



Graduação Pós-Graduação
 Artigo completo Relato de prática Resumo expandido

TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS DE DRENAGEM URBANA EM ESCALA DE LOTE: contribuições para reduzir a sobrecarga do sistema pluvial urbano

Débora Ribeiro da Silva
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS/CPNV)
debora_ribeiro@ufms.br

Geovana Geloni Parra
Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS/CPNV)
geovana.parra@ufms.br

RESUMO

A presente pesquisa tem como objetivo investigar técnicas compensatórias de drenagem sustentável em escala de lote, com potencial para reduzir a sobrecarga do sistema público de drenagem pluvial urbana. A urbanização acelerada, aliada à impermeabilização das superfícies e ao aumento da frequência de eventos extremos de precipitação, tem intensificado as inundações nas cidades brasileiras, gerando prejuízos sociais, ambientais e econômicos. A pesquisa propõe integrar soluções como telhados verdes, pavimentos permeáveis, jardins de chuva e reservatórios de lote, aplicadas a um cenário experimental, comparando diferentes condições de permeabilidade. O estudo adota o método SCS (Soil Conservation Service) para estimar o escoamento superficial e quantificar a eficiência das estratégias sustentáveis na retenção e infiltração da água pluvial. Os resultados parciais demonstram que a adoção dessas técnicas reduz significativamente o volume de escoamento superficial destinado ao sistema público, evidenciando a importância do manejo descentralizado das águas urbanas. O trabalho busca, assim, contribuir para o desenvolvimento de projetos arquitetônicos e urbanísticos mais resilientes, capazes de aliar desempenho ambiental e mitigação dos impactos das mudanças climáticas nas cidades brasileiras.

Palavras-chave: Drenagem Urbana; Sustentabilidade; Técnicas Compensatórias; Soluções baseadas na Natureza; Impermeabilização.



1 INTRODUÇÃO

A expansão urbana brasileira, marcada pela intensa impermeabilização do solo e pela insuficiência da infraestrutura de drenagem, tem contribuído para a recorrência de inundações e alagamentos em diversas cidades. Esses eventos, agravados pelas mudanças climáticas e pela intensificação das chuvas extremas, resultam em prejuízos ambientais, sociais e econômicos expressivos. De acordo com a Confederação Nacional de Municípios (2022), apenas em 2022 as enchentes e enxurradas causaram mais de R\$ 55 bilhões em danos no país, evidenciando a vulnerabilidade dos centros urbanos frente à gestão inadequada das águas pluviais.

Diante desse cenário, torna-se fundamental adotar estratégias que promovam um manejo sustentável das águas, reduzindo a dependência dos sistemas convencionais de drenagem e favorecendo a retenção, infiltração e reuso no próprio lote. As técnicas compensatórias de drenagem sustentável, como telhados verdes, pavimentos permeáveis, jardins de chuva e reservatórios de lote, representam soluções descentralizadas capazes de integrar o ambiente construído ao ciclo natural da água.

Este projeto propõe analisar, em escala de lote, o desempenho dessas soluções quanto à capacidade de mitigar o escoamento superficial e minimizar a sobrecarga do sistema público de drenagem. Para tanto, utiliza-se o método SCS (Soil Conservation Service) em dois cenários comparativos — um totalmente impermeável e outro permeável — com base em dados de precipitação obtidos na estação A702 do INMET.

Assim, busca-se contribuir para a disseminação de práticas arquitetônicas e urbanísticas alinhadas à sustentabilidade hídrica e à resiliência climática, demonstrando que intervenções em pequena escala podem gerar impactos significativos na mitigação de inundações urbanas e na promoção de cidades mais equilibradas e adaptáveis.

2 REVISÃO DA LITERATURA

No Brasil, segundo Benini (2019), as cidades brasileiras vêm se expandindo de maneira acelerada para suprir a ocupação de uma parcela populacional considerada, que de acordo com o Censo 2022 do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), aproximadamente 87% da população reside em áreas urbanas. E de acordo com a mesma autora, esse adensamento urbano é seguido da desconsideração das normas urbanísticas vigentes, e priorização dos interesses regidos pelas leis de mercado que moldam nossas cidades, refletindo na

verticalização intensa ou expansão desordenada das cidades.

Nesse sentido, Benini (2019) afirma ainda que os resultados disso são o surgimento de problemas com natureza socioambiental, como a ocupação de áreas de risco, as chamadas áreas de preservação permanente, áreas com declividade acentuada sujeitas a deslizamentos, carência de serviços públicos, infraestrutura e saneamento básico, comprometimento do sistema de drenagem, sobrecarga no sistema viário, poluição, contaminação de mananciais, dentre outros.

Tais preocupações são refletidas e noticiadas as ocorrências de precipitações mais intensas, deslizamentos, além da sobrecarga no sistema de drenagem pluvial urbana, causando inundação, perdas econômicas e humanas.

Benini (2019) explica que os problemas de drenagem urbana são acarretados pelo adensamento urbano, a infraestrutura precária e com déficit, alta impermeabilização do solo urbano, ineficácia do sistema de drenagem, retirada da cobertura vegetal e sedimentos conduzidos pelas águas pluviais.

Pompêo (2000), afirma que as enchentes acarretadas pela urbanização divergem de variáveis como o excessivo parcelamento e impermeabilização do solo, ocupação de áreas ribeirinhas tais como várzeas, áreas de inundação frequente e zonas alagadiças, além da obstrução das canalizações pelos sedimentos e detritos, e obras de drenagem inadequada.

