada no software SWMM, em que consiste na inserção de dados característicos da bacia, tais como área, largura, declividade, porcentagem de área impermeável, elevação, dimensões dos condutos e dados pluviométricos. Na fase seguinte, cada microbacia é vinculada a um ponto de conexão específico para direcionar o fluxo de água. Assim, S01 conectado ao nó R20, S02 conectado ao nó R17, S03 conectado ao nó R14, S04 e S09 conectados ao nó R03, S05 conectado ao nó R00, S06 conectado ao nó R19, S07 conectado ao nó R18 e S08 conectado ao nó R12, conforme demonstrado na Figura 2b.

O pluviômetro foi configurado com dados de intensidade de chuva (mm/h) com intervalo de registro de 5 segundos. Foram inseridos dados de precipitação correspondentes a tempos de retorno de 5, 10, 25 e 50 anos, calculados a partir da Equação IDF (Equação 2) e distribuídos temporalmente pelo método dos blocos alternados.

Figura 2– (a) Representação das áreas permeáveis e impermeáveis em cada microbacia e (b) Estrutura da macrodrenagem modelada no SWMM



Fonte: Os autores, 2025.

Para as microbacias, definiram-se parâmetros como área e largura equivalente, esta última determinada pelo Método do Retângulo Equivalente. O manual do SWMM oferece uma tabela com coeficientes de Manning (n) para diversas superfícies. Dada a heterogeneidade superficial de cada microbacia, adotou-se uma simplificação, atribuindo um valor representativo de "n" para cada uma. Para isso, identificaram-se os tipos de superfícies presentes em cada microbacia e calculou-se a

média aritmética dos valores de 'n' correspondentes às superfícies impermeáveis e permeáveis.

Assim, foram adotados 1,27 mm para áreas impermeáveis e 2,54 mm para áreas permeáveis. Os parâmetros de condutos foram extraídos da planilha de cadastro do Rio Mathias (Prefeitura Municipal de Joinville, 2022), incluindo geometria, materiais e dimensões. O trecho T01 foi adicionado com características semelhantes ao T02. Em trechos sem informação de profundidade, a altura do canal foi considerada igual à base. O material do fundo foi utilizado como referência para todo o canal. Os trechos T17 a T20 foram divididos em quatro segmentos com comprimentos determinados no Google Earth Pro. Os coeficientes de Manning para os trechos foram definidos com base nos materiais, utilizando os valores máximos sugeridos pelo manual do SWMM. Os nós foram posicionados nos pontos mais baixos e em vias públicas.

Para simular a implementação de jardim de chuva, foram destinadas à simulação 20% da área impermeabilizada das microbacias S01, S02, S03, S04, S06, S07 e S08, com um perfil de solo composto por camada vegetal de 15 cm, solo arenoso de 90 cm e armazenamento de 50 cm, utilizando parâmetros de solo arenoso do manual do SWMM.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A implementação de jardim de chuva para um cenário de TR de 5 anos demonstrou que para uma intensidade pluviométrica máxima de 16,63 mm/h, a vazão de pico foi controlada apresentando uma diminuição de 18,57% quando comparado ao cenário sem a adoção de tais medidas. O tempo de 40 minutos para atingir a vazão máxima não sofreu modificação, seja com ou sem a implementação do jardim de chuva (Figura 3a).

A precipitação de 19,10 mm/h para o evento de TR de 10 anos resultou em uma vazão de pico de 17,27 m³/s no cenário convencional. Com a implementação do jardim de chuva, essa vazão foi reduzida para 13,52 m³/s, representando uma diminuição de 21,71%. Além disso, houve variação no tempo para que o pico ocorresse. No cenário convencional, o escoamento máximo foi atingido após 40 minutos, com a inclusão do jardim de chuva esse tempo foi reduzido para 35 minutos (Figura 3b).

