

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DE TECNOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO DE BAIXO IMPACTO (LID_s) NO ESCOAMENTO SUPERFICIAL NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PONTE GRANDE/LAGES-SC

Paulo Cesar Fiori Justen¹; Leonardo Francisco Zatti²; Felipe Perotoni Perdoná³; Felizardo Moraes Neto⁴; Daniele Caroline Pereira⁵; Vitória da Silva de Souza⁶; Leonardo Josué Biffi⁷ & Sabrina Antunes Vieira⁸

Abstract: Floods and inundations are natural phenomena intensified by human activities, such as excessive runoff, poor drainage, and unplanned urban growth. This study evaluated the effectiveness of Low Impact Development (LID) technologies in reducing surface runoff in the Ponte Grande River basin, Lages-SC. Using the PCSWMM software, three LIDs—green roofs, permeable pavements, and rainwater harvesting cisterns—were simulated. Results showed an average reduction of 9.29% in runoff volume and 13.07% in peak flow. Highly impervious sub-basins saw reductions up to 30.03% in peak flow and 42.06% in runoff volume, while more permeable areas had less impact, emphasizing the need for sub-basin-specific analysis. Statistical tests confirmed significant differences between scenarios with and without LIDs. The findings support LIDs as effective tools for mitigating urban flooding under intense rainfall, contributing to sustainable stormwater management and resilient urban planning.

Resumo: As enchentes e inundações são fenômenos naturais agravados por ações humanas, como o aumento do escoamento superficial, drenagem inadequada e urbanização desordenada. Este estudo avaliou a eficácia de Tecnologias de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID_s) na mitigação do escoamento superficial na bacia do rio Ponte Grande, em Lages-SC. Utilizou-se o software PCSWMM para simular cenários com três LID_s: telhados verdes, pavimentos permeáveis e cisternas. Os resultados indicaram redução média de 9,29% no volume total de escoamento e 13,07% na vazão de pico. Sub-bacias com maior impermeabilização apresentaram reduções de até 30,03% na vazão de pico e 42,06% no volume. Em áreas mais permeáveis, o impacto foi menor, reforçando a importância de uma avaliação individualizada. A análise estatística revelou diferenças significativas entre os cenários com e sem LID_s. Os resultados demonstram a eficiência das LID_s como estratégias sustentáveis para reduzir inundações em áreas urbanas sujeitas a chuvas intensas, contribuindo para o planejamento urbano resiliente.

Palavras-Chave – PCSWMM, drenagem sustentável, inundação.

1) UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, Av. Luiz de Camões, 2090, Lages/SC, (49) 3289-9100, paulo.cjf@edu.udesc.br
2) UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, Av. Luiz de Camões, 2090, Lages/SC, (49) 3289-9100, zatti_leo@hotmail.com
3) UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, Av. Luiz de Camões, 2090, Lages/SC, (49) 3289-9100, perotonifelipe15@gmail.com
4) UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, Av. Luiz de Camões, 2090, Lages/SC, (49) 3289-9100, felizardo.neto@edu.udesc.br
5) UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, Av. Luiz de Camões, 2090, Lages/SC, (49) 3289-9100, dc.pereira1203@edu.udesc.br
6) UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, Av. Luiz de Camões, 2090, Lages/SC, (49) 3289-9100, vitoria.souza@edu.udesc.br
7) UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, Av. Luiz de Camões, 2090, Lages/SC, (49) 3289-9100, leonardo.biffi@udesc.br
8) UDESC – Universidade do Estado de Santa Catarina, Av. Luiz de Camões, 2090, Lages/SC, (49) 3289-9100, sabrina.vieira@udesc.br

INTRODUÇÃO

O crescimento desordenado das áreas urbanas tem exacerbado os problemas associados ao escoamento superficial e às inundações, particularmente em bacias hidrográficas urbanizadas. A impermeabilização do solo urbano, decorrente da expansão das cidades e do aumento das superfícies impermeáveis, reduz a capacidade de infiltração da água da chuva, resultando em um aumento significativo do volume de escoamento superficial (Tucci, 2009). Esse fenômeno sobrecarrega os sistemas de drenagem existentes, levando a uma frequência maior de inundações, alagamentos e enchentes (Pinto, 2011; Araújo et al., 2000). Além disso, podem gerar problemas de poluição difusa em corpos d'água, como rios e lagos (Kuruppu e Rahman, 2019), podendo levar a sérios problemas de saúde devido ao contato com águas contaminadas (Teixeira et al., 2020).

Para mitigar esses impactos, as Tecnologias de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LID) têm se destacado como soluções eficazes. As LIDs visam replicar os processos naturais de drenagem, promovendo a infiltração da água e reduzindo o escoamento superficial (Girardi *et al.*, 2023). Entre as medidas LID, destacam-se os pavimentos permeáveis, os telhados verdes e as cisternas para captação de água da chuva (Souza *et al.*, 2012).

