



PAVIMENTAÇÃO PERMEÁVEL COMO SOLUÇÃO DE ENCHENTES NA BACIA DO CÓRREGO MINEIROS EM MINEIROS-GO

PERMEABLE PAVEMENT AS A SOLUTION IN THE MINEIROS STREAM BASIN, MINEIROS-GO

Bianca Gabrielly Oliveira Silva¹

Ana Clara Silva Franco²

Maria Eduarda Hoppen de Souza³

Yago Souza Silva⁴

José Henrique Cunha Guimarães⁵

Gabriel Pinto da Silva Neto⁶

Resumo: A urbanização acelerada tem transformado drasticamente o ciclo hidrológico local, substituindo superfícies naturais por coberturas impermeáveis que dificultam a infiltração da água no solo. Este estudo analisa o potencial da pavimentação permeável como estratégia de mitigação de enchentes na bacia do córrego Mineiros, em Mineiros (GO), com recorte espacial no bairro Taninho. O objetivo principal é avaliar a viabilidade dessa tecnologia como alternativa de manejo sustentável frente aos desafios de drenagem urbana na região. Para isso, a metodologia baseou-se na análise qualitativa da morfometria da bacia, utilizando dados altimétricos SRTM processados em ambiente SIG, além da avaliação de séries históricas de precipitação com foco em eventos acumulados de 120 minutos. Os resultados indicam que o relevo acentuado, com desníveis superiores a 100 m, favorece o escoamento superficial rápido, reduzindo o tempo de concentração e elevando o risco de inundações. Nesse contexto, a literatura técnica aponta que a pavimentação permeável apresenta potencial para promover a infiltração e o armazenamento temporário das águas pluviais, reduzindo o pico de escoamento. Conclui-se que a aplicação dessa tecnologia representa uma alternativa relevante para o controle de cheias, especialmente em áreas com características geomorfológicas que potencializam o

¹ Discente do curso de Engenharia Civil da UNIFIMES, biancagaby90@gmail.com

² Discente do curso de Engenharia Civil da UNIFIMES.

³ Discente do curso de Engenharia Civil da UNIFIMES.

⁴ Discente do curso de Engenharia Civil da UNIFIMES.

⁵ Discente do curso de Engenharia Civil da UNIFIMES.

⁶ Docente do curso de Engenharia Civil da UNIFIMES.



escoamento superficial, sendo necessários estudos quantitativos complementares para a validação de sua eficácia no contexto específico da bacia estudada.

Palavras-chave: Drenagem urbana. Escoamento superficial. Impermeabilização do solo. Bacia hidrográfica. Infraestrutura verde.

Abstract: Rapid urbanization has drastically transformed the local hydrological cycle, replacing natural surfaces with impermeable coverings that hinder water infiltration into the soil. This study analyzes the potential of permeable paving as a flood mitigation strategy in the Mineiros stream basin, in Mineiros (GO), with a spatial focus on the Taninho neighborhood. The main objective is to evaluate the viability of this technology as a sustainable management alternative to the urban drainage challenges in the region. To this end, the methodology was based on a qualitative analysis of the basin's morphometry, using SRTM altimetric data processed in a GIS environment, in addition to the evaluation of historical precipitation series focusing on accumulated events of 120 minutes. The results indicate that the steep relief, with elevation differences greater than 100 m, favors rapid surface runoff, reducing the concentration time and increasing the risk of flooding. In this context, the technical literature indicates that permeable paving has the potential to promote infiltration and temporary storage of rainwater, reducing peak runoff. It is concluded that the application of this technology represents a relevant alternative for flood control, especially in areas with geomorphological characteristics that enhance surface runoff, with further quantitative studies being necessary to validate its effectiveness in the specific context of the studied basin.

Keywords: Urban drainage. Surface runoff. Soil sealing. Watershed. Green infrastructure.

INTRODUÇÃO

O processo de urbanização acelerada observado nas últimas décadas tem promovido alterações significativas no ciclo hidrológico natural, sobretudo em áreas urbanas consolidadas. A substituição da cobertura vegetal por superfícies impermeáveis, como pavimentos asfálticos e edificações, reduz a capacidade de infiltração do solo e intensifica o escoamento superficial. Como consequência, há aumento do volume e da velocidade das águas pluviais, o que contribui diretamente para a sobrecarga dos sistemas de drenagem urbana e para a ocorrência de inundações. Conforme destaca Tucci (2003), a urbanização modifica profundamente o



comportamento hidrológico das bacias, elevando significativamente o escoamento superficial e a frequência de enchentes.

