



UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO
ESCOLA DE MINAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA URBANA



Dionísio Cota Ferreira

Avaliação de alternativas de drenagem urbana
sustentável para mitigação de alagamentos: proposta de
bacias de retenção multifuncionais em Mariana - MG

Ouro Preto
2026

Dionísio Cota Ferreira

Avaliação de alternativas de drenagem urbana
sustentável para mitigação de alagamentos: proposta de
bacias de retenção multifuncionais em Mariana - MG

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia
Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto
como requisito parcial para obtenção do título de
engenheiro urbanista.

Orientador: Dr. Christiano Ottoni Carvalho

Coorientadora: Dra. Marina Neves Merlo

Ouro Preto

2026

SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

F383a Ferreira, Dionisio Cota.

Avaliação de alternativas de drenagem urbana sustentável para mitigação de alagamentos [manuscrito]: proposta de bacias de retenção multifuncionais em Mariana - MG. / Dionisio Cota Ferreira. - 2026.
96 f.: il.: color., mapa.

Orientador: Prof. Dr. Christiano Ottoni Carvalho.

Coorientadora: Profa. Dra. Marina Neves Merlo.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Graduação em Engenharia Urbana .

1. Planejamento urbano. 2. Sustentabilidade. 3. Drenagem do Solo. 4. Controle de inundações. I. Carvalho, Christiano Ottoni. II. Merlo, Marina Neves. III. Universidade Federal de Ouro Preto. IV. Título.

CDU 62:711.4

Bibliotecário(a) Responsável: Soraya Fernanda Ferreira e Souza - CRB6/2322



FOLHA DE APROVAÇÃO

Dionísio Cota Ferreira

Avaliação de alternativas de drenagem urbana sustentável para mitigação de alagamentos: proposta de bacias de retenção multifuncionais em Mariana - MG

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Urbana da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Urbanista

Aprovada em 27 de fevereiro de 2026

Membros da banca

Prof. Dr. Christiano Ottoni Carvalho - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto
Profa. Dra. Marina Neves Merlo - Coorientadora - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Paulo de Castro Vieira - Universidade Federal de Ouro Preto
Prof. Dr. Yuri Queiroz Abreu Torres - Universidade Federal de Ouro Preto

Christiano Ottoni Carvalho, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 13/03/2026



Documento assinado eletronicamente por **Christiano Ottoni Carvalho, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 24/03/2026, às 18:32, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **1070313** e o código CRC **FBB6F1D7**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus por iluminar meus caminhos, fortalecer minha fé e me sustentar nos momentos em que pensei que não conseguiria seguir.

Ao meu pai, Abílio Felipe Ferreira, meu exemplo de vida, que me ensinou com gestos e palavras o valor do trabalho, da honestidade e da persistência. Seu apoio e seus conselhos foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

À minha mãe, Maria do Carmo, pelo incentivo e apoio em todos os momentos.

Aos meus irmãos, Adíbio Cota Ferreira e Renata Karmenscita Cota Ferreira, meus parceiros de jornada, que estiveram ao meu lado nos momentos bons e ruins, sempre com uma palavra de incentivo e um gesto de amizade verdadeira.

À minha esposa, Fabiana Siqueira Silva, que é meu grande amor, meu porto seguro e minha maior motivação. Obrigado por acreditar em mim mesmo quando eu duvidei, por compreender minhas ausências e por compartilhar comigo cada vitória, grande ou pequena. Sua paciência e carinho tornaram essa caminhada mais leve e feliz.

Ao mestre, Christiano Ottoni Carvalho, Professor de Planejamento Urbano e Geoprocessamento, pelas inúmeras orientações acadêmicas que viabilizaram através de sua paciência e compreensão, as adequações necessárias para que fosse possível minha permanência no curso.

À professora Marina Neves Merlo, que prontamente aceitou o grande desafio de ser coorientadora neste projeto, contribuiu de forma significativa com seu vasto conhecimento na área de Recursos Hídricos.

Aos professores Paulo Vieira e Yuri Torres, pela disponibilidade e generosidade em aceitarem o convite para compor a banca examinadora, contribuindo com suas análises e considerações.

A todos os professores do Departamento de Engenharia Urbana, pelos ensinamentos e pela dedicação em transmitir conhecimento e inspirar seus alunos.

À Prefeitura Municipal de Mariana, na pessoa do ex-Secretário de Fazenda José Carlos Sampaio e do atual Secretário de Planejamento, Fazenda e Governança Marlon Figueiredo, pelo apoio e incentivo.