Os pavimentos permeáveis são projetados para permitir a passagem da água da chuva através de sua superfície e substrato, reduzindo o volume de escoamento. Esses pavimentos, compostos por materiais porosos como blocos de concreto vazado ou revestidos com vegetação rasteira, têm demonstrado um bom desempenho em termos de infiltração, apesar de terem uso limitado em áreas com tráfego pesado (Kuruppu et al., 2019; Araújo et al., 2000; Jabur, 2015). Os telhados verdes, compostos por camadas de substrato e vegetação, promovem a retenção e evaporação da água da chuva, reduzindo o escoamento superficial e oferecendo um isolamento adicional, podendo reduzir o pico de vazão em até 85% (Dunnet e Kingsbury, 2004; Kolb, 2004; Moran et al., 2004). Já as cisternas para captação de água da chuva podem armazenar água que pode ser utilizada em períodos secos, aliviando a pressão sobre os sistemas de drenagem durante eventos de chuva intensa e fornecendo uma fonte adicional de água para fins não potáveis (Salles et al., 2009; Brito et al., 2019).

No contexto das inundações no estado de Santa Catarina, Lages se destaca pela alta incidência de eventos de inundação, ficando atrás apenas de Blumenau e Canoinhas (Herrmann et al., 2014). Os eventos de enchentes documentados, como os de 2005, 2008, 2011, 2014, 2017 e 2023 (Magro, 2021; Neto, 2019) evidenciam a necessidade urgente de medidas eficazes de controle e mitigação.

Desta forma, este estudo visa realizar simulações utilizando o software PCSWMM para avaliar os impactos da implementação de pavimentos permeáveis, telhados verdes e cisternas, na sub-bacia do Rio Ponte Grande, em Lages/SC. O objetivo é quantificar a redução do escoamento superficial e vazão de pico das 3 LIDs em conjunto. Os resultados esperados contribuirão para a compreensão das melhores práticas de gestão de águas pluviais, oferecendo alternativas eficazes para o planejamento urbano em regiões sujeitas a inundações.

METODOLOGIA

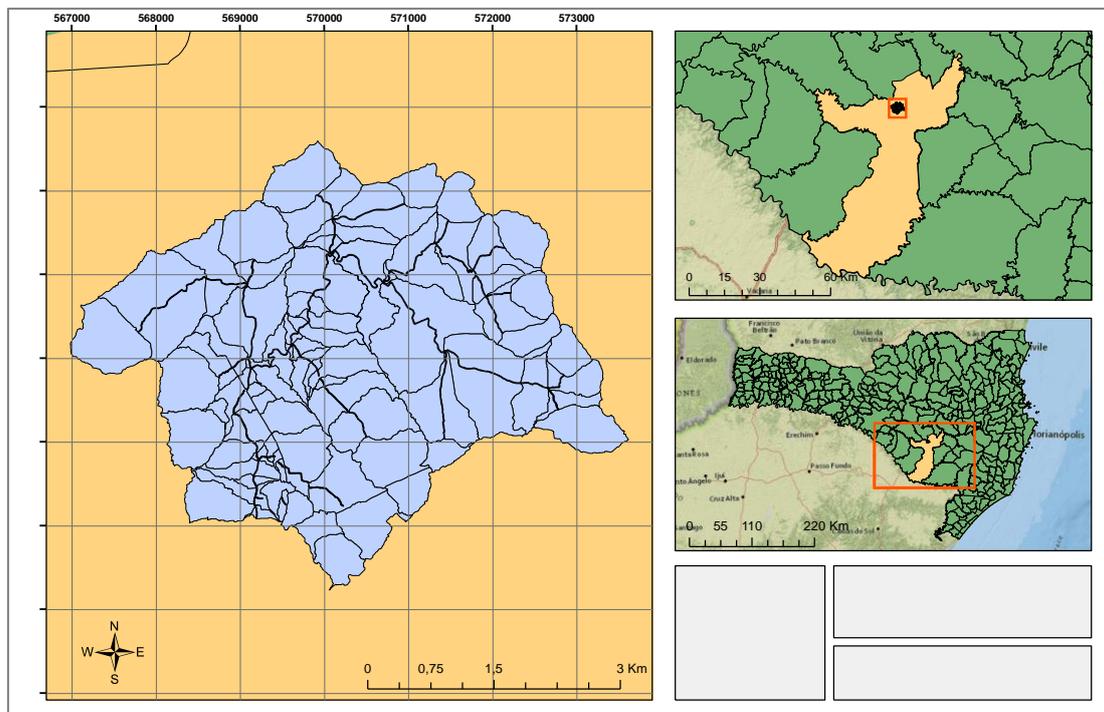
Área de estudo

O município de Lages está localizado na região serrana do estado de Santa Catarina, nas coordenadas 27°49'00" S e 50°19'35" O. Com uma área total de 2.637,66 km², é o maior município em extensão territorial do estado, possuindo uma população de 164.981 habitantes (IBGE, 2022).

A área de estudo situa-se na parte superior da bacia hidrográfica do rio Ponte Grande, que é dividida em 79 sub-bacias conforme a natureza dos terrenos, e está inteiramente localizada dentro do município de Lages (Figura 1). Historicamente, essas sub-bacias têm enfrentado recorrentes

problemas de alagamentos. Para propor um modelo hidrológico eficaz, é necessário analisar toda a região afetada, considerando sua influência direta no volume de água. Assim, a área total modelada abrange 18,87 km², incluindo todas as 79 sub-bacias.

Figura 1 – Área de estudo.



