

XXVI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS

ANÁLISE DA INFRAESTRUTURA DE DRENAGEM E TENDÊNCIAS HIDROLÓGICAS EM SUB-BACIA URBANA DE CONSELHEIRO LAFAIETE – MG

*Ana Paula de Azevedo Faria¹, Ana Letícia Pilz de Castro², Emmanuel Kennedy da Costa
Teixeira³*

Abstract: This article aims to analyze the current situation of the urban drainage system in the Bananeiras River sub-basin, located in the central area of Conselheiro Lafaiete - MG. The methodology was based on surveys that covered critical points with a history of flooding indicated by the Municipal Civil Defense. The results were compared with the guidelines proposed by the Minas Gerais Water Security Plan 2024 (PMSH). It was found that most of the structures are incompatible with the demands generated by the intense urbanization of the area. The analysis points to the lack of compensatory drainage techniques and the undersizing of existing solutions. As a contribution, it is proposed the adoption of sustainable devices, such as rain gardens and detention reservoirs, to be incorporated into urban planning. This technical diagnosis reinforces the urgency of structural and management interventions to increase resilience against extreme hydrological events.

Resumo: Este artigo tem como objetivo analisar a situação atual do sistema de drenagem urbana na sub-bacia do Rio Bananeiras, localizada na área central de Conselheiro Lafaiete – MG. A metodologia baseou-se em levantamentos que abrangeram pontos críticos com histórico de alagamentos indicados pela Defesa Civil Municipal. Os resultados foram confrontados com as diretrizes propostas pelo Plano Mineiro de Segurança Hídrica 2024 (PMSH). Constatou-se que a maioria das estruturas apresenta incompatibilidade com as demandas geradas pela urbanização intensa da área. A análise aponta a inexistência de técnicas compensatórias de drenagem e o subdimensionamento das soluções existentes. Como contribuição, propõe-se a adoção de dispositivos sustentáveis, como jardins de chuva e reservatórios de retenção, a serem incorporados no planejamento urbano. Este diagnóstico técnico reforça a urgência de intervenções estruturais e de gestão para aumento da resiliência frente a eventos hidrológicos extremos.

Palavras-Chave – Alagamento; impermeabilização do solo; infraestrutura hidráulica; eventos extremos.

¹ Engenheira Civil (UFESJ). Mestranda em Engenharia Ambiental (UFOP). CEP 35400-000. Ouro Preto-MG. Correio eletrônico: ana.paf@aluno.ufop.edu.br.

² Eng^a Sanitarista e Ambiental, Prof^a. Dra. UFOP - Depto. Engenharia Civil, CEP 35400-000 Ouro Preto-MG. Correio eletrônico: anacastro@ufop.edu.br.

³ Eng^o Ambiental, Prof. Dr. UFV - Depto. Engenharia Civil, CEP 36570-900. Viçosa-MG. Correio eletrônico: emmanuel.teixeira@ufv.br.

INTRODUÇÃO

A urbanização acelerada das cidades brasileiras ao longo do século XX tem provocado profundas transformações no ciclo hidrológico natural, especialmente em função da substituição de superfícies naturais por materiais impermeáveis como pavimento asfáltico e concreto. Esse processo resulta no aumento do escoamento superficial com a redução da infiltração do solo, intensificando os picos de vazão durante eventos de chuva intensa, sobrecarregando os sistemas de drenagem e ampliando a frequência e a severidade dos alagamentos (CANHOLI, 2014; TUCCI, 2008).

Nas regiões urbanas com infraestrutura de drenagem insuficiente, o agravamento desses fenômenos é ainda mais recorrente, sendo observadas além de situações de alagamentos e prejuízos materiais, riscos à saúde pública devido a proliferação de endemias. Em resposta a esse cenário, destaca-se a necessidade de diagnósticos precisos das condições de drenagem urbana e do planejamento integrado entre uso e ocupação do solo, infraestrutura e mudanças climáticas (OLIVEIRA; SANTANA, 2021).

Conselheiro Lafaiete, município de porte médio localizado na região central de Minas Gerais, vem enfrentando muitos desafios relacionados a ineficiência dos sistemas de drenagem pluvial. A sub-bacia do rio Bananeiras, onde se insere a Avenida Prefeito Telésforo Cândido de Resende, principal logradouro da cidade, abriga várias áreas críticas com a maior parte de sua superfície impermeabilizada e topografia com declividade elevada, o que intensifica a ocorrência de escoamento superficial e alagamentos (Figura 1).