Diante das ocorrências de inundações e enchentes que as cidades enfrentam é preciso, segundo Benini (2019), medidas para enfrentar os problemas relacionados à drenagem urbana, de maneira a considerar as características físicas de cada localidade.

O processo de urbanização provoca mudanças nos processos hidrológicos, aumentando o escoamento superficial e reduzindo a infiltração e a recarga natural do solo, em função da ampliação das superfícies impermeáveis (Marchioni; Becciu, 2014; Elga *et al.*, 2015). Essas alterações geram impactos socioambientais, como maior ocorrência de inundações e menor disponibilidade de água devido à sua contaminação (Vargas, 1999).

De acordo com Costa e Schneider (2022), as enchentes estão relacionadas à impermeabilização e falha dos sistemas de macrodrenagem, e que ocorrem na maioria das vezes em regiões próximas a rios e córregos, denominadas fundo de vale, onde frequentemente existem ocupações irregulares.

Reafirmando o contexto, Rosin (2014), afirma que o processo de urbanização acelerada e a industrialização tardia foram causas determinantes para os problemas nos aglomerados urbanos, onde os assentamentos informais (loteamento ilegal, favelas, cortiços) resultaram como única opção de moradia para população migrante residir nos grandes centros urbanos. E

com isso as demandas socioambientais aumentam com as limitações de intervenção do poder público, agravando o cenário de desigualdade e exclusão social.

Segundo Rosin (2014), muitas cidades brasileiras apresentam um quadro marcado pela degradação do espaço urbano e pela carência de moradias, o que leva à ocupação irregular em áreas de risco ambiental e juridicamente protegidas. Esse cenário evidencia uma crise urbana significativa e reforça a necessidade de novos paradigmas de planejamento e gestão, orientados pelo Direito à Cidade e sustentados por políticas públicas que promovam padrões urbanos mais sustentáveis de vida em áreas urbanizadas.

Conforme apresentado por Lucas (2009), esse cenário de segregação espacial nos países em desenvolvimento é resultado de múltiplos fatores, entre eles a acumulação de capital e a concentração de riqueza próprias do capitalismo periférico. Nesse cenário, a propriedade imobiliária se configura como mecanismo de concentração econômica e poder político, acessível apenas a grupos privilegiados. Tal dinâmica gera exclusão da maior parte da população urbana, que é afastada de processos decisórios, do acesso à moradia adequada, à infraestrutura, ao emprego formal e até mesmo do direito à cidade e à cidadania. A legislação vigente, ao priorizar a propriedade privada e adotar dispositivos elitistas, reforça essas desigualdades e empurra os trabalhadores para condições de ilegalidade.

A partir disso, é possível concluir que populações em situação de vulnerabilidade são as mais afetadas em períodos de grandes precipitações pluviométricas. O que certamente demanda soluções para essa problemática. De acordo com Tucci (2005), em áreas suscetíveis a enchentes e alagamentos, é fundamental aplicar conhecimentos hidráulicos associados a princípios de sustentabilidade, por meio de sistemas de drenagem urbana capazes de integrar o ambiente natural ao espaço construído. Portanto, recomenda-se o uso de técnicas compensatórias de drenagem urbana pertencentes as Soluções baseadas na Natureza (SbN), de modo a promover maior equilíbrio entre cidade e meio ambiente.

2.1 TÉCNICAS COMPENSATÓRIAS EM DRENAGEM URBANA

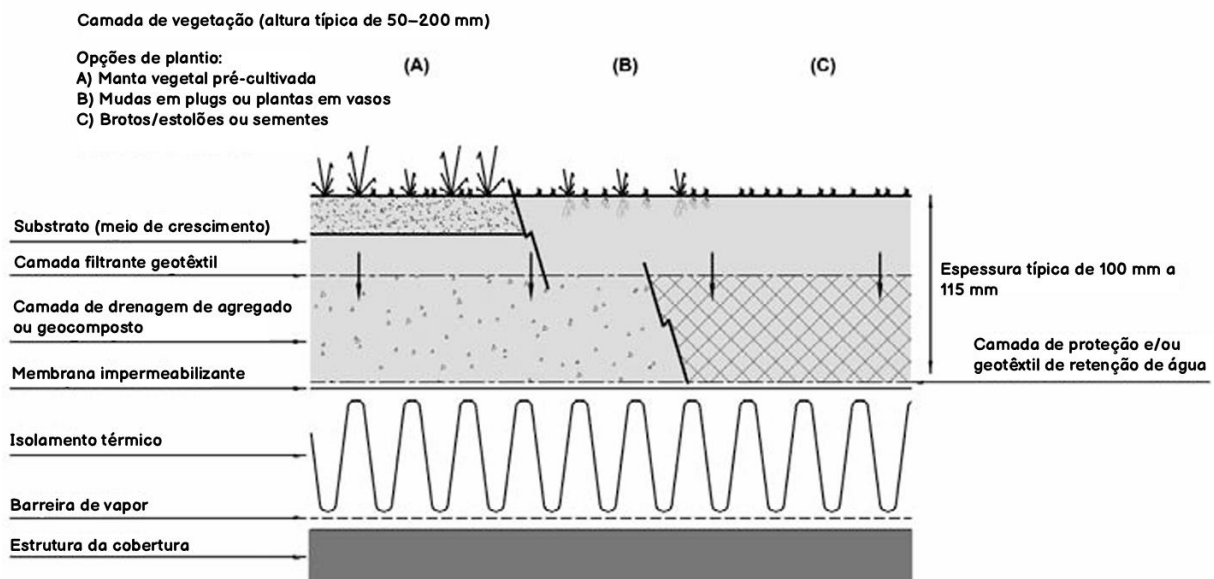
Com o objetivo de restabelecer as condições naturais de escoamento anteriores ao processo de urbanização, as técnicas de drenagem sustentável, como WSUD (Water Sensitive Urban Design), buscam capturar e infiltrar o escoamento na fonte, contribuindo para a redução da frequência de cheias e para a restauração dos regimes hidrológicos naturais (Roy *et al.*, 2008). Assim, considerando o manejo de águas pluviais na escala do lote, propõe-se o estudo