Cenário atual

Em 2023, observou-se um aumento expressivo nas chuvas durante os meses de outubro e novembro, devido à influência de sistemas meteorológicos, como frentes frias e áreas de baixa pressão, associadas aos efeitos do fenômeno El Niño (SECOM, 2023). Em outubro, foram registradas chuvas intensas concentradas nos dias 6 e 8, com precipitações variando entre 20 e 100 mm (SECOM, 2023). No mês de novembro, entre os dias 16 e 18, registrou-se acumulados pluviométricos entre 150 e 250 mm na região do planalto sul (SECOM, 2023). Estes valores, quando aplicados no programa HidroChuSC 2.0, provido pela EPAGRI/SC, retornam um tempo de retorno de 75 anos.

Para modelar a resposta hidrológica das sub-bacias, esses eventos foram utilizados no software PCSWMM, versão 5.2.3. A série temporal de precipitação diária de 01 de setembro de 2023 até 30 de novembro de 2023, obtida pelo INMET (2023), foi inserida como dado de entrada para mensurar os processos de escoamento superficial e a redução na infiltração. Os dados de usos da terra, discretização das sub-bacias e parâmetros de entrada foram utilizados do trabalho de Santos (2024), permitindo a obtenção do volume de escoamento e da vazão de pico para cada sub-bacia.

Com os dados gerados pelo PCSWMM e validados por Santos (2024), foi possível comparar e analisar o cenário atual em relação à simulação de um cenário com a implementação de LIDs, nesse caso, pavimento permeável, telhado verde e cisterna.

Pavimento permeável

No cenário proposto, foi determinada a área de cada sub-bacia e a impermeabilidade associada a cada classificação de uso do solo, optando-se pela substituição das calçadas por pavimento permeável. Foi estabelecido que até 80% dos usos do solo destinados a calçadas em cada sub-bacia

seriam substituídos por pavimentos permeáveis. Durante a simulação no software PCSWMM, foi realizada uma adaptação baseada em Randal et al. (2020), conforme Tabela 1. Utilizou-se um pavimento indicado para substituição do uso de calçadas convencionais e sem dreno.

Tabela 1 – Parâmetros de entrada da LID (pavimento permeável) para modelagem.

Camada	Parâmetros	Valor
Superfície	Altura da borda	20
	Volume da vegetação	0
	Rugosidade da superfície	0.017
	Inclinação da superfície	1.5
Pavimento	Espessura	70
	Razão de vazios	0.08
	Superfície impermeável	0
	Permeabilidade	110
	Fator de entupimento	0
Leito (solo)	Espessura	30
	Porosidade	0.35
	Capacidade de campo	0.2
	Ponto de murcha	0.08
	Condutividade	445
	Declive da condutividade	10
Armazenamento	Cabeção de sucção	76
	Espessura	520
	Razão de vazios	0.48
	Taxa de infiltração	445
	Fator de entupimento	0

Cisterna com reuso de água

No cenário criado, foi obtida a área total das residências localizadas na área de estudo, considerando-se esse valor como 100% da superfície potencial para receber cisternas com reuso de água da chuva. No entanto, a declividade acentuada, as condições estruturais das residências e o investimento interferem diretamente na viabilidade dessa medida mitigadora. Por esse motivo, limitou-se o cenário à conversão de 40% dos telhados em telhados com cisternas com reuso de água. Para rodar os cenários no software PCSWMM, utilizaram-se como parâmetros de entrada para modelagem das cisternas os critérios de Arjenaki et al. (2021), conforme a Tabela 2.

Tabela 2 – Parâmetros de entrada da LID (cisternas) para modelagem.

Camada	Parâmetros	Valor
Armazenamento	Altura do cano	1500
Drenagem	Expoente de fluxo	0.5
	Altura de deslocamento	6
	Atraso de drenagem	6

Telhado Verde

Assim como nas cisternas, limitou-se o cenário à conversão de 40% dos telhados quantificados em telhados verdes. Para rodar os cenários no software PCSWMM, utilizaram-se como parâmetros de entrada para modelagem dos telhados verdes os critérios de Martins (2017), que consideram os parâmetros para telhados extensivos, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Parâmetros de entrada da LID (telhado verde) para modelagem.

Camada	Parâmetros	Valor
Superfície	Armazenamento	0
	Volume da vegetação	0.9
	Rugosidade	0.1
	Declividade	20
Solo	Espessura	150
	Porosidade	0.437
	Capacidade de campo	0.105
	Ponto de murcha	0.047
	Condutividade	3
	Declive da condutividade	10
	Sucção capilar	2,4
Dreno	Coefficiente de drenagem	3
	Fração de vazios	0.5
	Rugosidade	0.1

