TÍTULO: Avaliação da capacidade de armazenamento e infiltração de jardins de chuva como infraestrutura verde para drenagem urbana sustentável em Maceió/AL

Fernando Silva de Carvalho [1] ; Jonas Victor Santos Silva[2]

RESUMO – A impermeabilização progressiva dos espaços urbanos brasileiros e o aumento da intensidade das chuvas devido à mudança do clima têm agravado o escoamento superficial e sobrecarregado os sistemas convencionais de drenagem, exigindo alternativas complementares de manejo das águas pluviais. Nesse cenário, este trabalho avalia a eficácia da implantação de vagas verdes e jardins de chuva como dispositivos de drenagem urbana sustentável na Praça Eng. Aloísio Freitas Melro, situada no bairro da Ponta Verde, em Maceió/AL. A metodologia adotada baseou-se no Método Racional para a estimativa das vazões, na equação de infiltração proposta por Baptista et al. (2015) e em uma abordagem hidrológica simplificada de amortecimento de volumes. Os parâmetros hidrológicos adotados consideraram intensidade pluviométrica de 60 mm/h, tempo de concentração de 10 minutos e solo arenoso característico da planície litorânea, com condutividade hidráulica de 35 mm/h. Os resultados indicam que jardins de chuva equivalentes a quatro e seis vagas verdes atendem hidraulicamente áreas contribuintes de 900 m² e 1.300 m², respectivamente, amortecendo integralmente as vazões de pico estimadas. Verificou-se, ainda, que o tempo de esvaziamento por infiltração, de aproximadamente 5,1 horas, é compatível com a dinâmica pluviométrica local. Os resultados obtidos indicam que a implantação de jardins de chuva associados a vagas verdes apresenta potencial para complementar os sistemas convencionais de drenagem, promovendo o manejo sustentável das águas pluviais em áreas urbanas.

ABSTRACT– The progressive increase in impervious surfaces in Brazilian urban areas has intensified stormwater runoff and overloaded conventional drainage systems, requiring complementary approaches for stormwater management. In this context, this study proposes and preliminarily evaluates the implementation of green parking spaces associated with rain gardens as sustainable urban drainage devices in Eng. Aloísio Freitas Melro Square, located in the Ponta Verde district, Maceió, Alagoas, Brazil. The methodology was based on the Rational Method for peak flow estimation, the infiltration approach proposed by Baptista et al. (2015), and a simplified hydrological assessment of storage capacity. The adopted parameters included a rainfall intensity of 60 mm/h, a concentration time of 10 minutes, and sandy soils typical of the coastal plain, with a hydraulic conductivity of 35 mm/h. The results indicated that rain gardens equivalent to four and six green parking spaces provide sufficient storage capacity for contributing drainage areas of 900 m² and 1,300 m², respectively. The estimated infiltration drawdown time of approximately 5.1 hours was found to be compatible with local rainfall conditions. The findings suggest that rain gardens associated with green parking spaces can complement conventional drainage systems and contribute to more sustainable stormwater management in urban areas.

Palavras-Chave – Drenagem urbana sustentável, Jardim de chuva, Soluções baseadas na natureza

[1]) Universidade Federal de Alagoas- , *e-mail:* fernando.carvalho@arapiraca.ufal.br
[2]) *Universidade Federal de Alagoas - UFAL, e-mail: jonas.silva@ctec.ufal.br*

1. INTRODUÇÃO

O processo de urbanização promove alterações significativas nas condições naturais das bacias urbanas, principalmente em decorrência da impermeabilização do solo e da ocupação desordenada do território. A substituição da cobertura vegetal por pavimentos, edificações e demais estruturas urbanas reduz a infiltração da água no solo e aumenta o volume de escoamento superficial, contribuindo para a ocorrência de alagamentos e inundações (Carvalho, 2008).

Ainda segundo Carvalho (2008), intervenções como retificação e canalização de cursos d'água, ocupação de áreas naturalmente sujeitas a inundação e lançamento inadequado de poluentes provocam alterações quantitativas e qualitativas nos recursos hídricos urbanos. Como consequência, observa-se a sobrecarga dos sistemas de drenagem, a degradação ambiental dos corpos receptores e o aumento dos prejuízos econômicos e sociais associados aos eventos hidrológicos extremos. Esses impactos podem ser agravados pela intensificação das chuvas e pela crescente concentração de infraestrutura e população nas áreas urbanas, reforçando a necessidade de estratégias eficazes de gestão do risco de inundações e de soluções sustentáveis de drenagem urbana (Ling, 2025).