A todos os colegas de trabalho que passaram pelo Setor de Cadastro Imobiliário, que de alguma forma contribuíram durante todo esse período.

Aos meus colegas de classe, à minha amiga Vivian Alves, que acolheu o aluno mais velho e perdido na multidão, integrando-o ao seu grupo de amigos e ensinando, com generosidade, o conceito de como estudar nos dias atuais.

Por fim, à Universidade Federal de Ouro Preto e à gloriosa Escola de Minas, por proporcionarem um ambiente de aprendizado, crescimento pessoal e profissional. Este trabalho é mais do que um documento acadêmico: é o reflexo do amor, do apoio e da força que recebi de todos vocês. Cada página carrega um pedaço de tudo o que me ensinaram e do que vivemos juntos.

A vocês, meu eterno agradecimento e todo o meu amor.

"A água é a força motriz de toda a natureza."

— Leonardo da Vinci

RESUMO

Este trabalho propõe e avalia a implantação de uma bacia de retenção multifuncional no bairro Novo Horizonte, localizado no município de Mariana, Minas Gerais, com o objetivo de reduzir a vazão de pico e aumentar o tempo de concentração do escoamento superficial, contribuindo para a mitigação dos impactos das enchentes no bairro Barro Preto. O Novo Horizonte, situado em posição topográfica mais elevada e dotado de infraestrutura de drenagem insuficiente, exerce influência significativa no escoamento concentrado em direção ao Barro Preto, área de baixa elevação que sofre recorrentes inundações durante o período chuvoso. A metodologia contemplou a caracterização física e ambiental da área de estudo, o diagnóstico das condições atuais de drenagem, a utilização de análises hidrológicas e hidráulicas de estudos prévios, bem como o dimensionamento de soluções multifuncionais de drenagem urbana sustentável, tais como jardins de chuva, praças alagáveis, telhados verdes e reservatórios de águas pluviais. Os resultados indicam que tais medidas, além de favorecerem o controle da vazão de pico e a mitigação dos impactos de alagamentos e enchentes, promovem benefícios ambientais, como a recarga do lençol freático e a melhoria da qualidade da água, além de oferecerem espaços de uso comunitário em uma região carente de áreas públicas. O estudo reforça a importância de um planejamento integrado e sustentável da drenagem urbana e contribui para a discussão acadêmica sobre soluções replicáveis em municípios brasileiros sujeitos a eventos extremos cada vez mais frequentes.

Palavras-chave: drenagem urbana sustentável; bacias de retenção multifuncionais; redução de vazão de pico; mitigação de enchentes; planejamento urbano sustentável.

ABSTRACT

This study proposes and evaluates the implementation of a multifunctional detention basin in the Novo Horizonte neighborhood, located in the municipality of Mariana, Minas Gerais, with the aim of reducing peak flow and increasing the concentration time of surface runoff, thereby mitigating the impacts of flooding in the Barro Preto neighborhood. Novo Horizonte, situated at a higher topographic position and equipped with inefficient drainage infrastructure, significantly contributes to concentrated runoff towards Barro Preto, a low-lying area that recurrently experiences floods during the rainy season. The methodology included the physical and environmental characterization of the study area, diagnosis of current drainage conditions, use of hydrological and hydraulic analyses from previous studies, and the design of multifunctional sustainable urban drainage solutions, such as rain gardens, floodable squares, green roofs, and rainwater reservoirs. These measures, in addition to controlling peak flow and mitigating the impacts of flooding, promote environmental benefits such as groundwater recharge and water quality improvement, while also providing community spaces in a region lacking public areas. The results highlight the importance of integrated and sustainable urban drainage planning and contribute to the academic discussion on replicable solutions for Brazilian municipalities increasingly affected by extreme weather events.