de técnicas compensatórias em drenagem urbana capazes de mitigar os impactos das enchentes.

2.1.1 Telhado verde

Os telhados verdes consistem em sistemas multicamadas que utilizam vegetação sobre uma camada de drenagem, com a função de interceptar e reter a precipitação, reduzindo o volume e a velocidade do escoamento superficial, o que possibilita a diminuição da demanda por infraestruturas de drenagem a jusante (Ballard *et al.*, 2007). A Figura 1 apresenta um esquema de telhado verde.

Figura 1: Esquema técnico de telhado verde.



Fonte: Adaptado por Tarr, 2002, apud Ballard *et al.*, 2007, p. 6-5, adaptado pela autora, 2026.

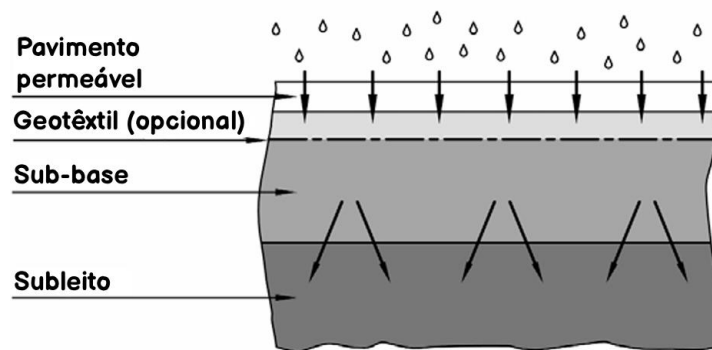
De acordo com Ballard *et al.* (2007), os telhados verdes podem ser classificados em três tipos principais: extensivos, caracterizados por baixa manutenção e vegetação rasteira em camada de substrato delgada, sendo leves e economicamente viáveis; intensivos, que funcionam como ambientes paisagísticos acessíveis, podendo incluir árvores, espelhos d'água e sistemas de irrigação, exigindo maior manutenção e capacidade estrutural; e os simples intensivos, que utilizam gramados ou coberturas vegetais de menor porte, com manutenção moderada e cargas estruturais intermediárias.

2.1.2 Piso permeável

Os pavimentos permeáveis permitem o tráfego de pedestres e veículos enquanto favorecem a infiltração da água da chuva, que pode ser temporariamente armazenada antes de infiltrar no solo, ser reutilizada ou direcionada a sistemas de drenagem. Esses pavimentos podem ser construídos com materiais porosos, que absorvem água em toda a superfície, ou como superfícies permeáveis, em que a infiltração ocorre pelos vazios entre elementos como blocos intertravados (Ballard *et al.*, 2007).

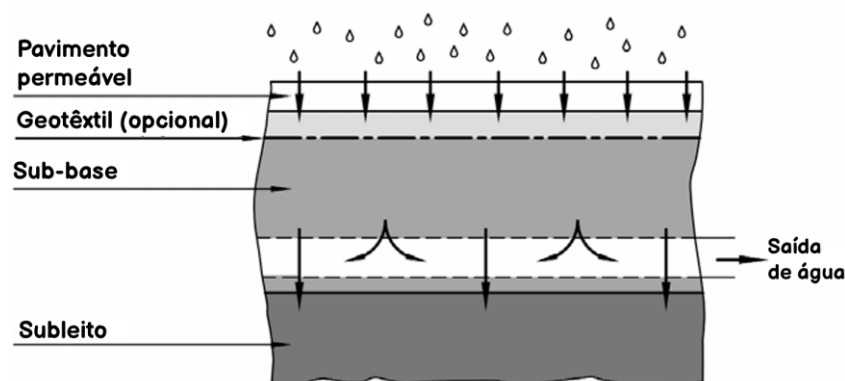
Conforme Ballard *et al.* (2007), os pavimentos permeáveis permitem a infiltração da água da chuva e podem ser classificados em porosos, que absorvem pela superfície, ou permeáveis, nos quais a infiltração ocorre pelos vazios entre os elementos construtivos, sendo seus principais sistemas ilustrados nas Figuras 2 e 3.

Figura 2: Sistema de pavimento permeável: Tipo A – infiltração total.



Fonte: Ballard *et al.*, 2007, p. 12-2, adaptado pela autora, 2026.

Figura 3: Sistema de pavimento permeável: Tipo B – infiltração parcial.



Fonte: Ballard *et al.*, 2007, p. 12-2, adaptado pela autora, 2026.