Em resposta a esse cenário, diferentes países e cidades têm incorporado os chamados Sistemas de Drenagem Urbana Sustentável (SUDS), também denominados Soluções Baseadas na Natureza (SbN).

Entre as Soluções Baseadas na Natureza (SbN) aplicadas à drenagem urbana, destacam-se os jardins de chuva, dispositivos de biorretenção projetados para captar, armazenar temporariamente e infiltrar as águas pluviais provenientes de superfícies impermeáveis, como telhados, calçadas e vias pavimentadas(IUCN, 2019). Seu funcionamento está associado à combinação de elementos como solo com capacidade infiltrativa adequada, camada drenante constituída por brita ou pedra de mão, material filtrante e vegetação adaptada às condições de alternância entre períodos secos e úmidos.

Em alguns casos, podem ser incorporados dispositivos de extravasão conectados ao sistema convencional de drenagem para atuação durante eventos de maior magnitude. A concepção desses sistemas deve considerar fatores como permeabilidade do solo, declividade do terreno e características da área contribuinte, conforme descrito no Catálogo de Soluções Baseadas na Natureza para Espaços Livres da Prefeitura do Rio de Janeiro (2024 apud Assunção et al., 2025).

Nesse contexto, ganha relevância no debate urbano brasileiro o conceito de vagas verdes, entendido como a conversão parcial de vagas de estacionamento convencionais em áreas permeáveis vegetadas, capazes de promover infiltração, retenção temporária das águas pluviais, melhoria microclimática e qualificação paisagística. Em São Paulo, o Projeto de Lei nº 378/2025

propõe diretrizes específicas para a implantação de vagas verdes em espaços públicos, associando drenagem sustentável e arborização urbana (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2025).

Em Maceió/AL, o bairro da Ponta Verde apresenta elevada densidade urbana, intensa verticalização e progressiva redução das áreas vegetadas. A Praça Eng. Aloísio Freitas Melro constitui um espaço público com potencial para a implantação de infraestrutura verde integrada ao sistema viário.

Este trabalho tem como objetivo propor a implantação de jardins de chuva associados a vagas verdes na Praça Eng. Aloísio Freitas Melro, em Maceió-AL, realizando o dimensionamento preliminar dos dispositivos com base nas características da área contribuinte e avaliando sua capacidade potencial de armazenamento e infiltração das águas pluviais como alternativa de drenagem urbana sustentável.

2. MATERIAIS E MÉTODO

2.1 Caracterização da Área de Estudo

A área de estudo localiza-se na Praça Eng. Aloísio Freitas Melro, situada no bairro da Ponta Verde, município de Maceió/AL. A região é caracterizada por elevada densidade urbana, intensa verticalização e significativa impermeabilização superficial. Além disso, a localização da praça na planície litorânea de Maceió favorece a adoção de soluções baseadas na infiltração, uma vez que predominam solos arenosos com elevada permeabilidade. A Figura 1 apresenta a localização da área de estudo no contexto urbano de Maceió-AL.



Figura 1 – Localização da Praça Eng. Aloísio Freitas Melro no bairro da Ponta Verde, Maceió-AL.
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de bases cartográficas do IBGE e imagem de satélite do Google Earth (2026).

2.2 Proposta de Implantação dos Jardins de Chuva

A proposta de intervenção consiste na implantação de jardins de chuva em pontos estratégicos da praça, utilizando canteiros existentes e áreas atualmente ocupadas por vagas de estacionamento. O objetivo é promover o armazenamento temporário e a infiltração das águas pluviais provenientes do sistema viário adjacente, reduzindo o volume escoado para a rede convencional de drenagem.

Foram identificados cinco pontos potenciais para implantação dos dispositivos, distribuídos ao longo do entorno da praça e associados às áreas de maior contribuição de escoamento superficial.

A Figura 2 apresenta a proposta de implantação dos jardins de chuva, indicando os pontos selecionados para intervenção, os elementos construtivos previstos e a vegetação recomendada.



Figura 2 – Localização dos jardins de chuva propostos na Praça Eng. Aloísio Freitas Melro:
(a) Jardim de Chuva 01; (b) Jardim de Chuva 02.
Fonte: Elaborado pelo autor a partir de imagens de satélite do Google Earth (2026) e Inteligência artificial.