Keywords: sustainable urban drainage; multifunctional detention basins; peak flow reduction; flood mitigation; sustainable urban planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Disposição das camadas de um telhado verde	21
Figura 2 – Fluxograma das etapas metodológicas	25
Figura 3 – Localização da bacia do Córrego Barro Preto no município de Mariana – MG	28
Figura 4 – Mapa da bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto, com destaque para bairros e estruturas de drenagem	29
Figura 5 – Talvegue principal da bacia do Córrego Barro Preto, em Mariana – MG	31
Figura 6 – Classes de solos predominantes na bacia do Córrego Barro Preto, em Mariana – MG.....	32
Figura 7 – Sub-bacias do Córrego Barro Preto, em Mariana – MG.....	33
Figura 8 – Mapa altimétrico da bacia do Córrego Barro Preto, em Mariana – MG....	34
Figura 9 – Curvas de nível da bacia do Córrego Barro Preto, em Mariana – MG	35
Figura 10 – Declividade da bacia do Córrego Barro Preto, em Mariana – MG	36
Figura 11 – Praça central do bairro Barro Preto, em Mariana – MG	37
Figura 12 – Uso e ocupação do solo da bacia do Córrego do Barro Preto, Mariana – MG, em 2007.....	39
Figura 13 – Uso e ocupação do solo da bacia do Córrego do Barro Preto, Mariana – MG, em 2024.....	40
Figura 14 – Danos ocasionados por alagamento no bairro Barro Preto, Mariana – MG, em 22 de fevereiro de 2021	42
Figura 15 – Resíduos e danos em via pública no bairro Barro Preto, Mariana – MG, após alagamento de 22 de fevereiro de 2021	43
Figura 16 – Localização da Travessa Monsenhor Rafael Coelho e das estruturas do sistema de drenagem no bairro Barro Preto, Mariana – MG	45
Figura 17 – Alagamento na Travessa Monsenhor Rafael Coelho, no bairro Barro Preto, Mariana – MG, em 24 de janeiro de 2026.....	46
Figura 18 – Veículo parcialmente submerso no bairro Barro Preto, Mariana – MG, em 24 de janeiro de 2026.....	47
Figura 19 – Imóveis atingidos devido alagamento no bairro Barro Preto, Mariana – MG, em 24 de janeiro de 2026	48
Figura 20 – Água adentrando residências durante alagamento no bairro Barro Preto, Mariana – MG, em 24 de janeiro de 2026	49

Figura 21 – Planta baixa da bacia de retenção e amortecimento do Córrego do Barro Preto, Mariana – MG	52
Figura 22 – Bacia de retenção e amortecimento do Córrego do Barro Preto, Mariana – MG	53
Figura 23 – Representação de bacia de acumulação sem água, durante a estiagem e no período de cheia.....	56
Figura 24 – Curvas de Nível Originais.....	57
Figura 25 – Movimentação das Curvas de Nível – Originais e Projetadas.....	58
Figura 26 – Curvas de Nível do Projetadas.....	59
Figura 27 – Corte Longitudinal da Pista de Caminhada – Original e Proposta	60
Figura 28 – Área Geral da Intervenção à Montante	61
Figura 29 – Perfil da Praça Alagável 1 – Área de Vegetação	62
Figura 30 – Perfil da Praça de Convivência e Atividade Física da Pista de Caminhada	63
Figura 31 – Perfil 1 da Praça Alagável 2 – Quadra de Areia.....	64
Figura 32 – Perfil 2 da Praça Alagável 2 – Quadra de Areia.....	65
Figura 33 – Condição Atual da Travessa Monsenhor Rafael Coelho no bairro Barro Preto, Mariana – MG	67
Figura 34 – Drenagem Atual da Travessa Monsenhor Rafael Coelho	68
Figura 35 – Drenagem Proposta da Travessa Monsenhor Rafael Coelho	70
Figura 36 – Perfil da Drenagem Proposta da Travessa Monsenhor Rafael Coelho ..	71
Figura 37 – Área Geral da Intervenção	72

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA - Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APP – Áreas de Preservação Permanente

CAD – Computer Aided Design

DNIT - Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes

DUS – Drenagem Urbana Sustentável

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IDE – SISEMA – Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

IPTU – Imposto Predial e Territorial Urbano

MG – Minas Gerais

NBR – Norma Brasileira (ABNT)

QGIS – Quantum GIS

SBN – Soluções Baseadas na Natureza

SIG – Sistemas de Informação Geográfica

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVO	14
1.1.1 Objetivo geral	14
1.1.2 Objetivos específicos	14
1.2 JUSTIFICATIVA	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1 BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ANÁLISE	16
2.2 DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL	19
2.3 FERRAMENTAS DE ANÁLISE	23
3 METODOLOGIA	23
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	26
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	30
4.1 LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL	30
4.1.1 Aspectos Físico-Ambientais	30
4.1.2 Uso e Ocupação do Solo	38
4.1.3 Infraestrutura Urbana	51
4.2 PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES DE DRENAGEM: BASEADAS EM ÁREAS MULTIFUNCIONAIS DE ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO E CONVENCIONAL	54
4.2.1 Praça Multifuncional Alagável	55
4.2.2 Correção Emergencial da Drenagem da Travessa Monsenhor Rafael Coelho.....	67
4.3 MEDIDAS COMPENSATÓRIAS SUSTENTÁVEIS	72
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
APÊNDICE	83

1. INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas globais exercem influência significativa na ocorrência de alagamentos, enchentes e inundações, uma vez que alteram os padrões de precipitação, tornando as chuvas mais concentradas e intensas. Conforme estudo de Nobre (2023), a frequência de eventos extremos no Sudeste brasileiro aumentou nas últimas décadas, exigindo a reestruturação dos sistemas de drenagem urbana, tradicionalmente projetados com base em parâmetros históricos que já não condizem com a realidade atual.

Outro aspecto relevante refere-se à ineficácia das políticas públicas locais no planejamento da expansão urbana em conformidade com a capacidade de suporte ambiental das bacias hidrográficas. Os Planos Diretores não contemplam de forma adequada o zoneamento ambiental, permitindo a ocupação de áreas vulneráveis, sem urbanização (PEREIRA, 2024).

A cidade de Mariana, localizada no estado de Minas Gerais, apresenta, assim como muitas outras cidades brasileiras, desafios relacionados ao crescimento urbano acelerado e à ocupação desordenada. Nos períodos de chuvas intensas, algumas áreas sofrem com alagamentos recorrentes, sendo o bairro Barro Preto um dos mais afetados por esse problema no município (PEREIRA, 2024).

O município enfrenta desafios significativos no que se refere à drenagem urbana. Segundo Pereira (2024) o crescimento desordenado e a ocupação inadequada do solo têm intensificado a ocorrência de enchentes, comprometendo a qualidade de vida da população. A situação é agravada pelo relevo acidentado, pela diversidade de tipos de solo e por um regime pluvial concentrado no verão. Esses fatores contribuem para as inundações, especialmente quando associados a um histórico de urbanização sem planejamento. Localizado em uma região mais baixa da cidade, o bairro Barro Preto é vulnerável ao escoamento superficial de águas pluviais provenientes de áreas mais elevadas, como o bairro Novo Horizonte, situado logo acima.

Estudos técnicos, como o de Pereira (2024), apontam que, entre 2007 e 2024, houve um aumento significativo de área residencial da bacia do bairro Barro Preto, acompanhado de uma considerada redução das áreas naturais. Essa transformação resultou em maior impermeabilização do solo e no aumento expressivo das vazões de pico, contribuindo para os alagamentos periódicos. Também, a ausência de

infraestrutura adequada e de manutenção dos sistemas de drenagem agrava a situação.

Isso é evidenciado pelos altos índices de ocupação nas áreas mais baixas, no bairro Barro Preto, contrariando os limites estabelecidos pelo Código Florestal - Lei 12.651, de 25 de maio de 2012 para Áreas de Preservação Permanente (APP), que busca garantir que áreas ecologicamente sensíveis sejam preservadas, funcionando como barreiras naturais contra enchentes, erosão e perda de biodiversidade (BRASIL, 2012). Os índices de alagamento registrados nos últimos anos em Mariana, e especialmente no bairro Barro Preto, também são discutidos por Pereira (2024), que destaca os impactos gerados pelo crescimento urbano desordenado e pela falta de infraestrutura de drenagem eficaz. Tais constatações reforçam a necessidade de medidas corretivas baseadas em evidências técnicas e dados hidrológicos confiáveis, de modo a viabilizar intervenções urbanas sustentáveis e eficazes para mitigar os impactos das enchentes.

Diante desse cenário, a presente pesquisa visa não apenas diagnosticar os problemas existentes, mas também propor soluções de drenagem urbana sustentável, como jardins de chuva, praças alagáveis, telhados verdes e reservatórios de água pluvial, voltadas ao controle da vazão de pico e à mitigação dos impactos de alagamentos. Entende-se também a importância de incluir a infraestrutura verde que utiliza soluções baseadas na natureza para promover sustentabilidade e resiliência ambiental. Segundo Wong e Brown (2009) as infraestruturas verdes, junto às tecnologias compensatórias, são cada vez mais valorizadas no contexto da drenagem urbana sustentável e minimizando impactos ambientais. Com isso, busca-se contribuir para um modelo de planejamento urbano mais resiliente diante dos desafios climáticos e urbanísticos atuais.