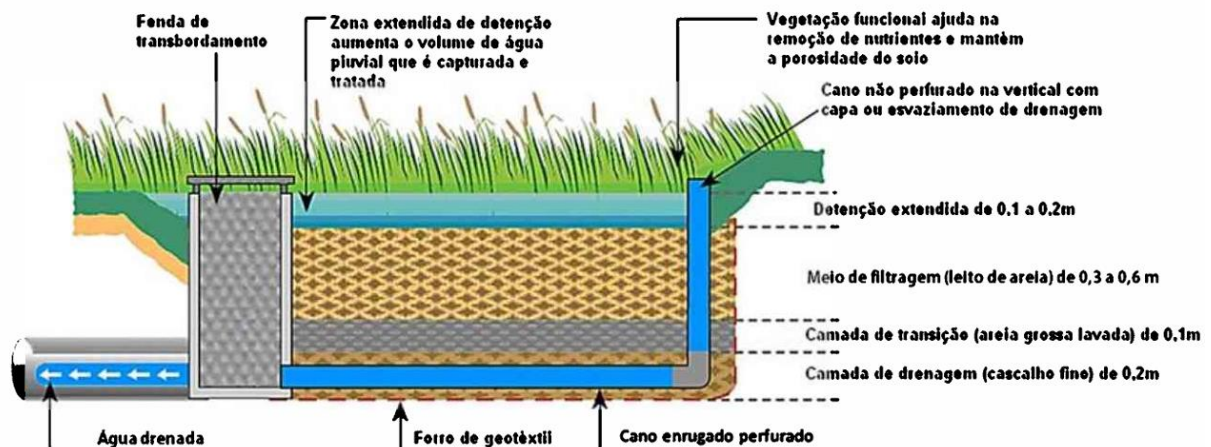
Segundo Ballard *et al.* (2007), no sistema do tipo C não há infiltração da água no solo, pois o subleito é protegido por uma membrana impermeável; essa solução é adotada especialmente em terrenos de baixa resistência, onde a infiltração poderia comprometer a

estabilidade.

2.1.3 Jardins de chuva

As áreas de biorretenção, também chamadas de jardins de chuva, são dispositivos de controle pluvial que utilizam solos e vegetação em bacias rasas para tratar o escoamento superficial, removendo poluentes e favorecendo infiltração, evaporação e transpiração. Além disso, podem incorporar árvores e arbustos para melhorar a retenção, recarga do lençol freático e conforto ambiental, sendo aplicáveis em diferentes contextos urbanos, como residências, estacionamentos e vias (Ballard *et al.*, 2007). A Figura 4 apresenta um esquema de jardim de chuva.

Figura 4: Seção típica de uma bacia de biorretenção (jardim de chuva).

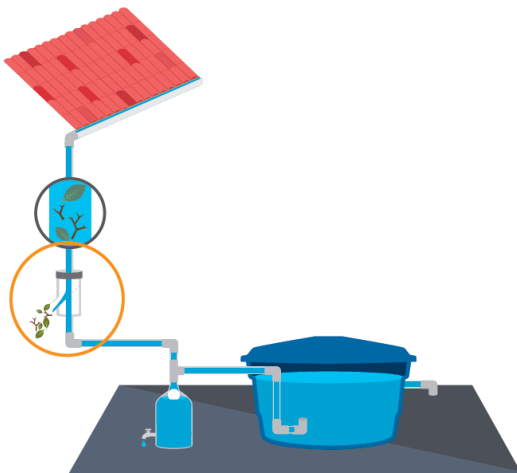


Fonte: Singapore, 2011a, p. 36, *apud* Benini, 2019, p. 112.

2.1.4 Reservatório de lote

Segundo Duarte, Mascarenhas e Miguez (2003), os reservatórios de lote são pequenas estruturas de retenção distribuídas em áreas urbanizadas que auxiliam no controle de cheias ao armazenar e retardar o escoamento pluvial, podendo ainda possibilitar o aproveitamento da água da chuva para usos não potáveis. A Figura 5 apresenta um esquema de reservatório de lote, incluindo a filtragem de resíduos provenientes da calha e a separação do volume da primeira chuva, que geralmente contém maior concentração de sujeira e partículas finas.

Figura 5: Esquema de reservatório de lote.



Fonte: IPT - Instituto de Pesquisa Tecnológicas, 2024, p. 12.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A pesquisa se classifica como aplicada, uma vez que se insere às técnicas compensatórias citadas em uma área de estudo, sintetizada em dois cenários de comparação para fins de estimativa do potencial de redução do volume pluvial destinado à drenagem urbana, delimitado à escala de lote. Quanto ao meio de cálculo foi adotado o método SCS, com análise de dois cenários, um totalmente impermeável e outro parcialmente permeável, para melhor compreensão. Optou-se pelo método SCS por sua ampla aplicação em estudos de drenagem urbana e pela facilidade de estimar o escoamento superficial a partir de dados pluviométricos e de uso do solo.

Segundo Paz (2004), o escoamento superficial tem como principal origem a precipitação, porém apenas uma fração da água precipitada contribui para esse processo, uma vez que parte se perde por evaporação, infiltração ou armazenamento em depressões do terreno. A quantidade de precipitação que efetivamente gera escoamento superficial é denominada precipitação efetiva, a qual pode ser determinada por meio de métodos baseados em equações de infiltração, índices ou pelo método SCS.