Análise de dados

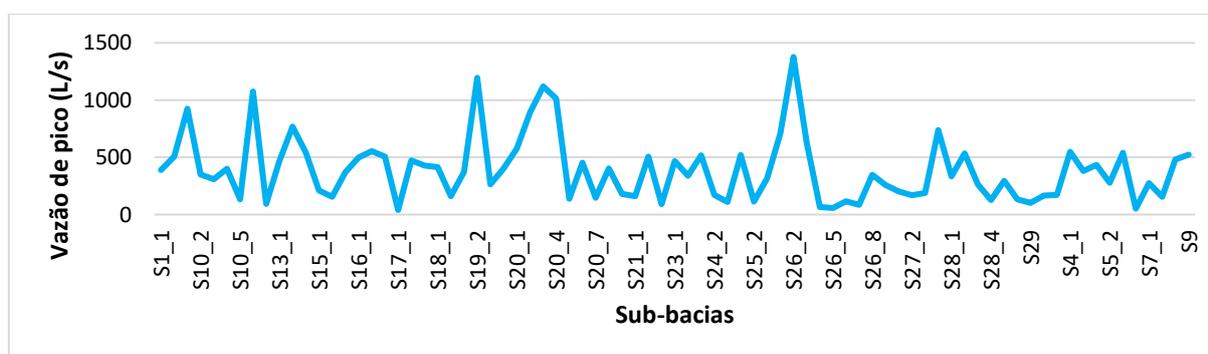
A fim de verificar a significância dos resultados obtidos, a análise de dados foi conduzida de duas maneiras. Primeiramente, foram elaborados gráficos comparativos no software Excel para ilustrar as diferenças no volume total de escoamento e na vazão de pico entre os cenários com e sem a implementação das LIDs. Essa abordagem gráfica permitiu identificar comportamentos, tendências e discrepâncias nos resultados das simulações realizadas no software PCSWMM. Para maior confiabilidade nas conclusões, foi realizada uma análise de significância estatística utilizando o software R. O teste t foi aplicado para comparar os cenários, considerando um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Cenário atual

No cenário sem a aplicação das LIDs, o evento analisado teve uma duração de 2183 horas, apresentando uma vazão máxima de 1377 L/s (Figura 2) e uma vazão média de 392,05 L/s. A maior vazão de pico foi registrada na sub-bacia S26_2, caracterizada por alta impermeabilização devido à intensificação da urbanização e industrialização. Além disso, destacaram-se as sub-bacias S10_1, S11, S19_2, S20_3 e S20_4, que apresentaram vazões de pico superiores ao dobro da média geral.

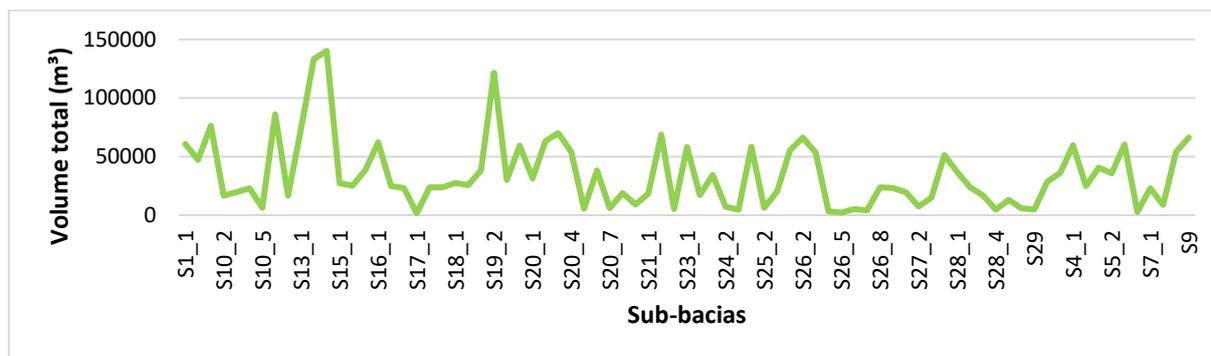
Figura 2 – Vazão de escoamento superficial (L/s) na área estudada de 01/09/2023 a 30/11/2023 sem LIDs.



O volume total de escoamento superficial gerado pelo evento analisado foi de 2.722.648.000 litros (Figura 3). Esse valor evidencia a expressiva quantidade de água que não infiltrou no solo,

contribuindo para o escoamento nas sub-bacias da área estudada. Observou-se que cada sub-bacia apresenta diferentes capacidades de retenção e armazenamento de água, variando de acordo com suas características naturais e o grau de impermeabilização resultante da urbanização.

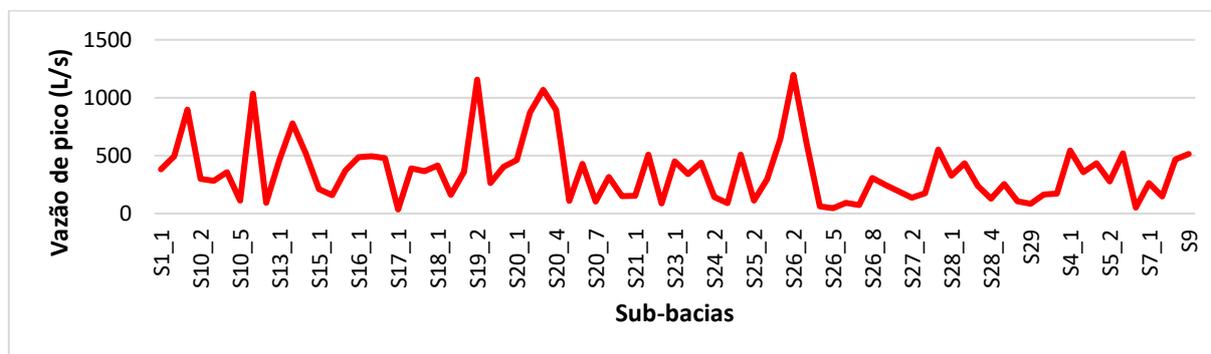
Figura 3 – Volume de escoamento (m³) na área estudada de 01/09/2023 a 30/11/2023 sem LIDs.