Dessa forma, a finalidade deste trabalho consiste em propor uma solução não convencional de drenagem urbana para o bairro Novo Horizonte, integrada à bacia de retenção existente e ao sistema independente da Travessa Monsenhor Rafael Coelho, com vistas ao controle e ao amortecimento das vazões de águas pluviais, bem como à mitigação dos impactos associados a enchentes e alagamentos locais. Destaca-se que a Travessa Monsenhor Rafael Coelho se configura como a área mais crítica do bairro Barro Preto quanto às ocorrências de cheias, concentrando recorrentes eventos de alagamento em razão da insuficiência da capacidade

hidráulica instalada, o que evidencia a necessidade de intervenções voltadas à melhoria do desempenho do sistema de drenagem urbana na área.

1.1. OBJETIVO

1.1.1. Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo geral propor uma solução não convencional de drenagem urbana para o bairro Novo Horizonte, integrada à bacia de retenção existente, por meio da criação de espaços multifuncionais de vivência e lazer ao longo do córrego, bem como do desenvolvimento de um sistema de drenagem independente para a Travessa Monsenhor Rafael Coelho, visando retardar o escoamento superficial, reduzir a vazão de pico e aumentar o tempo de concentração das águas pluviais, minimizando os impactos das enchentes no bairro Barro Preto e os alagamentos locais.

1.1.2. Objetivos específicos

- Caracterizar a área de estudo quanto aos aspectos físicos, ambientais e urbanísticos;
- Diagnosticar a situação atual da infraestrutura de drenagem existente no bairro Novo Horizonte;
- Realizar análises hidrológicas e hidráulicas com base em estudos técnicos previamente desenvolvidos;
- Desenvolver uma proposta de espaços multifuncionais ao longo do córrego, destinados ao armazenamento temporário das águas pluviais e à qualificação dos espaços de convivência urbana;
- Desenvolver a proposta de um sistema de drenagem independente para a Travessa Monsenhor Rafael Coelho, visando reduzir o escoamento superficial e minimizar os alagamentos locais;
- Propor soluções sustentáveis de drenagem urbana, como pavimentos permeáveis, jardins de chuva, telhados verdes e reservatórios de água pluvial.

1.2. JUSTIFICATIVA

A ocorrência de alagamentos em áreas urbanas tem se intensificado nas últimas décadas, especialmente em municípios que apresentam crescimento populacional acelerado e expansão urbana sem o devido planejamento. O aumento da impermeabilização do solo, associado à ocupação desordenada, compromete o equilíbrio do ciclo hidrológico urbano e eleva o volume de escoamento superficial, intensificando a frequência e a severidade dos eventos de inundação.

No município de Mariana (MG), o bairro Barro Preto consolidou-se como uma das áreas mais afetadas por alagamentos, os quais impactam diretamente a mobilidade urbana, a infraestrutura local e a qualidade de vida da população residente. Conforme destaca Pereira (2024), a bacia do Barro Preto passou por um processo intensivo de urbanização nos últimos anos, caracterizado pela ocupação irregular do solo e pela ausência de fiscalização quanto ao atendimento dos parâmetros urbanísticos vigentes à época. Esse processo resultou na ampliação significativa das áreas impermeabilizadas, decorrente do adensamento construtivo e da expansão da pavimentação, alterando o comportamento hidrológico natural da bacia e contribuindo para a sobrecarga do sistema de drenagem.

Nesse sentido, o bairro Novo Horizonte apresenta posição topográfica estratégica, configurando-se como importante área contribuinte de águas pluviais para o bairro Barro Preto. As condições de uso e ocupação do solo nessa localidade influenciam diretamente o volume e a velocidade do escoamento direcionado às áreas a jusante, justificando sua delimitação como área de análise neste trabalho. A avaliação integrada das interações hidrológicas e urbanísticas entre os dois bairros evidencia a necessidade de intervenções estruturais complementares.

Destaca-se que a Travessa Monsenhor Rafael Coelho constitui o trecho mais crítico do bairro Barro Preto quanto à ocorrência de alagamentos, concentrando episódios recorrentes ao longo dos últimos anos, especialmente durante eventos de chuva intensa. Contudo, a Prefeitura Municipal de Mariana implantou uma bacia de retenção como medida para mitigar os problemas de inundação. Entretanto, nas primeiras ocorrências de chuva em janeiro do ano de 2026, constatou-se que a intervenção não solucionou o problema e, em determinados momentos, contribuiu para o seu agravamento.