2.3 Procedimentos Metodológicos

A metodologia foi desenvolvida em cinco etapas principais:

a) levantamento das características urbanísticas e físicas da área de estudo;

b) identificação dos locais adequados para implantação dos jardins de chuva;

c) delimitação das áreas contribuintes ao escoamento superficial;

d) estimativa das vazões e volumes gerados pelo evento de precipitação de projeto;

e) dimensionamento preliminar dos dispositivos e avaliação da capacidade de infiltração.

A abordagem adotada fundamenta-se nos conceitos de drenagem urbana sustentável e Soluções Baseadas na Natureza (SbN), considerando os jardins de chuva como dispositivos de

biorretenção destinados ao armazenamento temporário das águas pluviais e posterior infiltração no solo.

2.4 Parâmetros Hidrológicos Adotados

O dimensionamento dos dispositivos foi realizado com base nos parâmetros apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros hidrológicos adotados no estudo.

Parâmetro	Valor
Intensidade de precipitação (i)	60 mm/h
Tempo de concentração (tc)	10 min
Coeficiente de escoamento superficial (C)	0,85
Condutividade hidráulica saturada (K)	35 mm/h
Profundidade útil de armazenamento (Hp)	0,15 m

Os valores adotados representam condições típicas para áreas urbanizadas do bairro da Ponta Verde e foram definidos com base na literatura técnica de drenagem urbana e infraestrutura verde.

2.5 Modelagem Hidrológica e Dimensionamento dos Jardins de Chuva

A estimativa da vazão de pico afluente aos dispositivos foi realizada por meio do Método Racional, amplamente utilizado em projetos de microdrenagem urbana para pequenas bacias hidrográficas.

A vazão de pico foi calculada pela Equação (1):

$$Q = C \times i \times A \quad (1)$$

em que Q = vazão de pico (m³/s); C = coeficiente de escoamento superficial; i = intensidade de precipitação (m/s) e A = área de contribuição (m²).

O volume precipitado sobre a área contribuinte durante o evento de projeto foi calculado pela Equação 2:

$$V = h \times A \quad (2)$$

em que, v = volume precipitado (m³); h = lâmina precipitada durante o evento de projeto (m) e A = área contribuinte (m²).

A lâmina precipitada foi obtida por:

$$h = i \times t \quad (3)$$

onde o t = duração do evento de precipitação (h).

Considerando intensidade de precipitação de 60 mm/h e duração de 10 minutos, foi obtida uma lâmina de projeto de aproximadamente 10 mm.

O dimensionamento dos jardins de chuva foi realizado conforme os procedimentos descritos por Baptista et al. (2015), considerando a capacidade volumétrica do dispositivo como a soma do volume armazenado superficialmente e do volume potencialmente infiltrado durante o período inicial de operação.

A capacidade volumétrica de cada jardim foi calculada considerando armazenamento superficial de 0,15 m e infiltração acumulada correspondente a uma hora de operação, admitindo condutividade hidráulica saturada de 35 mm/h, conforme a Equação (4):

$$V_{jardim} = V_{sup} \times V_{inf} = 0,15 \times A_j + 0,035 \times A_j = 0,185 \times A_j \quad (4)$$

Onde, V_{jardim} = volume efetivo do jardim de chuva (m³); V_{sup} = volume armazenado superficialmente (m³); V_{inf} = volume infiltrado durante o período considerado (m³) e A_j = área do jardim de chuva (m²).

A área mínima necessária para cada dispositivo foi obtida igualando-se a capacidade volumétrica do jardim ao volume precipitado sobre a área contribuinte, conforme a Equação (5):

$$A_j = \frac{V}{0,185} \quad (5)$$

2.6 Avaliação da Capacidade de Infiltração

A capacidade de infiltração dos jardins de chuva foi avaliada por meio da superfície efetiva de infiltração do dispositivo, correspondente à área da base acrescida da contribuição das paredes laterais infiltrantes, conforme metodologia apresentada por Baptista et al. (2015).

A vazão de infiltração foi calculada pela Equação (6):

$$Q_{inf} = S_{ef} \times K \quad (3)$$

em que Q_{inf} = vazão de infiltração (m³/s); S_{ef} = superfície efetiva de infiltração (m²) e K = condutividade hidráulica saturada do solo (m/s).