Em um cenário de evento pluvial caracterizado por uma precipitação máxima de 22,94 mm/h em um TR de 25 anos, conforme Figura 4c, a intervenção com jardim de chuva proporcionou uma redução na vazão de pico de 22,05 m³/s para 17,60 m³/s, representando uma atenuação de 20,18%. Esse cenário também indicou uma aceleração no tempo de resposta da bacia, com o pico de vazão sendo registrado 5 minutos antes, passando de 40 minutos no sistema convencional para 35 minutos com a medida adotada.

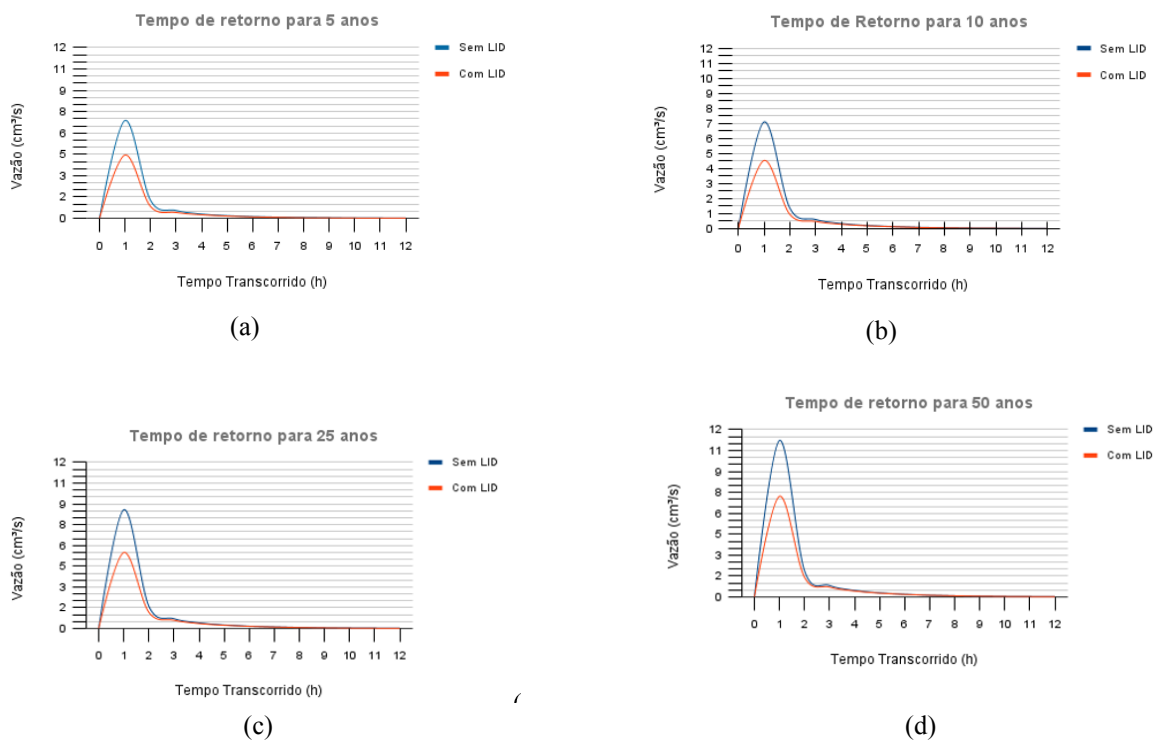
Para um TR de 50 anos (Figura 3d), com uma precipitação de intensidade igual a 26,23 mm/h, observou-se que a presença do jardim de chuva foi capaz de reduzir a vazão de pico em 18,57%, passando de 16,26 m³/s para 13,24 m³/s. Nesse cenário de maior intensidade, o tempo para atingir a vazão máxima permaneceu inalterado em 40 minutos, tanto com a implantação do jardim de chuva quanto sem a sua intervenção.