Soma-se a esse cenário a necessidade de implantação de um sistema de drenagem independente para a Travessa Monsenhor Rafael Coelho, uma vez que, até o momento, a via utiliza a galeria extravasora da bacia de detenção para a realização de sua drenagem pluvial. Tal configuração implica que, durante eventos de chuvas intensas, as tubulações destinadas à drenagem do trecho passem a funcionar como dutos de enchimento da área, potencializando os riscos de alagamentos locais.

Conforme discutem Mascaró e Yoshinaga (2004), a infraestrutura urbana deve ser planejada de forma sistêmica e articulada ao uso e ocupação do solo, uma vez que a impermeabilização decorrente da urbanização altera significativamente o regime natural das águas pluviais. Os autores ressaltam que soluções baseadas exclusivamente na rápida condução do escoamento tendem a transferir os impactos para áreas a jusante, agravando problemas existentes.

De forma complementar, Tucci (2012) enfatiza que a gestão das águas pluviais urbanas deve priorizar o controle do escoamento na fonte e o amortecimento dos picos de vazão, reduzindo a sobrecarga dos sistemas de micro e macrodrenagem. Nesse contexto, este trabalho apresenta a proposição de áreas destinadas ao armazenamento temporário das águas pluviais no bairro Novo Horizonte, visando à redução do escoamento superficial, à melhoria do desempenho do sistema de drenagem urbana e à mitigação dos impactos das cheias no bairro Barro Preto.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Os eventos extremos de precipitação têm se intensificado nas últimas décadas, trazendo à tona a vulnerabilidade das cidades brasileiras frente às inundações. Esse cenário evidencia a necessidade de compreender não apenas os processos naturais associados às bacias hidrográficas, mas também a forma como a ocupação urbana e a infraestrutura existente influenciam a dinâmica das cheias.

2.1. BACIA HIDROGRÁFICA COMO UNIDADE DE ANÁLISE

A bacia hidrográfica pode ser entendida como a área delimitada pelos divisores de águas, ou seja, pelos limites naturais do relevo que direcionam o escoamento da precipitação para um ponto de saída comum, geralmente um curso d'água principal.

Trata-se da unidade natural de captação e drenagem das águas pluviais, sendo considerada a base para o planejamento e a gestão dos recursos hídricos.

Conforme destaca Canholi (2005), a análise da bacia hidrográfica é fundamental para o dimensionamento de sistemas de drenagem urbana e para o controle de alagamentos, enchentes e inundações, uma vez que permite compreender a dinâmica do escoamento superficial e identificar as condições que favorecem a ocorrência desses eventos. O autor ressalta ainda a importância da análise morfométrica, voltada à caracterização dos aspectos físicos da bacia, e da análise hidrológica, relacionada aos processos do ciclo hidrológico, como precipitação, escoamento e períodos de cheia.

O processo de urbanização provoca alterações significativas no comportamento hidrológico das bacias hidrográficas, principalmente em decorrência da crescente impermeabilização do solo e da modificação da cobertura natural do terreno. Essas mudanças reduzem a capacidade de infiltração da água da chuva e aumentam o volume e a velocidade do escoamento superficial, resultando na elevação dos picos de vazão e na maior frequência de eventos de inundação em áreas urbanas. Diante desse cenário, o controle de cheias torna-se um elemento fundamental no planejamento e na gestão da drenagem urbana, uma vez que envolve a adoção de medidas destinadas a regular o escoamento superficial e reduzir os impactos associados às inundações (TUCCI, 2003; CANHOLI, 2005).

Nesse contexto, no município de Mariana, a compreensão da dinâmica da bacia hidrográfica assume papel estratégico para a avaliação dos impactos decorrentes de eventos de precipitação intensa. A caracterização morfométrica e hidrológica do Ribeirão do Carmo, principal curso d'água que atravessa o município, permite identificar áreas de maior criticidade e subsidiar o planejamento de intervenções no sistema de drenagem urbana.

A implantação da bacia de retenção e amortecimento na Bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto, em 2025, exemplifica a aplicação prática desses conceitos, buscando reduzir os riscos de inundação. Contudo, o evento extremo registrado em janeiro de 2026, com precipitação concentrada em curto intervalo de tempo, evidenciou que a infraestrutura existente ainda não é suficiente para conter os impactos das cheias no Bairro Barro Preto, reforçando a necessidade de integrar análises técnicas com políticas de planejamento urbano resiliente.