Na tentativa de estimar o escoamento superficial, foram comparados dois cenários de escala de lote, um com a adoção de total impermeabilidade do solo e outro com lote permeabilizado destinada às técnicas compensatórias citadas anteriormente, a fim de analisar a efetividade da adoção dessas soluções drenantes na redução do volume pluvial destinado ao sistema de drenagem urbana pública. Tais equações estimativas referem-se ao método SCS.

Conforme Paz (2004), o método foi desenvolvido em 1957 pelo Soil Conservation Service do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, a partir de pesquisas que buscaram estabelecer uma correlação entre a precipitação total e a precipitação efetiva, resultando em uma relação expressa da seguinte forma:

$$P_{ef} = (P^n + d^n) - d,$$

onde P é a precipitação total, P_{ef} é a precipitação efetiva, n é um coeficiente empírico e $d = P - P_{ef}$.

Fazendo algumas suposições e considerações, foi obtida a seguinte expressão para determinação da precipitação efetiva (equação 1):

$$P_{ef} = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S} \quad (\text{se } P > 0,2S)$$

onde S representa a retenção potencial do solo, isto é, a sua capacidade de armazenar água.

Este método considera que para cada precipitação ocorrem perdas iniciais (evaporação, infiltração, etc) da ordem de 0,2S e, portanto, caso a precipitação seja inferior a tais perdas iniciais, não há formação de escoamento superficial, ou seja, a precipitação efetiva é zero:

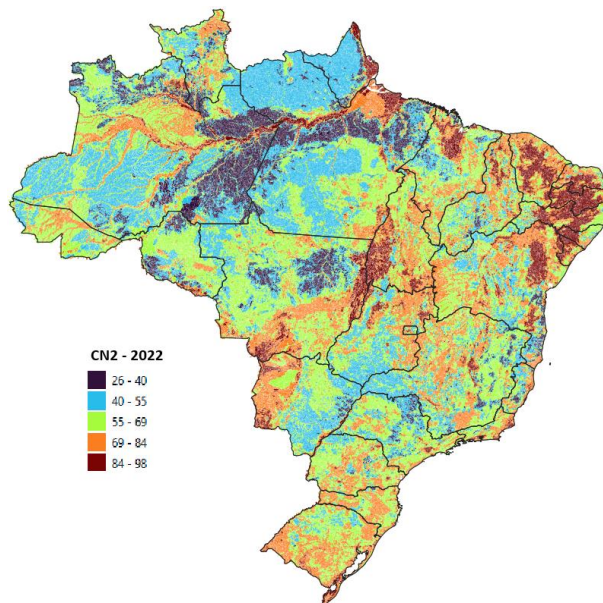
$$P_{ef} = 0 \quad (\text{se } P < 0,2S)$$

Para estimar o valor de S, foi estabelecida a relação deste parâmetro com um outro, o chamado *CurveNumber* (CN), que não possui significado físico em si mas tem seu valor diretamente relacionado ao tipo e umidade do solo e à ocupação da bacia. A relação entre S e CN é (equação 2):

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

De acordo com Paz (2004), o valor do CN é determinado por meio de tabelas de referência, elaboradas conforme o tipo de solo, as condições de umidade antecedente (umidade do solo antes da precipitação analisada) e o tipo de uso e ocupação existente na bacia hidrográfica. Nessa simulação de estimativa, o CN adotado será o fornecido pela Agência Nacional de Água e Saneamento Básico (ANA), que traz valores de 2022, divulgados em 2024 (Figura 6).

Figura 6: Curva Número na Base Ottocodificada (2022).



Fonte: Catálogo de Metadados da ANA. Disponível em:

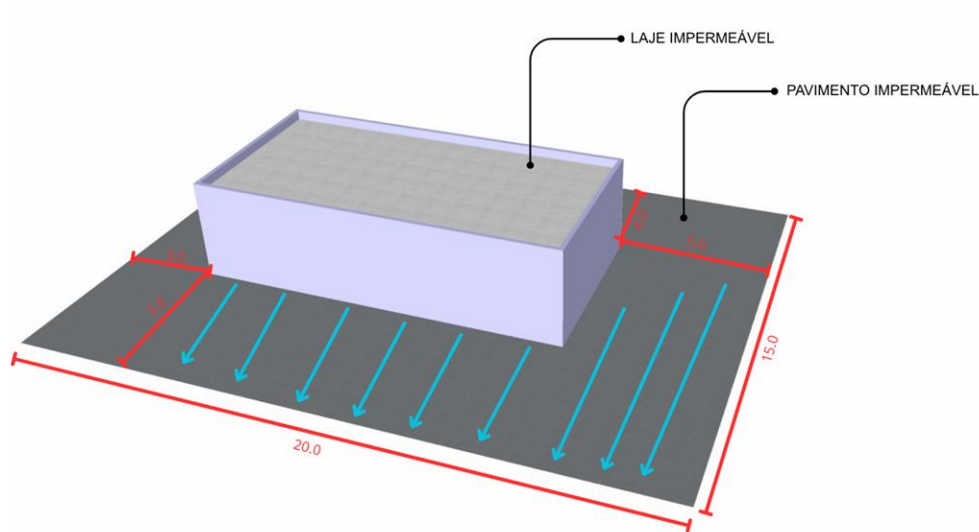
<https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d1c36d85-a9d5-4f6a-85f7-71c2dc801a67>.

Acesso em 26 de out. 2025.