Cenário LIDs

Após a aplicação das LIDs, a vazão máxima de escoamento superficial foi reduzida para 1197 L/s (Figura 4), enquanto a vazão média caiu para 364,31 L/s. Esses valores representam uma diminuição de 13,07% na vazão máxima e 7,07% na vazão média em relação ao cenário sem LIDs.

Figura 4 – Vazão de escoamento superficial (L/s) na área estudada de 01/09/2023 a 30/11/2023 com LIDs.



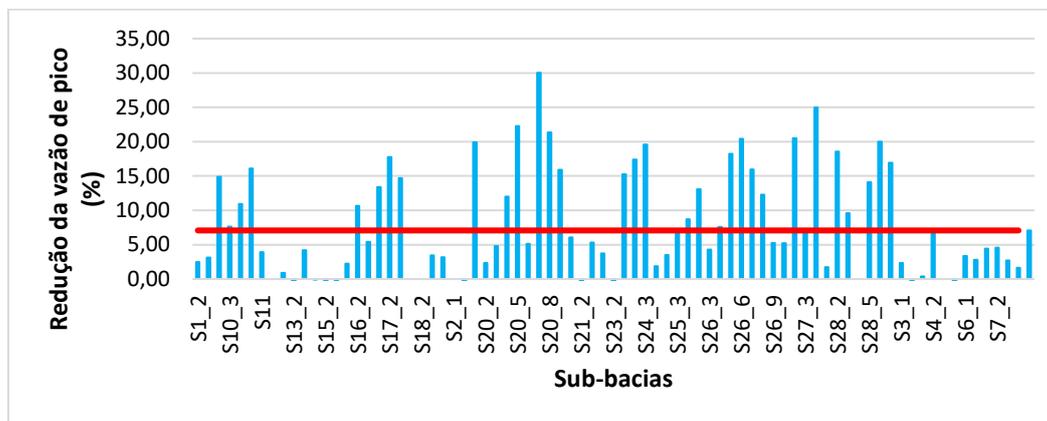
A análise dos dados, apresentada na Figura 5, mostra que as sub-bacias exibem comportamentos distintos, com reduções variando desde valores baixos até máximos superiores a 30%. Sub-bacias como S10_2, S10_3, S10_4, S10_5, S16_2, S17_1, S17_2, S17_3, S20_4, S20_9, S24_1, S24_2, S26_1, S26_2, S26_4, S26_5, S26_7, S26_8, S28_3, S28_5 e S29 apresentaram reduções superiores à média (7,07%) e inferiores a 20%, evidenciando os efeitos positivos das LIDs propostas. Esses resultados reforçam a importância de avaliar individualmente cada sub-bacia para decisões mais assertivas e condizentes com as características locais.

Essas variações podem ser atribuídas, em grande parte, à elevada impermeabilização das áreas, que amplifica os benefícios das LIDs ao aumentar a capacidade de infiltração e retenção de água (Canholi, 2015). Por outro lado, sub-bacias com menores reduções estão associadas a características naturais ou urbanísticas favoráveis, como solos mais permeáveis ou áreas menos urbanizadas (Machado, 2012).

Os resultados obtidos estão alinhados com estudos correlatos. Arjenaki et al. (2021) reportaram uma redução média de 30,12% na vazão de pico da rede de escoamento superficial na cidade de Shahrekord, utilizando as mesmas LIDs. Na província de Jiangsu, na China, Bai (2019) demonstrou uma redução de 32,13% com a implementação de LIDs em 40% da área apta. Da mesma forma,

Martins (2017) observou uma redução de 25,66% na bacia do Córrego do Gregório, em São Carlos/SP. Esses dados corroboram a metodologia e os resultados deste estudo, evidenciando a eficácia das LIDs como solução para o controle do escoamento superficial.

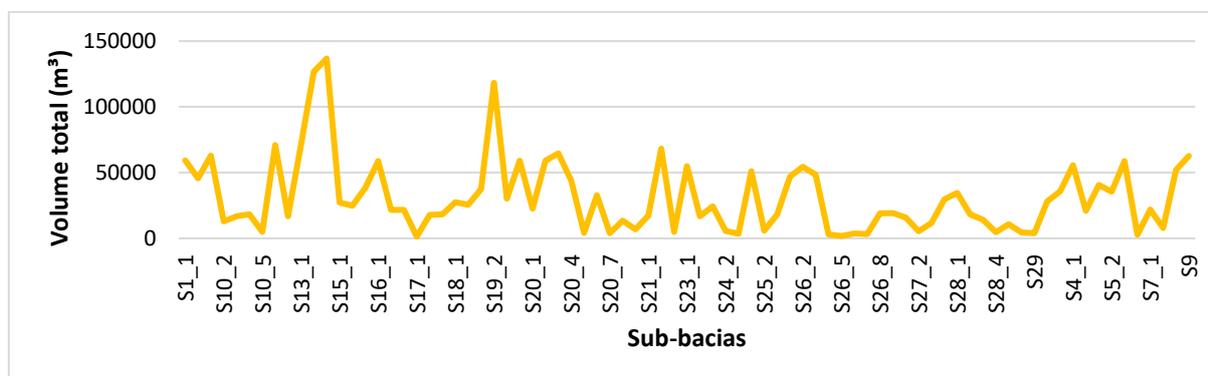
Figura 5 – Redução da vazão de pico em cada sub-bacia (em percentual).