O conceito tradicional de drenagem pluvial urbana, exemplificado pela implantação da bacia de retenção e amortecimento no Córrego Barro Preto, consiste em captar a água da chuva e controlar a vazão até a galeria, que a direcionam para corpos hídricos receptores. Segundo Mascaró e Yoshinaga (2004), esse modelo não considera a capacidade de infiltração do solo quando não impermeabilizado, nem o potencial de criação de reservatórios a céu aberto em áreas estratégicas da cidade, que poderiam retardar o escoamento e reduzir os impactos de chuvas intensas e de curta duração.

Segundo Tucci (2003, p.37), as obras e o controle da drenagem urbana têm sido conduzidos de forma local e setorializada, sem uma visão integrada dos problemas. Essa abordagem, em vez de resolver, acaba gerando novos impactos e desperdiçando os poucos recursos disponíveis nas cidades. O autor aponta que a defasagem técnica dos profissionais, a ausência de regulamentação sobre a transferência de impactos dentro do espaço urbano e o conhecimento limitado dos gestores são fatores que contribuem para essas perdas. O aspecto mais preocupante, segundo ele, é que os órgãos financiadores permanecem tecnicamente atrasados e resistem a aceitar investimentos sustentáveis.

Pereira (2024), em estudo sobre os impactos da urbanização na bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto, localizada em Mariana (MG), com foco na macrodrenagem e na gestão de riscos de inundação, analisou os cenários de uso e ocupação do solo dos anos de 2007 e 2024, constatou que a urbanização intensa resultou em um aumento expressivo das áreas impermeabilizadas e na redução das áreas naturais, fatores que contribuem para a maior ocorrência de inundações e para os impactos sentidos pela população local.

Ressalta-se, ainda, a necessidade de adoção de medidas sustentáveis e estratégias de mitigação diante desse quadro. Esse estudo corrobora as observações de Tucci (2003), ao destacar que a urbanização desordenada, associada à impermeabilização e à canalização do escoamento pluvial, amplia os prejuízos devido a ocorrência de inundações e compromete a qualidade de vida urbana. Nesse sentido, torna-se de grande relevância a incorporação de soluções sustentáveis e integradas ao planejamento urbano, como forma de reduzir riscos e promover maior resiliência frente às chuvas intensas.

2.2. DRENAGEM URBANA SUSTENTÁVEL

Segundo Canholi (2005), a drenagem urbana deve ser entendida como o conjunto de medidas e obras destinadas a coletar, conduzir e dispor adequadamente as águas pluviais, reduzindo os impactos das chuvas intensas sobre o espaço urbano. O autor ressalta que não se trata apenas de dimensionar galerias e canais, mas de adotar uma visão integrada que considere o ciclo hidrológico, a ocupação do solo e os efeitos da impermeabilização. Nesse sentido, a drenagem urbana envolve tanto soluções estruturais, como reservatórios de retenção e canais, quanto medidas não estruturais, como o planejamento territorial e o manejo sustentável das águas.

No começo dos anos 1990, passou-se a observar uma preocupação maior com o destino das águas no meio urbano. A partir dessas discussões surgiu o conceito de drenagem urbana sustentável. Segundo Pompêo (2000, p. 17), a drenagem urbana não deve se basear somente na execução de obras difusas, mas “principalmente na incorporação de uma nova postura tecnológica no desenvolvimento de materiais de pavimentação, normativa na sua utilização e metodológica na ocupação dos espaços públicos e privados”.

A drenagem urbana sustentável deve ser compreendida como um conjunto de práticas que conciliam eficiência hidráulica com preservação ambiental e planejamento urbano. Entre seus objetivos principais estão a evitar o desmatamento, controlar processos erosivos e reduzir o assoreamento de rios e lagos, garantindo a manutenção dos recursos hídricos (POMPÊO, 2000).

O crescimento acelerado e muitas vezes desordenado das áreas urbanas intensificou os problemas de alagamentos, consequência direta da impermeabilização do solo e do aumento do escoamento superficial, frequentemente além da capacidade da microdrenagem. Esses impactos estão associados ao aquecimento global, à poluição das águas e do solo e à perda de biodiversidade, resultando em maior recorrência de alagamentos, inundações e deslizamentos. Diante desse cenário, muitos países têm se comprometido a desenvolver soluções sustentáveis para minimizar tais danos, destacando-se a proposta das chamadas “cidades-esponja”. O objetivo é reproduzir os processos naturais, criando pontos de infiltração capazes de absorver a água da chuva e reduzir os impactos do escoamento superficial (SILVA et al., 2025). Assim, a drenagem urbana sustentável surge como alternativa ao modelo

convencional, integrando o manejo das águas pluviais ao ambiente urbano de forma equilibrada e resiliente.