Na elaboração dos cenários foram usados como parâmetros os índices urbanísticos de Campo Grande (CG) para delimitação do lote e dados meteorológicos da estação A702, fornecidos pelo INMET (Instituto Nacional de Meteorologia), no método SCS é considerado cinco dias de precipitação para análise de escoamento superficial.

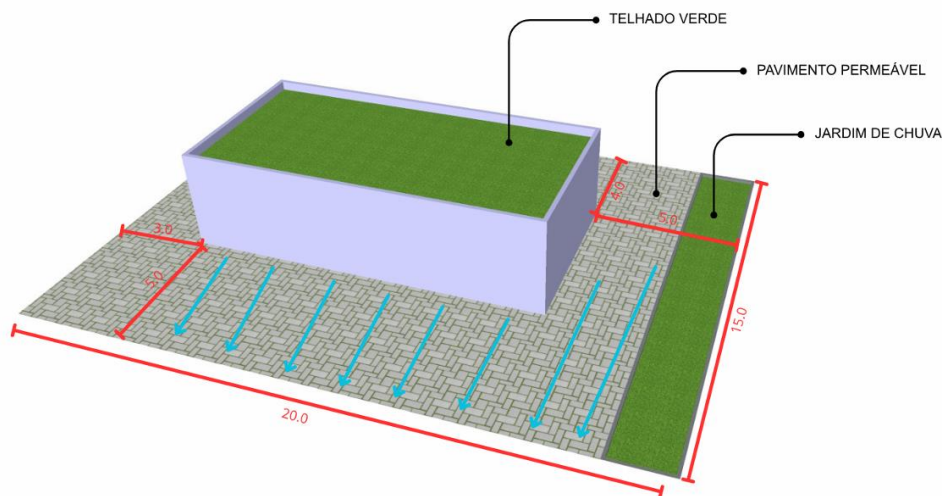
Os índices urbanísticos (Lei Complementar nº 341, 2018) estabelecem que para zonas residenciais são permitidos coeficientes de aproveitamento de 0,25; um lote mínimo de 250 m²; taxa de permeabilidade de 20% e recuos livres para térreo e 1 pavimento. A partir desses parâmetros foi estabelecido um lote de 300 m² com edifício de 75 m², pé-direito de 3 m, e adoção de impermeabilidade e permeabilidade destinada às técnicas compensatórias, conforme as figuras 7 e 8:

Figura 7: Cenário 01 - Lote impermeabilizado.



Fonte: Autora, 2025.

Figura 8: Cenário 02 - Lote permeabilizado.



Fonte: Autora, 2025.

4 DISCUSSÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A partir de dados pluviométricos obtidos pelo INMET, selecionou-se o período mais representativo em termos de precipitação, permitindo avaliar o comportamento hidrológico da área de estudo frente a eventos de chuva significativa. Com base nesses dados, foram realizados os cálculos de precipitação efetiva e, posteriormente, estimados os volumes de escoamento superficial para distintos níveis de impermeabilização do lote. A análise comparativa entre os cenários possibilita compreender a influência de estratégias como superfícies permeáveis e

SbNs na redução do escoamento, contribuindo para reflexões acerca do planejamento urbano sustentável e da gestão das águas pluviais.

Os dados meteorológicos do INMET adotados nas equações foram do mês de abril de 2025, visto que apresentaram maiores incidências de precipitação de acordo com a Figura 9, no qual é possível notar chuvas significativas em abril e maio.

Figura 9: Gráfico anual da estação A702 para precipitação.



Fonte: INMET. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/GraficosAnuais/A702>. Acesso em 27 de aet. 2025.

De acordo com os registros de dados da estação A702, a semana de abril que apresentou maiores volumes de precipitação foi a partir de 24/04/2025 à 28/04/2025 com precipitação total de 74,6 mm (INMET, 2025b). A partir disso, seguiu-se as etapas para estimar o volume de escoamento superficial do método SCS, onde primeiramente foi obtido o valor de S, considerando 40 para o valor de CN do estado do Mato Grosso do Sul, de acordo com a figura 6:

$$S = \frac{25400}{40} - 254$$

$$S = 381$$

Em seguida calculou-se os valores de precipitação efetiva dos cinco dias analisados:

$$P_{ef_24/04} = \frac{(34 - (0,2 \cdot 381))^2}{34 + (0,8 \cdot 381)}$$

$$P_{ef_24/04} = 5,26$$

$$P_{ef_25/04} = \frac{(24,2 - (0,2 \cdot 381))^2}{24,2 + (0,8 \cdot 381)}$$

$$P_{ef_25/04} = 8,22$$

$$P_{ef_26/04} = \frac{(0,6 - (0,2 \cdot 381))^2}{0,6 + (0,8 \cdot 381)}$$

$$P_{ef_26/04} = 18,72$$

$$P_{ef_27/04} = \frac{(8,2 - (0,2 \cdot 381))^2}{8,2 + (0,8 \cdot 381)}$$

$$P_{ef_27/04} = 14,77$$

$$P_{ef_28/04} = \frac{(7,6 - (0,2 \cdot 381))^2}{7,6 + (0,8 \cdot 381)}$$

$$P_{ef_28/04} = 15,06$$

Com isso foi estimado o volume de escoamento superficial destinado ao sistema de drenagem pluvial pública para cada cenário, onde temos os seguintes percentuais de impermeabilização:

Cenário 01 - Taxa de permeabilidade de 0% da área do lote (300 m²):

$$V_{escoamento_24/04} = P_{ef_24/04} \cdot A$$

$$V_{escoamento_24/04} = 5,26 \cdot 300 = 1.578 \text{ m}^3$$

$$V_{escoamento_25/04} = P_{ef_24/04} \cdot A$$

$$V_{escoamento_25/04} = 8,22 \cdot 300 = 2.466 \text{ m}^3$$

$$V_{escoamento_26/04} = P_{ef_24/04} \cdot A$$

$$V_{\text{escoamento}_{26/04}} = 18,72 \cdot 300 = 5.616 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{escoamento}_{27/04}} = P_{\text{ef}_{24/04}} \cdot A$$

$$V_{\text{escoamento}_{27/04}} = 14,77 \cdot 300 = 4.431 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{escoamento}_{28/04}} = P_{\text{ef}_{24/04}} \cdot A$$

$$V_{\text{escoamento}_{28/04}} = 15,06 \cdot 300 = 4.518 \text{ m}^3$$

Cenário 02 - Uma parcela da precipitação efetiva será absorvida no telhado verde e jardim de chuva, e o que não infiltrar poderá ser destinado a um reservatório de lote. No pavimento permeável há 50% de permeabilidade, o que resulta em uma área de escoamento superficial de 99 m² da área total do piso permeável (198 m²). Nesse cenário será considerado apenas a área de escoamento do piso permeável para estimar o volume de escoamento:

$$V_{\text{escoamento}_{24/04}} = P_{\text{ef}_{24/04}} \cdot A$$

$$V_{\text{escoamento}_{24/04}} = 5,26 \cdot 99 = 520,74 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{escoamento}_{25/04}} = P_{\text{ef}_{24/04}} \cdot A$$

$$V_{\text{escoamento}_{25/04}} = 8,22 \cdot 99 = 813,78 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{escoamento}_{26/04}} = P_{\text{ef}_{24/04}} \cdot A$$

$$V_{\text{escoamento}_{26/04}} = 18,72 \cdot 99 = 1.853,28 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{escoamento}_{27/04}} = P_{\text{ef}_{24/04}} \cdot A$$

$$V_{\text{escoamento}_{27/04}} = 14,77 \cdot 99 = 1.462,23 \text{ m}^3$$

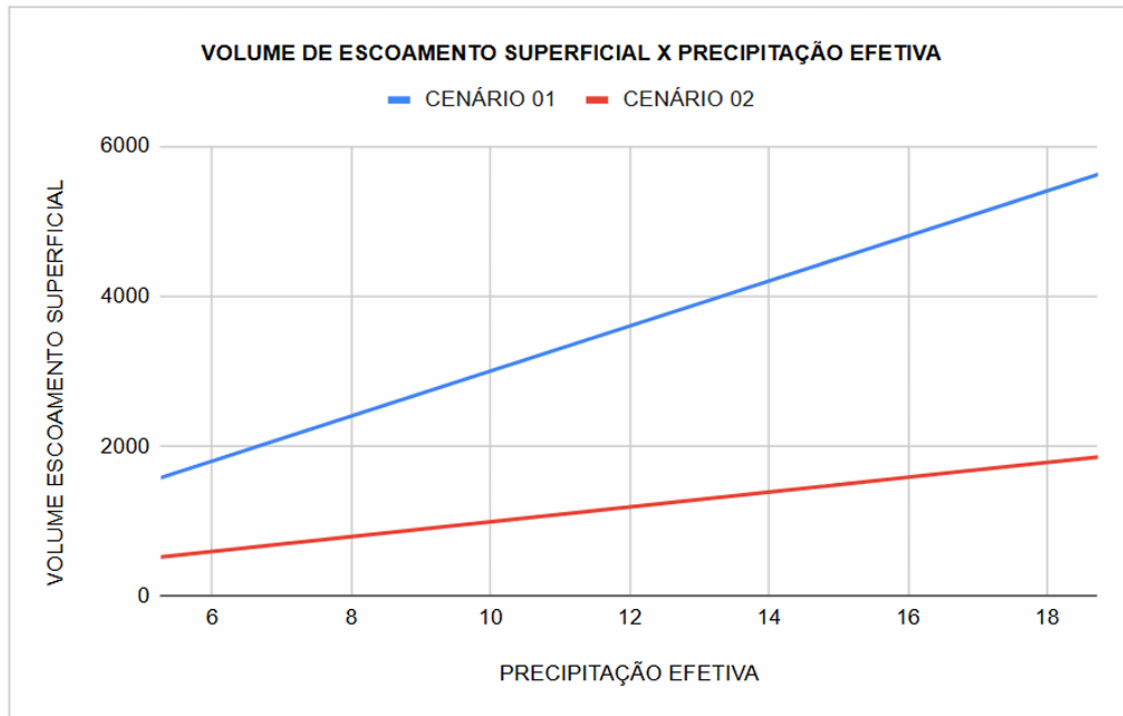
$$V_{\text{escoamento}_{28/04}} = P_{\text{ef}_{24/04}} \cdot A$$

$$V_{\text{escoamento}_{28/04}} = 15,06 \cdot 99 = 1.490,94 \text{ m}^3$$

A partir dos cálculos obtidos foram reunidos os resultados na Figura 10 para melhor compreensão da relação entre volume de escoamento superficial e precipitação efetiva. Como

resultados temos que o cenário 02 apresentou menores valores de escoamento superficial nos cinco dias analisados.

Figura 10: Volume de escoamento superficial x Precipitação Efetiva.