O tempo teórico de esvaziamento dos dispositivos foi obtido pela relação entre o volume armazenado e a vazão de infiltração estimada, permitindo avaliar a recuperação da capacidade de armazenamento entre eventos sucessivos de precipitação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A solução de implantação de vagas verdes associadas a jardins de chuva na Praça Eng. Aloísio Freitas Melro tem como objetivo promover a retenção e a infiltração das águas pluviais na

fonte, promovendo o armazenamento temporário e a infiltração das águas pluviais antes de seu encaminhamento ao sistema público de drenagem.

O Jardim de Chuva 01 foi associado a uma área contribuinte de aproximadamente 900 m², representada pela meia pista viária adjacente à praça e pelo calçadão de acesso.

O volume precipitado para o evento crítico, calculado pela Equação 2, resultou em V_1 = 0,010 m × 900 m² = 9,0 m³. A vazão de pico correspondente, pelo Método Racional (Equação 1), foi de $Q_1 = 0,85 \times (60/3600) \times 900 \approx 12,75$ L/s.

A área mínima do jardim, obtida pela Equação 5, foi de $Aj_1 = 9,0 / 0,185 \approx 48,6$ m², adotando-se 50 m², equivalente a 4 vagas de 12,5 m². A verificação hidráulica confirma que V_jardim1 = 0,185 × 50 = 9,25 m³, valor superior a V_1 = 9,0 m³, com margem de segurança de aproximadamente 2,8%.

O Jardim de Chuva 02 foi associado a uma área contribuinte de 1.300 m², incluindo trecho adicional do sistema viário e área de piso impermeável da praça.

O volume precipitado correspondente é V_2 = 0,010 m × 1.300 m² = 13,0 m³, e a vazão de pico $Q_2 = 0,85 \times (60/3600) \times 1.300 \approx 18,42$ L/s. A área mínima do jardim, A_j2 = 13,0 / 0,185 ≈ 70,3 m², foi adotada como 72 m², equivalente a 6 vagas de 12,5 m². A verificação hidráulica resulta em V_jardim2 = 0,185 × 72 = 13,32 m³, superior a V_2 = 13,0 m³, com margem de segurança de aproximadamente 2,5%.

A Tabela 2 sintetiza os resultados obtidos para os dois jardins de chuva dimensionados.

Tabela 2 – Síntese dos resultados do dimensionamento dos jardins de chuva na Praça Eng. Aloísio Freitas Melro

Jardim	A contrib. (m²)	V precip. (m³)	Q pico (L/s)	A jardim (m²)	Vagas verdes	V efetivo (m³)
Jardim 01	900	9,0	12,75	50	4 vagas	9,25
Jardim 02	1.300	13,0	18,42	72	6 vagas	13,32

3.1 Capacidade de Infiltração e Esvaziamento

Para os solos arenosos de Maceió, com condutividade hidráulica adotada de $K = 9,72 \times 10^{-6}$ m/s, a superfície efetiva de infiltração do Jardim 01 resultou em $S_{efl} = A_{base} + (P \times h/2) = 50 + (28,28 \times 0,075) \approx 52,12$ m², o que corresponde a uma vazão de infiltração de $Q_{infl} = 52,12 \times 9,72 \times 10^{-6} \approx 5,07 \times 10^{-4}$ m³/s, equivalente a 0,507 L/s.

O tempo de esvaziamento completo por infiltração foi estimado em $t_{esv1} = Vj_1/Q_{inf_1} = 9,25/(5,07 \times 10^{-4}) \approx 18.245$ s, ou aproximadamente 5,1 horas. Esse intervalo mostra-se compatível com o tempo médio entre eventos de precipitação intensa na região litorânea de Maceió, garantindo

a recuperação da capacidade de armazenamento do dispositivo antes da ocorrência de chuvas subsequentes.

A capacidade de infiltração dos dispositivos mostrou-se inferior às vazões instantâneas de pico estimadas pelo Método Racional, evidenciando que o principal mecanismo de funcionamento dos jardins de chuva consiste no armazenamento temporário das águas pluviais, seguido do esvaziamento gradual por infiltração. Dessa forma, os dispositivos contribuem para a redução dos volumes escoados e para o retardamento do escoamento superficial direcionado ao sistema convencional de drenagem.

O tempo de esvaziamento estimado para o Jardim 01 foi de aproximadamente 5,1 horas, valor compatível com a dinâmica hidrológica local e que permite a recuperação da capacidade de armazenamento entre eventos sucessivos de precipitação. Resultado semelhante foi observado por Assunção et al. (2025) em estudo realizado no jardim de chuva da PUC-Rio, reforçando a viabilidade operacional desses dispositivos como alternativa de drenagem urbana sustentável.