Esse cenário torna-se ainda mais crítico diante da crescente frequência de eventos de precipitação intensa, frequentemente associada aos impactos das mudanças climáticas globais sobre o regime de chuvas local. Em resposta a esse contexto, observa-se uma mudança de paradigma na engenharia de drenagem urbana, que passa a incorporar estratégias de controle na fonte e soluções baseadas na natureza, em substituição às abordagens convencionais centradas exclusivamente na rápida condução da água (BAPTISTA et al., 2011).

No município de Mineiros, no estado de Goiás, essa problemática manifesta-se de forma recorrente na bacia hidrográfica do córrego Mineiros, especialmente no bairro Taninho. A área apresenta elevada taxa de impermeabilização do solo associada a um relevo acentuado, com desníveis superiores a 100 m, o que favorece o rápido escoamento das águas pluviais em direção ao fundo de vale. Segundo dados do Plano Diretor Municipal (2011), eventos de precipitação intensa evidenciam a vulnerabilidade da região, onde o tempo de resposta hidrológica reduzido contribui diretamente para a criticidade dos alagamentos históricos registrados.

Nesse contexto, soluções convencionais, como a canalização de cursos d'água, mostram-se limitadas, uma vez que não atuam na redução do volume gerado na fonte e podem, por vezes, transferir e intensificar problemas para as áreas situadas a jusante. Assim, torna-se imperativa a adoção de técnicas compensatórias que promovam a infiltração, o armazenamento temporário e o consequente retardamento do pico do escoamento superficial (TOMAZ, 2002).

Dentre essas estratégias, destaca-se a pavimentação permeável, inserida no conceito de Sistemas de Drenagem Urbana Sustentáveis (SUSDS). Essa tecnologia consiste em uma estrutura multicamada que permite a passagem da água através de sua superfície, possibilitando sua infiltração no solo ou armazenamento temporário em camadas subjacentes de base e sub-base. De acordo com a Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2015), essa solução contribui eficazmente para a manutenção do balanço hídrico pré-desenvolvimento e para o aumento do tempo de concentração da bacia hidrográfica.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo analisar o potencial da pavimentação permeável como estratégia de mitigação de enchentes na bacia do córrego Mineiros, com ênfase no bairro Taninho. A análise parte da caracterização morfométrica do terreno e da avaliação de dados pluviométricos, considerando eventos acumulados em períodos de 120 minutos, fundamentando-se em critérios técnicos de dimensionamento hidrológico propostos por Wilken (1978). Busca-se, assim, contribuir para a discussão de soluções



sustentáveis aplicadas à drenagem urbana em áreas com características geomorfológicas desfavoráveis.

METODOLOGIA

A presente pesquisa caracteriza-se como um estudo aplicado, de abordagem qualitativa e caráter exploratório, voltado à análise do comportamento hidrológico urbano a partir da relação entre morfologia do terreno e ocorrência de escoamento superficial. A área de estudo compreende a bacia hidrográfica do córrego Mineiros, localizada no município de Mineiros, estado de Goiás, com ênfase no bairro Taninho, região recorrente de alagamentos.

O desenvolvimento metodológico foi estruturado em quatro etapas sequenciais: (I) delimitação da bacia hidrográfica e elaboração do mapa de relevo; (II) levantamento e análise de dados pluviométricos; (III) análise morfométrica da bacia; e (IV) caracterização da solução baseada em pavimentação permeável.

A delimitação da bacia hidrográfica foi realizada a partir de Modelos Digitais de Elevação (MDE) obtidos por meio da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), com resolução espacial de 30 metros, disponibilizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). O processamento dos dados foi conduzido em ambiente de Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizando o software QGIS, versão 3.40. Foram aplicadas rotinas hidrológicas para definição automática da rede de drenagem e dos divisores de água, bem como para a geração de curvas de nível com equidistância regular, permitindo a representação da variação altimétrica da área.

O levantamento dos dados pluviométricos foi realizado com base em informações disponibilizadas pelo Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais, considerando o período de 2008 a 2023. A análise consistiu na identificação dos eventos de maior precipitação acumulada, considerando janelas temporais de 120 minutos, com o objetivo de caracterizar a intensidade das chuvas associadas aos episódios de alagamento registrados na área de estudo. Para tanto, foram selecionados os cinco eventos de maior volume acumulado no período analisado, os quais foram comparados entre si de forma a identificar padrões de recorrência e magnitude. A escolha da janela temporal de 120 minutos fundamenta-se nos critérios de dimensionamento hidrológico propostos por Wilken (1978), que indicam esse intervalo como referência para análise de eventos críticos em bacias urbanas de pequeno e médio porte. Ressalta-se que a análise adotada tem caráter qualitativo e exploratório, não



incluindo ajuste de distribuições de probabilidade nem cálculo de períodos de retorno, o que constitui uma limitação do presente estudo.