Neste contexto, este estudo busca diagnosticar as condições do sistema de drenagem da sub-bacia, com ênfase na capacidade hidráulica, estado de conservação e adequação à realidade hidrológica atual, utilizando como base os critérios do Plano Mineiro de Segurança Hídrica (PMSH 2024) e diretrizes de boas práticas em drenagem urbana.

Figura 1: Região central de Conselheiro Lafaiete após um evento de chuva intensa

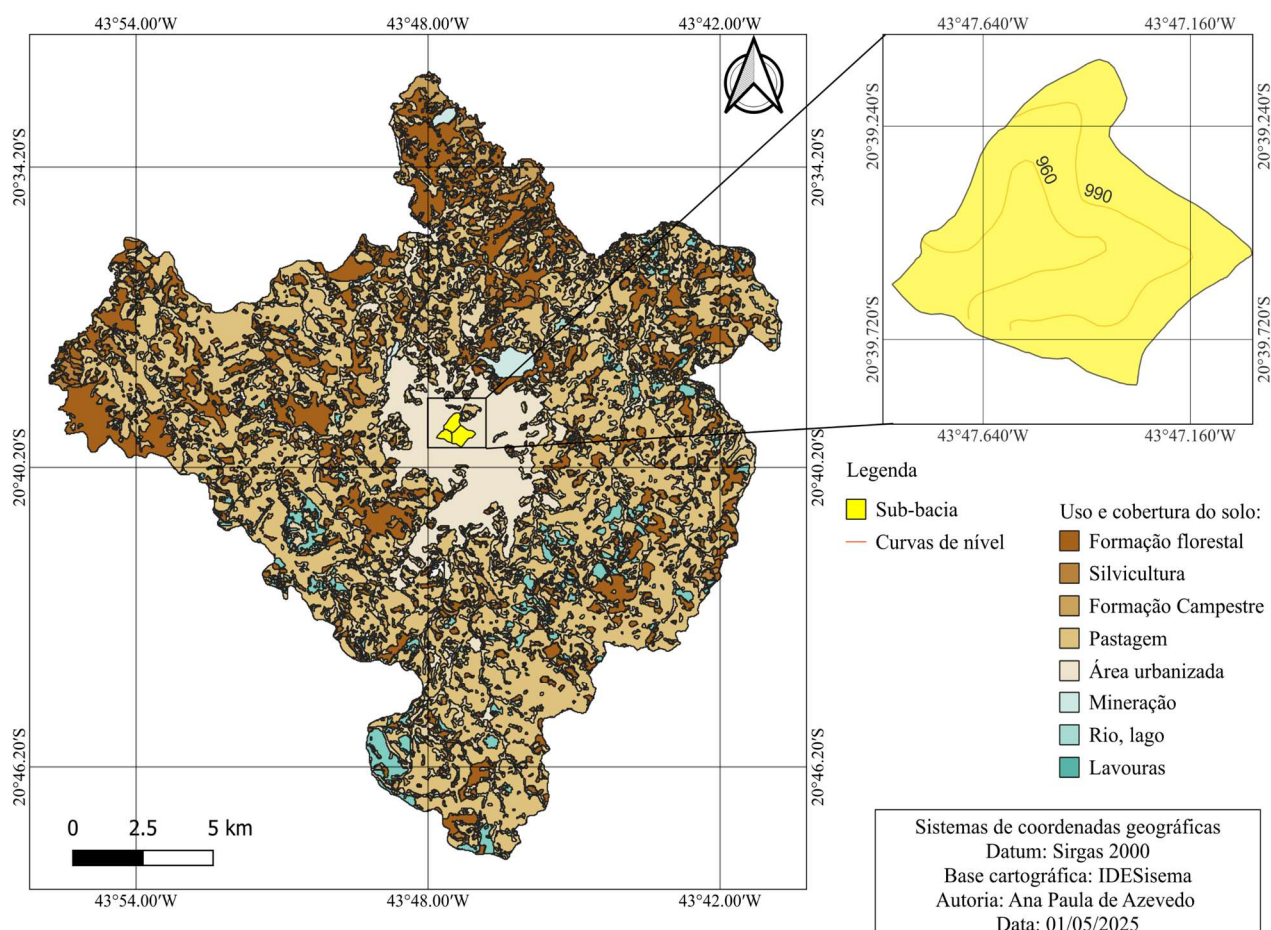


METODOLOGIA UTILIZADA

A sub-bacia do Rio Bananeiras, localizada na região central do município de Conselheiro Lafaiete – MG, possui uma área aproximada de 1 km². Esta área é marcada por elevada taxa de impermeabilização, devido à intensa ocupação urbana com predominância de pavimentação asfáltica, edificações e pouca presença de áreas verdes (Figura 2). A declividade média da bacia gira em torno de 4,6%, o que favorece o escoamento superficial rápido durante eventos chuvosos, reduzindo o tempo de concentração e aumentando os picos de vazão. Essas características geomorfológicas e urbanísticas contribuem diretamente para a sobrecarga do sistema de drenagem pluvial existente e estão associadas à recorrência de alagamentos em pontos críticos da região central.

Figura 2: Localização dos pontos susceptíveis a inundações na sub-bacia

Uso e cobertura do solo município de Conselheiro Lafaiete