Em relação ao volume total de escoamento superficial, observa-se que ele foi reduzido para 2.469.839.000 litros, conforme ilustrado na Figura 7, representando uma diminuição de 9,29% em relação ao cenário sem LIDs. Destaca-se a sub-bacia S27_4, que apresentou uma redução expressiva de 42,06%, significativamente superior à média geral. Além disso, as sub-bacias S20_1, S20_5, S20_7, S20_8, S24_1, S26_6, S27_2 e S28_6 obtiveram reduções superiores a 25%. Esses resultados evidenciam uma relação direta entre a redução do escoamento superficial e as características específicas de uso e ocupação do solo em cada local analisado (Tucci, 2009).

Os dados obtidos estão alinhados com os resultados de Martins (2017), que reportou uma redução média de 26,45% no volume de escoamento superficial para um tempo de retorno semelhante ao analisado neste estudo. Já Bai (2019) observou uma redução de 35,75%, enquanto Arjenaki et al. (2021) registraram uma diminuição de 31,32%. No entanto, ambos os estudos consideraram precipitações com tempos de retorno variando de 2 a 10 anos, o que pode justificar as diferenças nos valores encontrados.

Figura 6 – Volume de escoamento superficial (m³) na área estudada de 01/09/2023 a 30/11/2023 com LIDs.

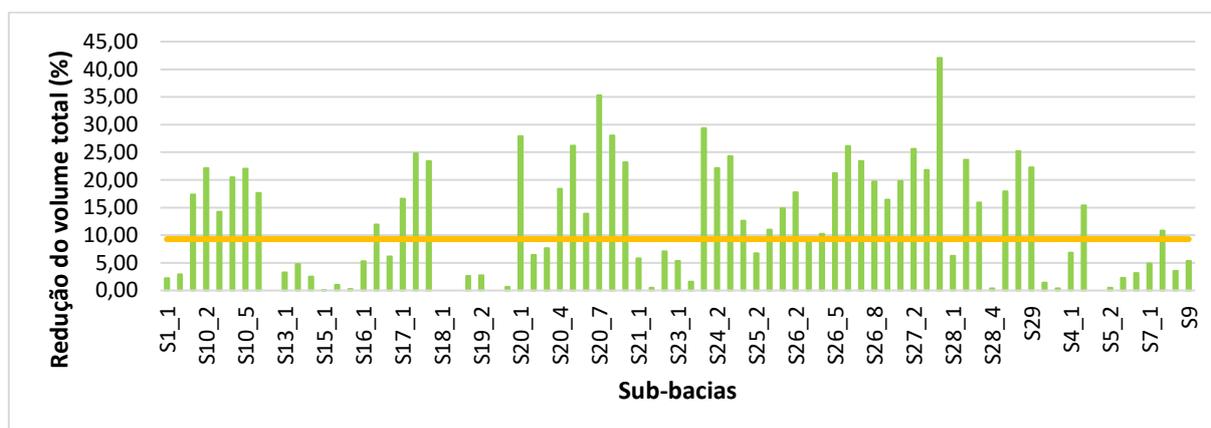


Ressalta-se que, ao todo, 42 das 79 sub-bacias estudadas apresentaram uma redução superior à média geral no volume de escoamento superficial, demonstrando que mais da metade da bacia do Rio Ponte Grande pode ser beneficiada pela aplicação das LIDs. É importante destacar que, no contexto de uma bacia hidrográfica, a redução no escoamento de uma sub-bacia resulta em um menor volume na bacia a jusante, contribuindo ainda mais para a minimização do problema (Schier, 2020).

Ao analisar os dados obtidos, observa-se, por meio da Figura 7, que as sub-bacias S4_2, S7_2, S10_1, S10_2, S10_3, S10_4, S10_5, S11, S16_2, S17_1, S17_2, S17_3, S20_4, S20_6, S20_9, S24_2, S24_3, S25_1, S25_3, S26_1, S26_2, S26_4, S26_5, S26_7, S26_8, S26_9, S27_1, S27_3, S28_2, S28_3, S28_5 e S29 também apresentaram reduções superiores à média geral, embora inferiores a 25%. Esses resultados, apesar de menos expressivos do que os apresentados anteriormente, continuam sendo positivos e reforçam os benefícios das LIDs na mitigação do escoamento superficial.