A análise morfométrica da bacia foi conduzida de forma qualitativa, a partir da interpretação do mapa de relevo gerado. Foram considerados parâmetros como a amplitude altimétrica, a densidade das curvas de nível e a configuração da rede de drenagem, permitindo inferir a declividade do terreno, a direção preferencial do escoamento e as áreas de concentração de fluxo. Essa abordagem possibilitou a compreensão do comportamento hidrológico da bacia sem a aplicação de modelagens matemáticas, priorizando a análise espacial e interpretativa dos dados.

Por fim, procedeu-se à caracterização da pavimentação permeável como estratégia de controle na fonte, com base nas diretrizes estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 16451 (2015). Foram descritos os princípios de funcionamento da tecnologia, incluindo sua estrutura multicamada, a capacidade de infiltração e o armazenamento temporário das águas pluviais em camadas subjacentes. A análise buscou correlacionar as características físicas da bacia com o potencial de aplicação dessa solução como medida de mitigação de escoamento superficial em áreas urbanas impermeabilizadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Impactos da urbanização e dos eventos pluviométricos

O crescimento urbano acelerado observado no município de Mineiros resultou em alterações significativas nas características físicas e hidrológicas da bacia do córrego Mineiros. A substituição da cobertura vegetal por superfícies impermeáveis promoveu a redução da infiltração, o aumento do coeficiente de escoamento superficial e a consequente intensificação do volume e da velocidade das águas pluviais.

A análise da série histórica de precipitação (2008–2023) evidencia a ocorrência de eventos pluviométricos de elevada magnitude, caracterizados por altos volumes acumulados em curtos intervalos de tempo, o que impõe elevada carga ao sistema de drenagem urbana.

Tabela 1 – Maiores eventos de precipitação acumulada em 120 minutos em Mineiros (GO) (2008–2023)

Data	Precipitação acumulada (mm/120 min)
12/01/2011	128
03/12/2017	116
09/01/2023	109
22/11/2008	104
14/12/2019	101

Fonte: Adaptado de dados do CEMADEN (2026).



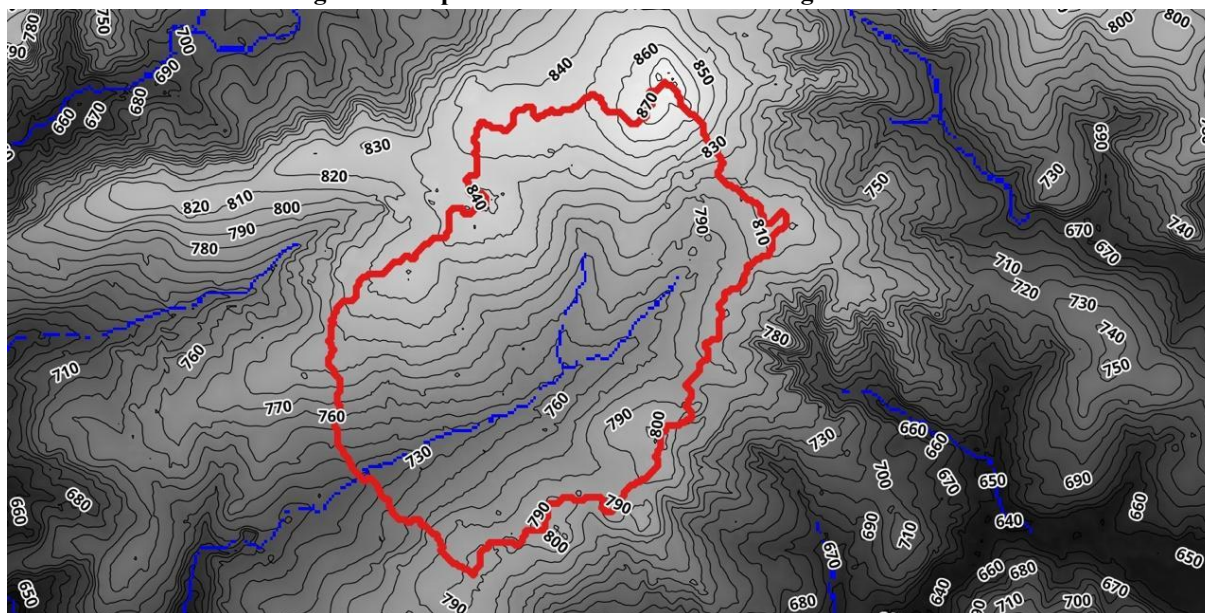
Entretanto, a análise integrada dos dados indica que a ocorrência de alagamentos não está condicionada exclusivamente à intensidade dos eventos pluviométricos. A recorrência de episódios de inundação em situações de precipitação moderada evidencia um quadro de saturação funcional do sistema de drenagem, associado à elevada impermeabilização do solo e à redução da capacidade de infiltração da bacia.