A análise das estruturas de drenagem foi realizada com base em dados secundários obtidos por meio de consulta ao Plano Mineiro de Segurança Hídrica (PMSH), plano de contingência da defesa civil de Conselheiro Lafaiete (2023), levantamento de dados como altimetria, cobertura do solo, divisão das sub-bacias foram feitas através da plataforma IDESisema e informações técnicas sobre as infraestruturas existentes na Avenida Prefeito Telésforo Cândido de Resende que é a via coletora de todo efluente pluvial gerado pela sub-bacia, até que o mesmo escoar para o Rio Bananeiras, um dos afluentes do Rio Paraopeba.

Para a avaliação das condições do sistema de drenagem superficial na Avenida Prefeito Telésforo Cândido de Resende, foi realizado um levantamento de campo visando identificar, quantificar e caracterizar as bocas de lobo existentes ao longo de toda a extensão da via. A vistoria foi conduzida de forma sistemática, percorrendo-se o trecho em ambos os sentidos, com registro fotográfico e anotação das dimensões, tipologia (simples ou dupla), material constitutivo, profundidade e estado de conservação de cada unidade. As medições das grelhas foram efetuadas com trena metálica, e também foi registrada a posição relativa das bocas de lobo em relação ao eixo da via e ao canteiro central, bem como a ocorrência de obstruções, acúmulo de sedimentos ou danos estruturais. Ao final, as informações coletadas foram sistematizadas em planilha para posterior análise comparativa com parâmetros técnicos estabelecidos nas normas DNIT 236/2022, ABNT NBR 9649:1986 e ABNT NBR 12266:1992.