Os resultados obtidos demonstraram de forma clara a eficácia da implementação do jardim de chuva na redução da vazão de pico em todos os eventos de chuva simulados, com tempos de retorno de 5, 10, 25 e 50 anos. No cenário de TR 5 anos, houve uma diminuição de 18,57% na vazão de pico. Para TR 10 anos, a redução foi ainda maior, atingindo 21,71%. Já nos eventos com TR de 25 e 50 anos, as quedas foram de 20,18% e 20,13%, respectivamente. Esses dados indicam que, mesmo sob chuvas mais intensas, a técnica LID aplicada foi capaz de atenuar o volume máximo de escoamento superficial, contribuindo para a mitigação de alagamentos urbanos.

No entanto, observou-se que, apesar da diminuição da vazão, o tempo de ocorrência do pico não foi retardado como seria esperado. Em dois dos quatro cenários, o tempo até o pico foi

antecipado em 5 minutos, e nos demais permaneceu inalterado em relação ao cenário sem LID.

Figura 3 – Hidrogramas para os TR de 5 (a), 10 (b), 25 (c) e 50 anos (d).



Fonte: Os autores (2025).

Esse resultado contraria a expectativa comum de que as técnicas LID retardem o pico. Esse comportamento pode estar associado à saturação precoce da estrutura LID frente à intensidade das chuvas. Uma vez saturado, o sistema tende a escoar mais rapidamente parte do volume excedente, o que explicaria a antecipação do pico. Ainda assim, a redução da vazão de pico mostrou-se eficaz, indicando que a capacidade de armazenamento e infiltração dos jardins de chuva contribui efetivamente para o amortecimento do escoamento superficial, mesmo sob condições de maior severidade.

A análise hidrológica demonstrou que, após atingir a vazão de pico, o escoamento superficial no Rio Mathias foi reduzido progressivamente até estabilizar-se após 6 horas do início do evento. Esse comportamento pode ser atribuído à baixa declividade da bacia hidrográfica. A inclinação do terreno implica menor gradiente hidráulico, limitando a energia potencial disponível para o escoamento superficial, o que contribui para a estabilização da vazão. a tabela abaixo pode ser visualizado os dados obtidos.

Tabela 1 – Quantitativo de redução com o uso de jardim de chuva

Tempo de Retorno	Vazão de pico sem LID (m³/s)	Vazão de pico com LID (m³/s)	Redução (%)
5 anos	16,26	13,24	18,57
10 anos	17,27	13,52	21,71
25 anos	22,05	17,60	20,18
50 anos	31,49	25,15	20,13

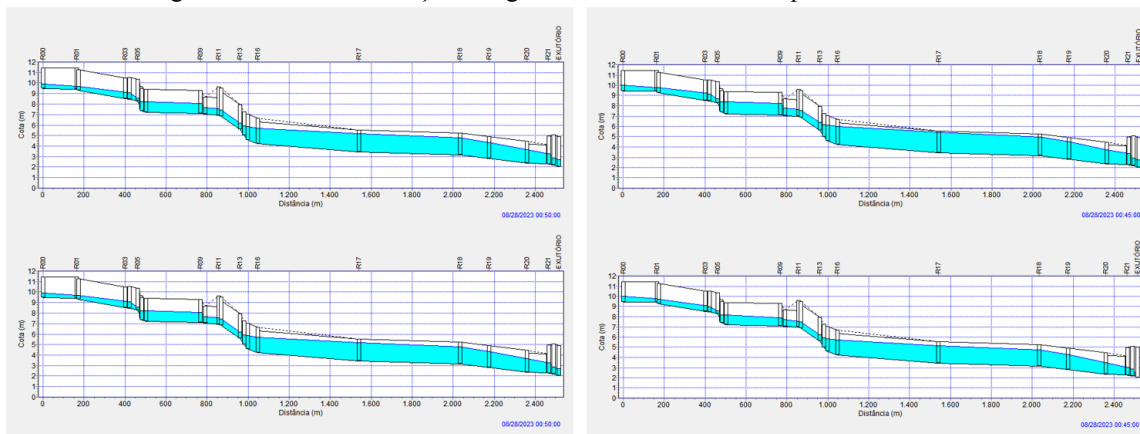
Fonte: Os autores (2025).