Esse comportamento sugere que o problema apresenta caráter estrutural, estando diretamente relacionado às transformações impostas pela urbanização, que alteraram o balanço hídrico natural da área. Nesse contexto, a água pluvial deixa de infiltrar no solo e passa a escoar superficialmente de forma quase imediata, contribuindo para a rápida elevação dos níveis no leito do córrego.

Análise morfométrica da bacia

A análise morfométrica da bacia do córrego Mineiros evidencia a influência determinante do relevo na dinâmica do escoamento superficial. A amplitude altimétrica, variando entre aproximadamente 730 m e 870 m, associada à elevada declividade das encostas, configura um sistema propício à aceleração do fluxo hídrico.

Figura 1: Mapa de Relevo da Bacia do Córrego Mineiros



Fonte: Elaborado pelos autores (2026).

A análise do relevo da bacia evidencia um desnível topográfico significativo, com cotas variando aproximadamente entre 730 m no fundo de vale e valores superiores a 870 m nas áreas



mais elevadas. A proximidade das curvas de nível indica a presença de declividades acentuadas, que favorecem a aceleração do escoamento superficial.

Em condições naturais, caracterizadas por maior permeabilidade do solo e presença de cobertura vegetal, parte desse escoamento seria amortecido por processos de infiltração e interceptação. No entanto, no contexto urbano atual de Mineiros, a impermeabilização do solo reduz esses mecanismos, permitindo que a água da chuva escoe rapidamente pelas encostas, concentrando-se no fundo de vale em curto intervalo de tempo.

Esse comportamento contribui para a redução do tempo de concentração da bacia, fator diretamente associado à ocorrência de enchentes rápidas e de difícil controle. Diante desse cenário, a pavimentação permeável apresenta-se como uma alternativa relevante não apenas como solução de revestimento, mas como elemento funcional no controle do escoamento superficial na fonte.

Diferentemente das soluções convencionais de drenagem, que priorizam a rápida condução da água, essa tecnologia atua na infiltração e no armazenamento temporário das águas pluviais. Sua estrutura porosa, associada a uma sub-base granular com elevada capacidade de armazenamento, permite a retenção parcial do volume precipitado, reduzindo a quantidade de água direcionada imediatamente ao sistema de drenagem.

Como consequência, observa-se o aumento do tempo de concentração da bacia e a atenuação dos picos de vazão, fatores essenciais para a mitigação de alagamentos em áreas urbanas. Além disso, a pavimentação permeável desempenha função análoga à da cobertura vegetal, contribuindo para restabelecer parcialmente a capacidade de infiltração do solo perdida com o processo de urbanização.

De acordo com Scholz e Grabowiecki (2007), sistemas de pavimentação permeável podem promover reduções significativas no escoamento superficial em eventos de chuva moderada, evidenciando seu potencial como ferramenta de controle hidrológico urbano. A eficácia dessa abordagem é corroborada por experiências internacionais. O conceito de cidades-esponja, implementado em diversas cidades da China, como Xangai e Shenzhen, demonstrou que a adoção de pavimentos permeáveis, associada a outras infraestruturas verdes, pode reduzir significativamente a ocorrência de inundações urbanas, além de contribuir para a melhoria do microclima urbano (Jiang et al., 2018).

De forma complementar, o programa “Green Streets” desenvolvido em Portland evidencia a viabilidade da aplicação dessa tecnologia em ambientes urbanos consolidados. A integração de pavimentos permeáveis ao sistema viário resultou na redução do escoamento



superficial, na melhoria da qualidade da água e na mitigação de alagamentos em áreas residenciais (City of Portland, 2016).