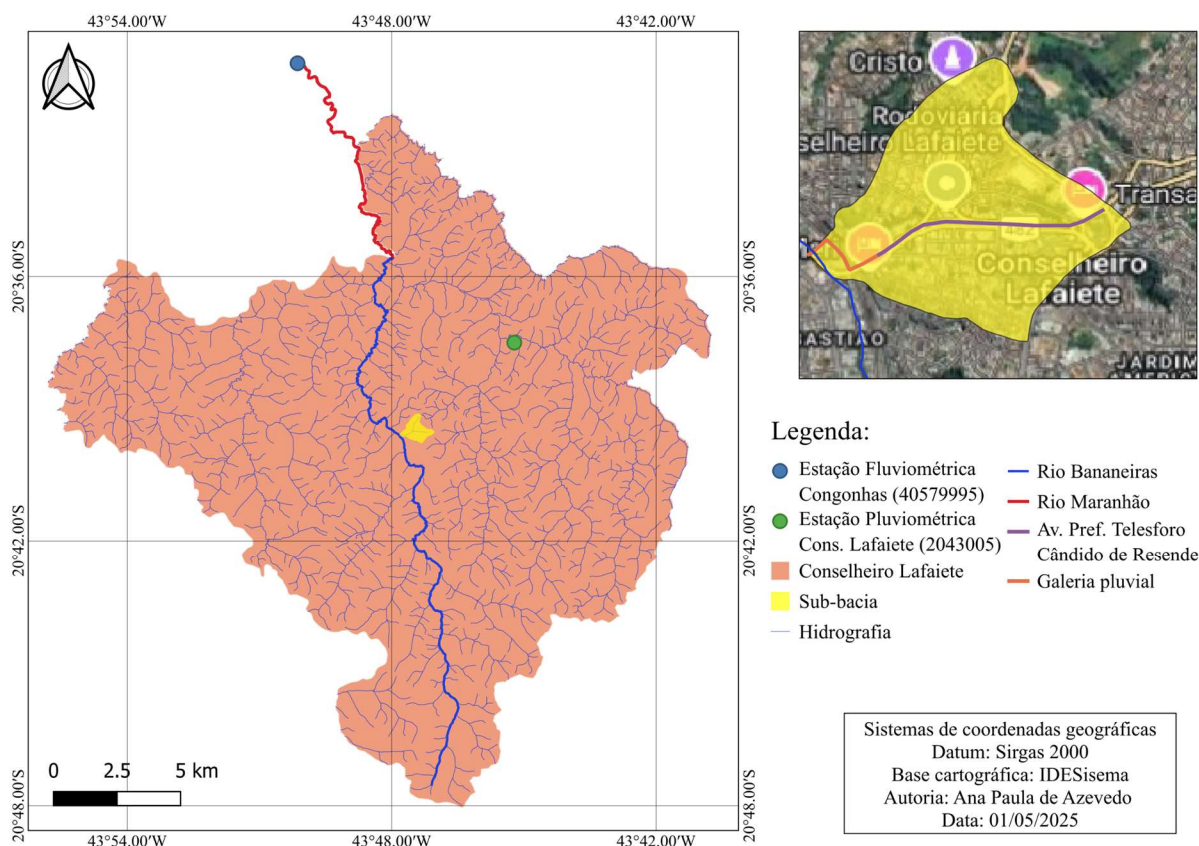
Para compreender a dinâmica hidrológica da sub-bacia, foram realizadas análises estatísticas de séries temporais com foco na precipitação máxima anual da estação pluviométrica de código 2043005 (Conselheiro Lafaiete) e nas vazões mínima (Q7), média e máxima da estação fluviométrica Congonhas – Linígrafo (código 40579995) (Figura 3). Enquanto os dados pluviométricos permitem caracterizar a entrada de água no sistema, os dados fluviométricos refletem a resposta da bacia em termos de escoamento superficial.

As análises estatísticas foram realizadas por meio do *software* R, onde aplicou-se o teste de *Mann-Kendall* às séries históricas para detectar tendências de longo prazo, permitindo identificar alterações significativas nos padrões de chuva e vazão. O coeficiente τ de *Kendall* indica a direção e a magnitude da tendência ($\tau > 0$ = tendência crescente e $\tau < 0$ = tendência decrescente), e o p-valor $< 0,05$ indica 95% de confiabilidade e informa sua significância estatística. (MOREIRA e NAGHETTINI, 2016).

Com auxílio das bibliotecas “*trend*”, “*readxl*”, “*ggplot2*” e da função “*mk.test()*”, para verificar os valores e seu nível de significância, durante o período de 1965 a 2024 ($n= 59$ anos) para a estação pluviométrica de Conselheiro Lafaiete, e 37 anos (1987 a 2024) na estação fluviométrica de Congonhas. As séries temporais utilizadas estão disponibilizadas no portal *Hidroweb* (ANA, 2025).

Figura 3: Localização das Estações na sub-bacia

Localização das Estações Pluviométricas e Fluviométricas



RESULTADOS E DISCUSSÃO

A caracterização geral do sistema de drenagem urbana de Conselheiro Lafaiete foi realizada a partir dos dados disponibilizados pelo Plano Mineiro de Segurança Hídrica (PMSH), com base em informações do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS). Esses dados oferecem uma visão abrangente sobre aspectos estruturais, operacionais e de planejamento relacionados ao manejo de águas pluviais no município, permitindo contextualizar a capacidade instalada, a cobertura do serviço e a existência de instrumentos de gestão. A Tabela 1 apresenta um resumo dessas informações, servindo como base para a análise crítica das condições atuais e para a comparação com a realidade observada em campo na área de estudo.