Perfis de inundação

A análise da Figura 4 apresenta os cenários com e sem a implementação do jardim de chuva, não houve registro de pontos de alagamento para eventos com tempo de retorno de 5 anos. Isso demonstra que, para chuvas menos intensas, a infraestrutura de macrodrenagem existente opera dentro de sua capacidade, sendo capaz de escoar a vazão gerada por um evento dessa magnitude sem transbordamentos, na ausência de efeito de marés. Na mesma figura, é possível observar que, para um TR de 10 anos, o sistema de drenagem convencional já apresenta sinais de sobrecarga. O ponto crítico identificado foi o nó R17, situado na Rua Pedro Lobo, em frente ao posto RC Centro. O comportamento do sistema nesse ponto sugere que, embora ainda funcional, a infraestrutura existente opera muito próxima de sua capacidade máxima, o que pode comprometer sua eficiência caso ocorra uma precipitação ligeiramente mais intensa ou prolongada.

Para um evento com tempo de retorno de 25 anos, a interpretação da Figura 5 permite inferir que, passados 45 minutos do início da precipitação, a rede de drenagem analisada apresentou sinais de extravasamento nos nós R16, R17 e R18. O nó R16, situado no interior da quadra entre a Rua Expedicionário Holz e a Rua Jacob Eisenhuth, foi o mais afetado, acumulando aproximadamente 1400 m³ de água acima da cota do rio. Em seguida, o nó R18, localizado na Avenida Juscelino Kubitschek, próximo ao cruzamento com a Rua Visconde de Taunay, registrou um volume de inundação de 300 m³. Por fim, o nó R17 apresentou o menor acúmulo entre os três, com um volume de 53 m³. A análise da Figura 8 revela que, apesar da ocorrência de 78 m³ de alagamento no nó R17, a presença do jardim de chuva contribuiu para a contenção do escoamento superficial, evitando o transbordamento nos nós R16 e R18.

Figura 4 – Perfil de elevação de água elaborado no SWMM para TR 5 e 10 anos.



(a) Sem LID e (b) Com LID

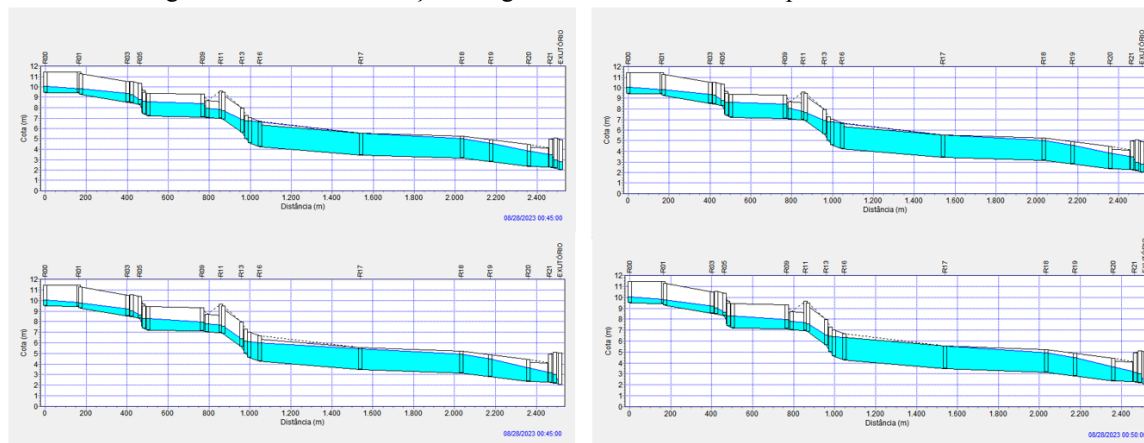
(b) Sem LID e (b) Com LID

Fonte: Os autores (2025).