Fonte: Autora, 2025.

5 CONCLUSÕES

A análise comparativa entre os cenários permitiu verificar que a adoção de técnicas compensatórias de drenagem sustentável em escala de lote reduz significativamente o volume de escoamento superficial destinado ao sistema público de drenagem. Essa redução evidencia o potencial dessas estratégias para mitigar os impactos da impermeabilização excessiva e contribuir para a prevenção de inundações urbanas.

Os resultados reforçam a importância de incorporar soluções como telhados verdes, pavimentos permeáveis, jardins de chuva e reservatórios de lote aos projetos arquitetônicos, de modo a integrar o manejo da água pluvial ao próprio ambiente construído. Além disso, demonstram que pequenas intervenções, quando replicadas em larga escala, podem gerar efeitos relevantes sobre a eficiência do sistema de drenagem urbana e sobre a resiliência climática das cidades.

Como continuidade da pesquisa, pretende-se aprimorar a modelagem hidrológica

aplicada, testar outros parâmetros de solo e diferentes intensidades de precipitação, bem como avaliar o desempenho das técnicas em diferentes condições urbanas. Espera-se, assim, consolidar diretrizes que orientem o uso dessas soluções na prática projetual e no planejamento urbano sustentável.

REFERÊNCIAS

BALLARD, Woods B. *et al.* **The SuDS manual (C697)**. London: Construction Industry Research and Information Association, 2007.

BENINI, Sandra Medina. **Infraestrutura verde aplicada à drenagem urbana**. 1. ed. Tupã: ANAP, 2019.

CAMPO GRANDE (MS). **Índices urbanísticos: legislação municipal – Lei de Uso e Ocupação do Solo**. Campo Grande: Prefeitura Municipal de Campo Grande, 2018. Diário Oficial de Campo Grande, 27 dez. 2018.

CNM. **Prejuízos causados pelas chuvas no Brasil entre 2017 e 2022 ultrapassam R\$ 55,5 bilhões, revela CNM**. Disponível em: <https://cnm.org.br/comunicacao/noticias/prejuizos-causados-pelas-chuvas-no-brasil-entre-2017-e-2022-ultrapassam-r-55-5-bilhoes-revela-cnm>. Acesso em: 21 ago. 2025.

COSTA, Alexander; SCHNEIDER, Luisa. **Rios urbanos: diferentes abordagens sobre as águas nas cidades**. Curitiba: CRV, 2022.

CATÁLOGO DE METADADOS DA ANA. **CURVA número na base ottocodificada (1985, 2014 e 2022)**. Disponível em: <https://metadados.snirh.gov.br/geonetwork/srv/api/records/d1c36d85-a9d5-4f6a-85f7-71c2dc801a67>. Acesso em: 26 out. 2025.

DUARTE, Rafael Xavier Meriade; MASCARENHAS, F. C. B.; MIGUEZ, M. G. Modelação matemática de controle de cheias urbanas com uso de reservatórios de lote. In: **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS**, 15., 2003, Curitiba. Anais [...]. Curitiba: ABRH, 2003.

ELGA, S.; JAN, B.; OKKE, B. Hydrological modeling of urbanized catchments: a review and future directions. **Journal of Hydrology**, v. 529, p. 62-81, 2015.

IBGE. **Censo demográfico 2022**. Disponível em: <https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/>. Acesso em: 20 set. 2025.

INMET. **Gráficos anuais**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/GraficosAnuais/A702>. Acesso em: 27 set. 2025.

INMET. **Tabela de estações**. Disponível em: <https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A702>. Acesso em: 27 set. 2025.

IPT – INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**. São Paulo: IPT, 2024. Disponível em: <https://ipt.br/wp-content/uploads/2024/08/Manual-de-agua-de-chuva.pdf>. Acesso em: 27 set. 2025.

LUCAS, Renata Paula. **O Código Florestal em meio urbano: implicações da Lei nº 7.803/89 na regularização de assentamentos irregulares em grandes cidades**. 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

MARCHIONI, M.; BECCIU, G. Permeable pavement used on sustainable drainage systems (SUDs): a synthetic review of recent literature. **Urban Water Journal**, v. 11, n. 2, p. 183-194, 2014.

PAZ, Adriano Rolim da. **Hidrologia aplicada**. Caxias do Sul: Universidade Estadual do Rio Grande do Sul, 2004. Apostila.

POMPÊO, C. A. Drenagem urbana sustentável. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, Porto Alegre, v. 5, n. 1, p. 15-23, 2000.

ROSIN, Jeane Aparecida Rombi de Godoy. **Regularização fundiária sustentável: desafios de uma política estatal em APPs urbanas**. Tupã: ANAP, 2014.

ROY, A. H. *et al.* Impediments and solutions to sustainable, watershed-scale urban stormwater management: lessons from Australia and the United States. **Environmental Management**, v. 42, n. 2, p. 344-359, 2008.

TUCCI, Carlos E. M. Águas urbanas. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 97-112, 2008. Disponível em: <https://revistas.usp.br/eav/article/view/10295>. Acesso em: 21 ago. 2025.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de inundações urbanas**. Brasília, DF: Ministério das Cidades; Global Water Partnership; World Bank; Unesco, 2005.

VARGAS, M. C. O gerenciamento integrado dos recursos hídricos como problema socioambiental. **Ambiente & Sociedade**, n. 5, p. 109-134, 1999.