A predominância de solos arenosos na planície litorânea de Maceió, com condutividade hidráulica de 35 mm/h, favorece a infiltração e o desempenho dos jardins de chuva, especialmente quando comparada a regiões com solos argilosos e menor capacidade infiltrativa (Baptista et al., 2015). Além dos benefícios hidrológicos, esses dispositivos podem contribuir para a melhoria do microclima urbano e da qualidade da água infiltrada.

A implantação dos jardins de chuva mostrou-se compatível com o espaço viário disponível, sem comprometer a mobilidade urbana. Entretanto, esses dispositivos não substituem integralmente a drenagem convencional, devendo atuar de forma complementar ao sistema existente. Sua eficiência depende da integração com a infraestrutura de drenagem, da manutenção periódica e do adequado planejamento de sua distribuição no ambiente urbano, conforme destacado por Fletcher et al. (2014).

4. CONCLUSÕES

Neste trabalho foi possível estimar a eficácia da implantação de vagas verdes e jardins de chuva como dispositivos de drenagem urbana sustentável na Praça Eng. Aloísio Freitas Melro, em Maceió-AL, contribuindo para o avanço do debate sobre Soluções Baseadas na Natureza no contexto das cidades litorâneas brasileiras.

Os resultados indicaram que jardins de chuva com áreas equivalentes a quatro e seis vagas verdes apresentam capacidade de armazenamento compatível com áreas contribuintes de aproximadamente 900 m² e 1.300 m², respectivamente. Além disso, a análise da infiltração apontou

tempo de esvaziamento da ordem de 5 horas, demonstrando potencial para recuperação da capacidade de armazenamento entre eventos sucessivos de precipitação e reforçando a adequação dos dispositivos às características dos solos arenosos predominantes na planície litorânea de Maceió.

Além dos benefícios relacionados ao manejo das águas pluviais, a implantação de vagas verdes e jardins de chuva pode contribuir para a ampliação da infraestrutura verde urbana e para a qualificação dos espaços públicos. Como continuidade da pesquisa, recomenda-se a realização de ensaios de infiltração em campo, estudos hidrológicos mais detalhados e a elaboração de projeto executivo que permita avaliar o desempenho dos dispositivos em condições reais de operação. Além disso, sugere-se que, em estudos futuros, seja avaliado o desempenho dos jardins de chuva sob cenários de aumento da intensidade das precipitações decorrentes das mudanças climáticas, visando verificar a resiliência e a eficiência desses dispositivos frente a eventos pluviométricos mais extremos.

REFERÊNCIAS

ASSUNÇÃO, V. D.; FREITAS, M. M.; SARTORI, R. A.; OLIVEIRA, A. K. B. (2025). “Dimensionamento de um jardim de chuva como solução baseada na natureza no interior da PUC-Rio” in Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, ABRH.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. (2015). Técnicas compensatórias em drenagem urbana. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 318 p.

CARVALHO, E. T. L. (2008). *Avaliação de elementos de infiltração de águas pluviais na zona norte da cidade de Goiânia*. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia e Construção Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia-GO, 222 p.

FLETCHER, T. D.; SHUSTER, W.; HUNT, W. F.; ASHLEY, R.; BUTLER, D.; ARTHUR, S.; TROWSDALE, S.; BARRAUD, S.; SEMADENI-DAVIES, A.; BERTRAND-KRAJEWSKI, J. L.; MIKKELSEN, P. S.; RIVARD, G.; UHL, M.; DAGENAIS, D.; VIKLANDER, M. (2015). “SUDS, LID, BMPs, WSUD and more – The evolution and application of terminology surrounding urban drainage”. Urban Water Journal 12(7), pp. 525-542.

IUCN – INTERNATIONAL UNION FOR CONSERVATION OF NATURE (2019). Nature-based Solutions. Gland, Switzerland: IUCN.

Ling, Cai. Impact of Urbanization on Surface Water Hydrology and Flood Risk Management. Hydrol Current Res 16 (2025): 569.

PREFEITURA DE SÃO PAULO (2025). Projeto de Lei nº 378/2025. Institui diretrizes para implantação de vagas verdes no município de São Paulo. São Paulo: Câmara Municipal de São Paulo.

RIO-ÁGUAS (2019). Instruções técnicas para elaboração de estudos hidrológicos e dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana. Rio de Janeiro: Prefeitura do Rio de Janeiro.

TUCCI, C. E. M. (2005). Drenagem urbana. Porto Alegre: ABRH.