Para um evento com tempo de retorno de 25 anos, a interpretação da Figura 5 permite inferir que, passados 45 minutos do início da precipitação, a rede de drenagem analisada apresentou sinais de extravasamento nos nós R16, R17 e R18. O nó R16, situado no interior da quadra entre a Rua Expedicionário Holz e a Rua Jacob Eisenhuth, foi o mais afetado, acumulando aproximadamente 1400 m³ de água acima da cota do rio. Em seguida, o nó R18, localizado na Avenida Juscelino Kubitschek, próximo ao cruzamento com a Rua Visconde de Taunay, registrou um volume de inundação de 300 m³. Por fim, o nó R17 apresentou o menor acúmulo entre os três, com um volume de 53 m³. A análise da Figura 5 revela que, apesar da ocorrência de 78 m³ de alagamento no nó R17, a presença do jardim de chuva contribuiu para a contenção do escoamento superficial, evitando o

transbordamento nos nós R16 e R18.

Figura 5 – Perfil de elevação de água elaborado no SWMM para TR 25 e 50 anos.



Sem LID e (b) Com LID

(b) Sem LID e (b) Com LID

Fonte: Os autores (2025).

A análise comparativa dos cenários, com e sem a implantação de jardins de chuva, revela diferenças no comportamento do sistema de drenagem. No cenário base, sem a adoção de soluções sustentáveis, os nós R16, R17 e R18 apresentaram volumes elevados de inundação. Com a implementação dos jardins de chuva, a inundação foi concentrada apenas no nó R17, embora com volume superior ao registrado anteriormente nesse ponto. Ainda assim, o desempenho global do sistema melhorou de forma expressiva, com uma redução de 95,5% no volume total de água acumulada, passando de 1753 m³ para apenas 78 m³.

Quanto a eventos de precipitação com TR de 50 anos, transcorridos 45 minutos do início da precipitação, os nós R15, R16, R17 e R18 sofreram processos de extravasamento. O nó R16 destacou-se com o maior volume de inundação, acumulando 3828 m³, o que indica sobrecarga no sistema local. O nó R18 também apresentou volume significativo, com 798 m³, seguido do nó R17, que registrou 403 m³. Enquanto que o nó R15 posicionado na Rua Expedicionário Holz apresentou um volume acumulado de 113 m³.

Na figura observa-se que, mesmo com a adoção do jardim de chuva, houve ocorrência de inundação no nó R16, com volume de 241 m³, e no nó R17, com 684 m³. Já os nós R15 e R18 permaneceram sem registros de extravasamento, indicando uma melhoria localizada no controle do escoamento superficial.

A implementação do jardim de chuva apresentou resultados distintos entre os nós analisados. No nó R16, houve uma redução do volume de inundação, atingindo 93,7%, evidenciando eficiência no controle do escoamento superficial. Em contrapartida, o nó R17 registrou um aumento de 15% no volume de água. Esses resultados mostram que, embora a solução tenha sido eficaz em determinadas áreas, ela não foi capaz de conter adequadamente as contribuições de escoamento em toda a rede.

Observa-se ainda que, para os diferentes tempos de retorno, o nó R17 se destacou como o ponto mais crítico, possivelmente devido à redução das dimensões da canalização em comparação com o trecho anterior. Os resultados encontrados estão sintetizados na Tabela 2.

Tabela 2 – Taxa de redução para os volumes de inundação

Tempo de Retorno	Nó inundado/alagado sem jardim de chuva	Nó inundado/alagado com jardim de chuva	Redução do volume extravasado
5 anos	-	-	-
10 anos	-	-	-
25 anos	R16, R17 e R18	R17	95,50%
50 anos	R15, R16, R17 e R18	R16 e R17	93,70%

Fonte: Autor, 2024

CONCLUSÕES

A intensificação da impermeabilização do solo em ambientes urbanos têm ampliado os desafios associados à gestão de águas pluviais, particularmente no que se refere à eficiência dos sistemas de drenagem e a eventos extremos de inundação. Diante desse cenário, este estudo objetivou avaliar o impacto da implementação de jardins de chuva na dinâmica hidrológica da sub-bacia do Rio Mathias, localizada na cidade de Joinville em Santa Catarina, por meio do software SWMM.