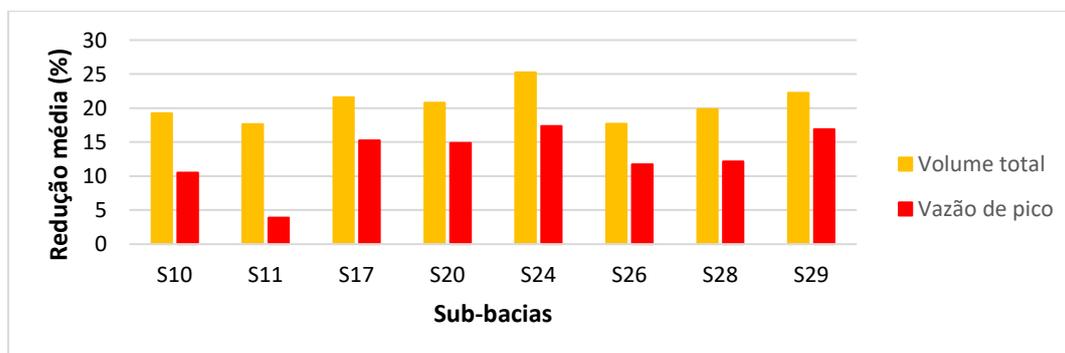
Além disso, a aplicação do pavimento permeável foi limitada às calçadas, representando uma área significativamente menor apta à aplicação dessa LID. Consequentemente, sua influência na captação e infiltração de água foi reduzida em comparação aos estudos citados, que consideraram áreas mais amplas e diversificadas. Por fim, características locais, como áreas já naturalmente permeáveis, solos compactados, declividades acentuadas ou a pouca disponibilidade de área para substituição por LIDs, também implicaram limitações no desempenho dessas tecnologias.

Figura 7 – Redução do volume total em cada sub-bacia (em percentual).



Quando considerado um conjunto de sub-bacias, destacam-se: S10, S11, S17, S20, S24, S26, S28 e S29 (Figura 8), pois apresentaram médias de redução significativamente superiores às demais. Observa-se que a redução média do volume total é consistentemente maior do que a redução da vazão de pico, destacando a eficácia das LIDs na retenção e infiltração do escoamento superficial ao longo do tempo, embora com impacto ligeiramente menor no controle imediato das vazões máximas. Além disso, todas as sub-bacias mencionadas apresentaram reduções superiores a 15% no volume total. Quanto à vazão de pico, com exceção da sub-bacia S11, as reduções foram superiores a 10%.

Figura 8 – Redução média nas principais sub-bacias (em percentual).



Por fim, a análise de significância estatística revelou resultados consistentes e relevantes para o estudo, corroborando com as análises gráficas efetuadas. Para a vazão de pico, foram identificados

9 sinais positivos (aumento) e 64 sinais negativos (redução), enquanto para o volume total de escoamento, todos os sinais foram negativos, totalizando 74 reduções.

O teste t confirmou a significância dessas reduções. Para a vazão de pico, o valor de t foi 6,6674 ($p = 3,358e-09$), indicando uma diferença estatisticamente significativa entre os cenários com e sem a implementação das LIDs. O intervalo de confiança de 95% apresentou uma redução média de 3200,114 L/s. Para o volume total de escoamento, o valor de t foi 7,4614 ($p = 1,031e-10$). O intervalo de confiança de 95% foi de 19,45182 a 36,01324, com uma diferença média de 27,73253 m³/s, reforçando a significância estatística das reduções observadas.

Esses resultados reforçam o impacto positivo da aplicação das LIDs, evidenciando sua eficácia na minimização dos problemas de enchentes, inundações e alagamentos nesses locais e, conseqüentemente, nas sub-bacias a jusante (Machado, 2012; Tucci, 2009). Além de destacar a capacidade da modelagem hidrodinâmica em formular cenários e demonstrar a eficiência do uso integrado das LIDs como solução para gestão de águas pluviais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo demonstrou a eficácia das Tecnologias de Desenvolvimento de Baixo Impacto (LIDs) na redução do escoamento superficial e da vazão de pico na bacia do rio Ponte Grande, em Lages-SC. As simulações com o PCSWMM indicaram reduções médias de 9,29% no volume de escoamento e 13,07% na vazão de pico, com resultados estatisticamente significativos ($t = 6,6674$ e $7,4614$; $p < 0,05$). Sub-bacias com alta impermeabilização apresentaram reduções ainda mais expressivas, destacando a relevância dessas soluções em áreas urbanas críticas.

As LIDs mostraram-se estratégias eficazes para o planejamento urbano sustentável, especialmente em contextos de eventos extremos de precipitação. A análise individualizada das sub-bacias reforça a necessidade de diagnósticos locais para maximizar os benefícios dessas tecnologias. Assim, os resultados obtidos servem de subsídio técnico para gestores públicos e urbanistas na adoção de medidas resilientes para o controle de enchentes e alagamentos.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, P. R. de; TUCCI, C. E. M.; GOLDENFUM, J. A. (2000). *Avaliação da eficiência dos pavimentos permeáveis na redução de escoamento superficial*. RBRH: Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Vol. 5, n. 3, p. 21-29.
- ARJENAKI, M. O., SANAYEI, H. R. Z., HEIDARZADEH, H. et al. (2021). *Modeling and investigating the effect of the LID methods on collection network of urban runoff using the SWMM model (case study: Shahrekord City)*. Model. Earth Syst. Environ. 7, 1–16.
- BAI, Y.; LI, Y.; ZHANG, R.; ZHAO, N.; ZENG, X. (2019). *Comprehensive Performance Evaluation System Based on Environmental and Economic Benefits for Optimal Allocation of LID Facilities*. Water, 11, 341.
- BRITO, L. T. de L.; MEDEIROS, J. C. de A.; SILVEIRA, S. M. B; et al. (2019). *Captação e uso de água de chuva em cisternas: uma estratégia para convivência com o Semiárido brasileiro*. Parte de livro, cap. 1, p. 189-222.
- CANHOLI, A. P. (2015). *Drenagem urbana e controle de enchentes*. 3.ed. São Paulo: Oficina de Textos.
- DUNNETT N. P.; KINGSBURY, N. (2004). *Planting Green Roofs and Living Walls Portland (OR)*: Timber Press.
- GIRARDI, R.; LIBOS, N. M. C., FERREIRA, D. B. (2023). *Soluções baseadas na natureza aplicadas no plano diretor de manejo de águas pluviais de Jaraguá do Sul – SC*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 9p.