Tabela 1: Anexo I PMSH – Banco de Dados de Saneamento de Conselheiro Lafaiete
(Eixo Drenagem Urbana)

Parâmetro	Fonte	Resultado
População total do município	SNIS	130.584
População urbana do município	SNIS	124.704
População rural do município	SNIS	5.880
Prestador do Serviço	PESB	Secr. de Obras e Meio Ambiente
Qual é o tipo de sistema de Drenagem Urbana?	SNIS	Unitário
Quantidade de bocas de lobo existentes no município:	SNIS	2200
Quantidade de bocas de leão ou bocas de lobo múltiplas (duas ou mais bocas de lobo conjugadas) existentes no município:	SNIS	300
Extensão total de vias públicas urbanas do município:	SNIS	800.00 km
Extensão total de vias públicas urbanas com redes ou canais de águas pluviais subterrâneos:	SNIS	10.00 km
Taxa de cobertura de vias públicas com redes ou canais pluviais subterrâneos na área urbana	SNIS	1.3%
Existem parques lineares em áreas urbanas?	SNIS	Não
Existem cursos d'água naturais perenes dentro da zona urbana?	SNIS	Sim
Ano de referência dos Dados	SNIS	2021
Quantidade total de domicílios urbanos existentes no município:	SNIS	50.000
Quantidade de domicílios sujeitos a risco de inundação	SNIS	775
Quantidade de domicílios não sujeitos a inundação	SNIS	49.225
Município apresentou enxurradas, inundações ou alagamentos nos últimos cinco anos na área urbana?	SNIS	Sim
Existe mapeamento de áreas de risco de inundação dos cursos d'água urbanos?	SNIS	Sim
Tempo de recorrência (ou período de retorno) adotado para o mapeamento	SNIS	5
Existe Plano Diretor de Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas no município?	SNIS	Não
Existe cadastro técnico de obras lineares no município?	SNIS	Não
Existem sistemas de alerta de riscos hidrológicos (alagamentos, enxurradas, inundações) no município?	SNIS	Sim
Existe projeto básico, executivo ou “as built” de unidades operacionais de Drenagem Manejo de Águas Pluviais Urbanas?	SNIS	Não

Fonte: Adaptado de PMSH (2021)

O plano aponta também a baixa cobertura de estruturas de microdrenagem, como bocas de lobo e sarjetas, além da ausência de técnicas compensatórias. Essas deficiências estruturais demonstram subdimensionamento e falta de adequação da rede de drenagem frente à elevada impermeabilização e às características topográficas da sub-bacia. Além disso, a inexistência de um

sistema de monitoramento local e a ausência de manutenção preventiva agravam os riscos, uma vez que impedem ações preventivas e eficazes.

Com base no trabalho de campo e nas informações fornecidas sobre as bocas de lobo da Avenida Prefeito Telésforo Cândido de Resende (Figura 4), foi possível fazer as seguintes observações técnicas para subsidiar a análise da eficiência do sistema de drenagem (Tabela 2):

- Subdimensionamento hidráulico parcial: considerando uma área de contribuição de 1 km² e alta impermeabilização (>80%), o modelo predominante das bocas de lobo atuais, podem não atender à vazão de pico esperada em eventos intensos.
- Má distribuição espacial: a disposição unilateral das bocas de lobo compromete a captação da lâmina d'água do outro lado da via, especialmente em chuvas fortes. O canteiro central que possui revestimento impermeável também atua como uma barreira ao escoamento transversal.
- Entupimento recorrente: o acúmulo de folhas, areia e resíduos sólidos reduz significativamente a eficiência das bocas de lobo, além de favorecer a formação de poças e alagamentos.
- Manutenção insuficiente: ausência de caixas de retenção de sólidos ou cestos protetores aumenta a carga sobre a rede subterrânea e pode levar ao seu colapso com o tempo.

Figura 4: Exemplos da situação das bocas de lobo da Avenida Prefeito Telésforo Cândido de Resende



Tabela 2 – Avaliação das Bocas de Lobo Existentes com Referência às Normas Técnicas

Aspecto Avaliado	Situação Atual na Avenida Pref. Telésforo Cândido de Resende	Exigências Normativas (DNIT 236/2022, ABNT NBR 9649, NBR 12266)
Dimensões	Concreto com ~98 x 42 cm; Grelha com ~130x60 cm; Grelha com ~100x45 cm.	NBR 12266 recomenda profundidade mínima de 60 cm e largura ajustada à capacidade de escoamento.