Foram desenvolvidos dois cenários de simulação: o primeiro representando as condições atuais da sub-bacia e o segundo incorporando a implantação de jardins de chuva em 20% da área das sete microbacias com maior índice de impermeabilização. As análises indicaram reduções na vazão de pico, com diminuições de 18,57% para o tempo de retorno de 5 anos, 21,71% para 10 anos, 20,18% para 25 anos e 20,13% para 50 anos.

Já para os pontos de inundações, verificou-se estabilização em pontos críticos para eventos com tempos de retorno de 5 e 10 anos. Em cenários de maior severidade, foram observadas reduções de 95,55% e 82% no volume total de inundação do sistema para tempos de retorno de 25 e 50 anos, respectivamente. Embora um aumento pontual no volume de água tenha sido observado no nó R17 (rua Pedro Lobo, em frente ao posto de gasolina RC Centro), a capacidade preditiva da modelagem merece ser ressaltada, uma vez que a simulação reproduziu uma condição de inundação observada na realidade.

Portanto, a modelagem da sub-bacia do Rio Mathias confirma que os jardins de chuva são eficazes na redução do escoamento e no controle de inundações, evidenciando o potencial das soluções baseadas na natureza para a gestão sustentável das águas pluviais em áreas urbanas.

Considerando o elevado grau de impermeabilização da sub-bacia do Rio Mathias, a proposta de implantação de jardins de chuva em 20% da área constitui um desafio nas condições atuais. Diante disso, recomenda-se que estudos futuros realizem o mapeamento detalhado de toda a sub-bacia, com o objetivo de identificar e quantificar as áreas potencialmente aptas para a instalação de jardins de chuva. E ainda realizar estudos de viabilidade econômica e análise de custos de manutenção dos jardins de chuva a longo prazo. Essa abordagem permitiria fornecer subsídios para a elaboração de políticas públicas de incentivo ao uso de infraestrutura verde.

REFERÊNCIAS

ALENCAR, S. G.; NETO, M. M. C.; SANDRIN, G. M.; CAMPOS, C. A. B. Técnicas compensatórias de drenagem urbana para manejo de águas pluviais: revisão sistemática e análise comparativa de métodos convencionais e inovadores no estado de mato grosso. In: Encontro Nacional de Águas Urbanas, 14.; Simpósio de Revitalização de Rios Urbanos, 4., 2022, Brasília. **Anais** [...]. Caruaru: ABRH, 2022.