Dessa forma, considerando as características morfométricas identificadas — especialmente as declividades acentuadas e a concentração de fluxo no fundo de vale —, a aplicação da pavimentação permeável no bairro Taninho apresenta potencial para atuar como medida de mitigação dos impactos associados ao escoamento superficial. Do ponto de vista da aplicabilidade prática, essa tecnologia mostra-se mais adequada em vias locais e áreas de estacionamento, onde a carga de tráfego é menor e a substituição do pavimento convencional é tecnicamente viável. A adoção em vias coletoras e arteriais demandaria avaliação estrutural específica e maior controle de manutenção, dado o risco de colmatção. Em qualquer caso, a implementação deve ser precedida de análise da permeabilidade do solo in situ e da compatibilidade do sistema com a infraestrutura de drenagem existente, contribuindo, assim, para a adaptação da infraestrutura urbana às condições hidrológicas atuais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo permitiu analisar a dinâmica do escoamento superficial na bacia do córrego Mineiros, evidenciando que a recorrência de alagamentos no bairro Taninho está associada à combinação de fatores morfológicos e antrópicos. A presença de declividades acentuadas, aliada à elevada impermeabilização do solo e à baixa cobertura vegetal, contribui para a redução do tempo de concentração da bacia e para a intensificação dos picos de vazão durante eventos pluviométricos.

A análise dos dados de precipitação, considerando eventos acumulados em períodos de 120 minutos, demonstrou que, embora eventos extremos representem situações críticas, a ocorrência de inundações também se verifica em cenários de chuva moderada, indicando a limitação dos sistemas convencionais de drenagem frente às condições atuais de urbanização. Esse resultado reforça a hipótese de que o problema tem caráter estrutural, associado à transformação do balanço hídrico da bacia pelo processo de impermeabilização, e não apenas à magnitude pontual dos eventos pluviométricos.

Nesse contexto, a pavimentação permeável apresenta-se, com base na literatura técnica analisada, como uma alternativa pertinente no âmbito das estratégias de drenagem urbana sustentável. A tecnologia atua no controle do escoamento na fonte, por meio da infiltração e do armazenamento temporário das águas pluviais, o que está diretamente alinhado ao problema identificado neste estudo: a insuficiência de infiltração decorrente da impermeabilização. Sua



adoção pode contribuir para a redução do volume de escoamento superficial e para o aumento do tempo de concentração, atenuando os impactos das enchentes urbanas.

Entretanto, destaca-se que a eficácia dessa solução depende de fatores como as características do solo, a adequada execução do sistema e a manutenção periódica, devendo ser incorporada de forma integrada a outras medidas de manejo de águas pluviais. Cabe destacar, ainda, as limitações inerentes à abordagem adotada: por tratar-se de um estudo qualitativo e exploratório, não foram realizadas modelagens hidrológicas, simulações de cenários nem verificações em campo, o que impede a quantificação dos benefícios da solução proposta para o contexto específico da bacia do córrego Mineiros. Estudos futuros com abordagem quantitativa, incluindo modelagem chuva-vazão e análise de frequência de eventos pluviométricos, são recomendados para subsidiar projetos de intervenção com maior precisão técnica. Dessa forma, conclui-se que a adoção de pavimentação permeável na bacia do córrego Mineiros apresenta potencial como medida de mitigação de enchentes, especialmente em áreas críticas como o bairro Taninho, contribuindo para a adaptação da infraestrutura urbana às condições impostas pela urbanização e pela variabilidade climática.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à instituição de ensino e aos professores do curso de Engenharia Civil pela oportunidade de aprofundamento técnico e pelo suporte acadêmico essencial para o desenvolvimento deste estudo. Às nossas famílias, expressamos nossa gratidão eterna pelo apoio incondicional, paciência e motivação em todos os momentos.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Pavimentos permeáveis**. São Paulo: ABCP, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16451: pavimentação permeável — requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2015.

BAPTISTA, M. B.; NASCIMENTO, N. O.; BARRAUD, S. **Técnicas compensatórias em drenagem urbana**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2011.

CENTRO NACIONAL DE MONITORAMENTO E ALERTAS DE DESASTRES NATURAIS. **Série histórica de precipitação**. Disponível em: <http://www.cemaden.gov.br/>. Acesso em: 26 mar. 2026.



CITY OF PORTLAND. **Green streets: innovative solutions for managing stormwater.**

Portland: Environmental Services, 2016. Disponível em:

<https://www.portlandoregon.gov/bes/>. Acesso em: 26 mar. 2026.

JIANG, Y. et al. **Sponge city construction in China: a survey of the challenges and opportunities.** *Water*, v. 10, n. 3, p. 345, 2018.

MINEIROS. **Plano Diretor Municipal de Mineiros.** Mineiros: Prefeitura Municipal, 2011.

SCHOLZ, M.; GRABOWIECKI, P. **Review of permeable pavement systems.** *Building and Environment*, v. 42, n. 11, p. 3830–3836, 2007.

TOMAZ, P. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais.** São Paulo: Navegar, 2002.

TUCCI, C. E. M. **Drenagem urbana.** Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2003.

WILKEN, P. S. **Engenharia de drenagem superficial.** São Paulo: CETESB, 1978.