Distribuição na via	Todas as bocas localizadas de um único lado da via	Distribuição deve ser bilateral para vias com canteiro central ou declividade acentuada (DNIT 236/2022).
Número de unidades	Cerca de 50 bocas em ~1 km: 26 (15 duplas e 11 simples) ~98 x 42 cm; 5 (simples) ~130x60 cm; 19 (simples) ~100x45 cm.	Deve-se atender ao espaçamento máximo de 30–40 m entre bocas (NBR 9649). Pode ser reduzido em áreas críticas.
Estado de conservação	Diversas bocas entupidas e danificadas	NBR 9649 e DNIT 236/2022 exigem manutenção periódica e funcionamento hidráulico pleno.
Acessibilidade para limpeza	Acesso direto, mas sem cestos retentores	Recomenda-se instalação de dispositivos de retenção de sólidos (DNIT 236/2022).
Captação em vias com declividade	Declividade média de 7% com bocas simples	NBR 9649 recomenda bocas duplas ou grelhas contínuas em trechos com declividade acentuada.
Cobertura transversal da via	Ausência de grelhas no lado oposto ou no canteiro central	Prever captação transversal ou central para garantir eficiência de escoamento.

Fonte: Adaptado de DNIT (2022), ABNT NBR 9649:1986, NBR 12266:1992.

A aplicação do teste de *Mann-Kendall* às séries históricas de máxima precipitação total anual da estação pluviométrica (Conselheiro Lafaiete-2043005) não indicou tendência significativa (p-valor > 0,05) (Tabela 3).

Tabela 3: Resultado dos testes de Mann-Kendall para a estação pluviométrica

Código:	Nome:	τ :	p-valor:	Resultado:
2043005	Conselheiro Lafaiete	0.0688	0.5453	Sem tendência significativa

Nas vazões máximas, médias e mínimas (Q7) da estação fluviométrica Congonhas-Linígrafo, os resultados revelaram tendência estatisticamente significativa de redução nas vazões mínimas (Q7), enquanto as vazões máximas e médias não apresentaram alterações expressivas (Tabela 4).

Tabela 4: Resultado do teste de Mann-Kendall para as estações fluviométricas

Código	Nome	τ Máxima	p-valor Máxima	τ Média	p-valor Média	τ Mínima	p-valor Mínima
40579995	Congonhas-Linígrafo	0.07073	0.54732	-0.0211	0.86497	-0.37713	0.00347

Este comportamento de diminuição da vazão mínima apesar do volume constante de precipitação total anual pode estar associado a fatores antrópicos e não ao regime de chuvas na região contribuinte na bacia da estação fluviométrica. Reforçando a interferência de fatores como a impermeabilização do solo e a redução da infiltração, afetando diretamente os fluxos de base e a sustentabilidade das vazões mínimas (FARIAS et al, 2021).

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente estudo demonstrou que o sistema de drenagem urbana da sub-bacia do rio Bananeiras, com foco na Avenida Prefeito Telésforo Cândido de Resende, evidenciou que a infraestrutura atual é insuficiente para suportar os volumes de escoamento gerados em eventos de precipitação. A elevada taxa de impermeabilização da área de contribuição, associada à ausência de dispositivos de retenção e infiltração, compromete significativamente a capacidade de resposta do sistema frente a eventos extremos.

Os dados do Plano Mineiro de Segurança Hídrica (PMSH) corroboram essa avaliação ao classificarem o sistema de drenagem da cidade como regular e apontarem deficiências estruturais e operacionais relevantes. A análise também evidencia a importância da articulação entre os instrumentos de planejamento urbano e a gestão integrada dos recursos hídricos.

A avaliação em campo das bocas de lobo na Avenida Prefeito Telésforo Cândido de Resende revelou a existência de cerca de 50 unidades ao longo de 1 km de via, distribuídas apenas em um lado da avenida, sendo 15 do tipo dupla e as demais simples. Embora as dimensões estejam em conformidade com os requisitos mínimos normativos, foram observados entupimentos, acúmulo de detritos e ausência de dispositivos de retenção de sólidos, o que reduz significativamente sua eficiência. A distribuição unilateral e o espaçamento irregular comprometem a captação da lâmina d'água durante eventos de chuva intensa, agravando o risco de acúmulo superficial e transbordamento.