- ALMEIDA, L.; SERRA, J. C. V. Modelos hidrológicos, tipos e aplicações mais utilizadas. **Revista da FAE**, Curitiba, PR, v. 20, n. 1, p. 129 - 137, jan. / jun. 2017.
- BORBA, F. M.; ALMEIDA, G. T. O Rio Mathias na paisagem joinvilense e os espaços patrimoniais no entorno. In: Encontro Estadual de História da ANPUH – SC, 17., 2018, Joinville. **Anais [...]**. Joinville: UNIVILLE, 2023.
- CAVALCANTI, A. A. **Utilização do software SWMM na modelagem hidrológica da sub-bacia do Ribeirão Vai e Volta – Poços De Caldas/MG**. 2020. Dissertação (Mestre em Ciência e Engenharia Ambiental) - Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Alfenas, Poços de Caldas, 2020.
- CPRM - Companhia De Pesquisa De Recursos Minerais. **Atlas Pluviométrico do Brasil**: Equações Intensidade-Duração-Frequência (Desagregação de Precipitações Diárias). Município: Joinville, Estação Pluviográfica: Primeiro Salto do Cubatão Código 02649060 e Estação Pluviométrica: Joinville (RVPSC) Código 02648014. Weschenfelder, A. B.; Pickbrenner, K.; Pinto, E. J. A. Porto Alegre: CPRM, 2014. Acesso em: 20 jan. 2025. Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/handle/doc/17514>.
- DOURADO, L. S.; SILVA, M. A.; MENDES, S. R. S. Jardim de chuva como técnica compensatória: Um estudo no município de Goiânia. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2020.
- EPAGRI - Empresa De Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. CD-ROM. Acesso em: 20 jan. 2025. Disponível em: <https://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php/solucoes/climatologia/>.
- GONÇALVES, L. S. M. **Desenvolvimento de ferramenta para simulação de dispositivos de drenagem urbana sustentável utilizando eventos de chuva característicos**. 2022. Tese (Doutor em Engenharia Urbana) - Centro De Ciências Exatas e De Tecnologia, Universidade Federal De São Carlos, São Carlos, 2022.
- GOOGLE EARTH PRO. [imagem geográfica]. Imagem de satélite da área central de Joinville, SC. Imagem de 28 abr. 2025. Versão 7.3.6. Disponível em: Google LLC. Acesso em: 18 maio 2025.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. **Downloads Sistema de Informações Municipais Georreferenciadas (SIMGeo)**: levantamento hidrográfico: altimetria: limites: hipsometria. 2024. Acesso em: 29 nov. 2024. Disponível em: <https://www.joinville.sc.gov.br/publicacoes/downloads-sistema-de-informacoes-municipais-georreferenciadas-simgeo/>.
- PREFEITURA MUNICIPAL DE JOINVILLE. Secretaria de Planejamento, Orçamento e Gestão. Base cartográfica do município de Joinville. 2010; 2024. Escala 1:10.000 / 1:5.000. Executado por: Aeroimagem Engenharia e Aerolevantamento, 2010. Acesso em: 29 nov. 2024. Disponível em: <https://www.joinville.sc.gov.br/publicacoes/downloads-sistema-de-informacoes-municipais-georreferenciadas-simgeo/>.
- ROCHA, M.J.D.; PEREIRA, S.P.; LIMA NETO, I.E. Integração do SWMM e ferramentas SIG para modelagem hidrológico-hidráulica de bacia complexa. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 26, n. 3, p. 451-459, maio / jun. 2021.
- SILVA, N. R. L.; VINAGRE, M. V. A.; BELLO, L. A. L.; CUNHA, M. A. Aplicação do modelo de gestão de drenagem urbana (SWMM) na sub - bacia 2 da estrada nova em Belém do Pará. **Sustentare**, Três Corações, MG, v. 1, n. 1, p. 1-17, ago. / dez. 2017.
- TAVANTI, D. R.; BARBASSA, A. P. Análise dos desenvolvimentos urbanos de baixo impacto e convencional. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, [s.l.], v. 17, n. 4, p. 17-28, out. / dez. 2012.
- TIEPPO, M. M.; OLIVEIRA, P. C. S.; JAVORSKE, D. C.; MADUREIRA, E. M. P. Jardins de chuva: um estudo de caso para cascavel. In: Encontro Científico Cultural Interinstitucional, 15.; Encontro Internacional, 1. **Anais [...]**. Cascavel: Dom Bosco, 2017.
- VILLANUEVA, A. O. N.; TASSI, R.; ALLASIA, D. G.; BEMFICA, D.; TUCCI, C. Gestão da drenagem urbana, da formulação à implementação. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v. 8, n. 1, p. 5-18, jan. / jun. 2011.
- VINAGRE, M.V.A.; LIMA, A.C.M.; LIMA JUNIOR, D.L. Estudo do comportamento hidráulico da Bacia do Paracuri em Belém (PA) utilizando o programa Storm Water Management Model. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 361-368, jul. / set. 2015.