- HERRMANN, M. L. P.; KOBAYAMA, M.; MARCELINO, E. V. (2014). *Inundação gradual*. In: Atlas de Desastres Naturais do Estado de Santa Catarina: período de 1980 a 2010. 2. ed. Florianópolis, SC: IHGSC/Cadernos Geográficos, 219 p.
- INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. (2023). *Dados meteorológicos*: Banco de Dados Meteorológicos. Disponível em: <https://bdmep.inmet.gov.br>
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (2023). *Diretoria de Pesquisas, Coordenação de População e Indicadores Sociais*, ano referência 2022. Rio de Janeiro.
- JABUR, A. S.; DORNELLES, F.; SILVEIRA, A. L. L.; GOLDENFUM, J. A.; OKAWA, C. M.; GASPARINI, R. R. (2015). *Determinação da capacidade de infiltração de pavimentos permeáveis*. Revista brasileira de recursos hídricos. Porto Alegre, RS. v. 20, n. 4, p. 937-945.
- KOLB, W. (2004). *Good reasons for roof planting - Green roofs and rainwater*. In: Conference on Urban Horticulture, Acta Horticulturae, n.643, pp. 295-300.
- KURUPPU, U., RAHMAN, A. & RAHMAN, M.A. (2019). *Permeable pavement as a stormwater best management practice: a review and discussion*. Environ Earth Sci v.78, 327.
- MACHADO, P. J. de O.; TORRES, F. T. P. (2012). *Introdução à hidrogeografia*. São Paulo: Cengage Learning.
- MAGRO, R. B. (2021). *Aplicação de redes neurais artificiais para previsão de inundação em uma área urbana*. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), UDESC, Lages.
- MARTINS, L. G. B. (2017). *Avaliação do potencial de aplicação de técnicas compensatórias em áreas urbanas consolidadas*. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo, São Carlos.
- MORAN, A.; HUNT, B.; JENNINGS, G. A. (2004). *North Carolina field study to evaluate greenroof quantity, runoff quality, and plant growth*. Greening Rooftops for Sustainable Communities Conference, 2, Portland, pp. 446-460.
- NETO, S. L. R. (2019). *Meta 2 Estudo Hidrológico: Volumes e Tempos de Recorrência* UDESC.
- PINTO, L. L. C. A. (2011). *O desempenho de pavimentos permeáveis como medida mitigadora da impermeabilização do solo urbano*. Tese (Doutorado em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.
- RANDALL M.; STØVRING J.; HENRICHS M.; JENSEN M.B. (2020). *Comparison of SWMM evaporation and discharge to in-field observations from lined permeable pavements*. Urban Water Journal, v. 17, n. 6, p. 491-502.
- SALLES, J. C. A.; CALLEGARI, T. V.; SANTOS JR., E. L. dos. (2009). *Viabilidade da utilização da água de chuva no Censa* - Campos, RJ. Rev. Perspectivas Online, v. 3, n. 9.
- SANTOS, V. J. dos. *Abordagem baseada em volumes para análise de alagamentos e inundações em bacia hidrográfica urbana*. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais), UDESC, 174 p.
- SCHIER, D. T. (2020). *Avaliação do índice topográfico de umidade para detecção de zonas urbanas inundáveis*. Acervo Online. 125 p.
- SECOM, Agência de notícias. (2023). *Primavera com El Niño forte: previsão indica chuva e temperatura acima da média nos próximos três meses*. Disponível em: <<https://estado.sc.gov.br/noticias/primavera-com-el-nino-forte-previsao-indica-chuva-e-temperatura-acima-da-media-nos-proximos-tres-meses/>>.
- SOUZA, C. F.; CRUZ, M. A. S.; TUCCI, C. E. M. (2012). *Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas*. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 17, n.2.
- TEIXEIRA, G. S.; RODRIGUES, R. S. S.; CRISPIM, D. L.; FERNANDES, L. L.; BITTENCOURT, G. M. (2020). *Metodologias para Caracterização e Avaliação de Sistemas de Drenagem Urbana: uma revisão*. Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento, v. 9, n 4.
- TUCCI, C. E. M. (2009). *Hidrologia: ciência e aplicação*. 4. ed. Porto Alegre: Ed. da UFRGS, ABRH, 943 p.