Os resultados do teste de Mann-Kendall para a estação fluviométrica Congonhas-Linígrafo indicaram tendência estatisticamente significativa de redução nas vazões mínimas (Q7), enquanto as vazões máximas e médias não apresentaram alterações expressivas. Essa redução das vazões de estiagem sugere que fatores antrópicos, como o aumento da impermeabilização do solo e a consequente diminuição da infiltração, vêm comprometendo a recarga subterrânea e o fluxo de base, reduzindo a resiliência hídrica da bacia.

Conclui-se, portanto, a necessidade de readequação do sistema de captação superficial, com redistribuição e aumento do número de bocas de lobo, priorizando instalação bilateral e utilização de modelos mais eficientes. Além disso, torna-se fundamental a adoção de medidas compensatórias aliadas a um programa de manutenção preventiva, de modo a assegurar a eficiência hidráulica frente ao agravamento das pressões hidrológicas urbanas. A adoção de estratégias para aumentar a permeabilidade do solo e sistemas de monitoramento hidrológico local pode representar um avanço significativo na mitigação dos alagamentos e na promoção da segurança hídrica em Conselheiro Lafaiete.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP) pela contribuição técnica e acadêmica ao longo do desenvolvimento desta pesquisa.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). Sistema de Informações Hidrológicas – HidroWeb. Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/>. Acesso em: jun. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 9649: Drenagem urbana – Projeto de redes coletoras de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 12266: Poços de visita e bocas de lobo para redes de esgoto sanitário e águas pluviais – Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

CANHOLI, A. M. Hidrologia: Aplicações em Projetos de Recursos Hídricos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.

DEFESA CIVIL DE CONSELHEIRO LAFAIETE – MG; Plano de contingência, desastres decorrentes das precipitações pluviométricas. Vigência: outubro de 2023 a outubro de 2024.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES – DNIT. DNIT 236/2022 – Manual de Drenagem Urbana. Brasília: DNIT, 2022.

FARIAS, E.; SILVA, J. B.; PIRES, L.; BRITO, J.; QUINELATO, R. (2021). Influência do uso e ocupação do solo na disponibilidade hídrica das bacias dos rios Peruípe, Itanhém e Jucuruçu, Bahia. *Revista Brasileira de Geografia Física*. 14. 1175. 10.26848/rbgf.v14.2.p1175-1193.

INSTITUTO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (IDESisema). Mapas temáticos e dados geoespaciais do estado de Minas Gerais. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/>. Acesso em: jun. 2025.

MOREIRA, J. G. V.; NAGHETTINI, M. (2016). Detecção de tendências monotônicas temporais e relação com erros dos tipos I e II: estudo de caso em séries de precipitações diárias máximas anuais do Estado do Acre. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 31(4), 394–402. <http://dx.doi.org/10.1590/0102-778631231420140155>.

OLIVEIRA, A. K. B.; SANTANA, M. A. M. Desafios da drenagem urbana no Brasil: perspectivas de planejamento e gestão. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 26, e20, 2021. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.262020200038>.

PLANO MINEIRO DE SEGURANÇA HÍDRICA – PMSH. Banco de Dados de Saneamento de Conselheiro Lafaiete (Eixo Drenagem Urbana). Belo Horizonte: IGAM/SEMAD, 2024.

SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). Diagnóstico Temático Drenagem e Manejo das Águas Pluviais Urbanas. Ano de referência: 2022. Ministério das Cidades Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental. Brasília, dezembro de 2023.

TUCCI, C. E. M. (Org.). Drenagem Urbana. 4. ed. Porto Alegre: ABRH, 2008.

TUCCI, C. E. M.. *Revista de Gestão de Água da América Latina - Rega* / Associação Brasileira de Recursos Hídricos. – Vol. 5, nº 2 — v. Semestral ISSN 1806-4051 1. Recursos hídricos. I. CDU 556.18 – Gestão integrada das águas urbanas, p. 71-81, Porto Alegre - ABRH/Brasil, 2008. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Revistas/72/89d4b8440fcd8b518a6e9bf29a5ff277_9ce8bfef533eb8aaff0f8e2ea710c30.pdf.