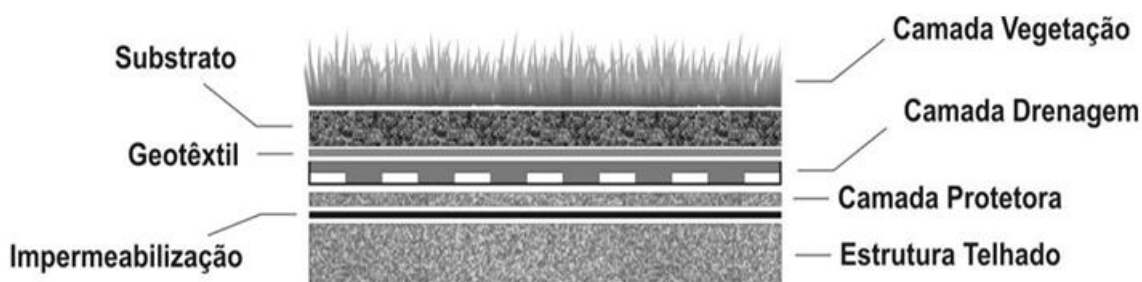
Conforme Silva, Lima, Santos e Gonzaga (2018), estratégias como jardins de chuva, pavimentos permeáveis, reservatórios de retenção e telhados verdes configuram soluções sustentáveis destinadas a mitigar os impactos da urbanização sobre o ciclo hidrológico, uma vez que promovem a redução do escoamento superficial, ampliam a infiltração da água no solo e contribuem para a conservação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas. No âmbito das técnicas compensatórias aplicadas à drenagem urbana, os jardins de chuva destacam-se por possibilitarem a retenção, infiltração e adsorção das águas pluviais, favorecendo a recomposição de processos hidrológicos naturais comprometidos pela impermeabilização do solo. Os autores também evidenciam que a expansão urbana desordenada, associada à ausência de planejamento adequado, intensifica a impermeabilização das superfícies e acarreta impactos relevantes na infraestrutura urbana, como alagamentos recorrentes e sobrecarga das redes de drenagem, contexto no qual os jardins de chuva se apresentam como alternativa eficiente e ambientalmente sustentável para a gestão das águas pluviais.

Além de reduzir o escoamento superficial, essas estruturas auxiliam na preservação dos recursos hídricos subterrâneos e podem ser incorporadas ao espaço urbano como dispositivos de biorretenção, que conciliam benefícios ambientais e a valorização da paisagem. O processo envolve quatro etapas principais: primeiro, a retenção, em que a água é acumulada na superfície e retorna ao ciclo hidrológico por evapotranspiração e infiltração; depois, a filtração, responsável por remover poluentes e melhorar a qualidade da água infiltrada; em seguida, a infiltração, que permite que a água que não sofre o processo de evapotranspiração, penetre no solo, sendo armazenada — cerca de 85% é retida e 15% pode ser reutilizada; e, por fim, a reutilização, quando a água armazenada, após tratamento, pode ser reaproveitada inclusive no abastecimento público. (SILVA *et al.*, 2018).

No mesmo sentido, Lopes e Tavares (2026) destacam os telhados verdes como sistemas construtivos multifuncionais que associam camadas técnicas à vegetação, desempenhando funções ambientais, térmicas e paisagísticas. Do ponto de vista hidrológico, esses dispositivos são capazes de reter parte da precipitação incidente, reduzindo o volume e a velocidade do escoamento superficial direcionado aos

sistemas convencionais de drenagem. Na figura 1, estão representadas as diferentes camadas que constituem esse sistema construtivo.

Figura 1 – Disposição das camadas de um telhado verde



Fonte: Tassi *et al.* (2014)

A cobertura vegetal, deve ser escolhida conforme o clima local, para interceptar parte da chuva e promover evapotranspiração, enquanto o substrato fornece nutrientes e armazena temporariamente a água. O geotêxtil atua como filtro, evitando que partículas do solo obstruam a drenagem, que por sua vez é essencial para prevenir alagamentos e manter reserva hídrica em períodos de estiagem. A camada de drenagem é essencial para evitar alagamentos, pois retém parte da água da chuva e fornece reserva hídrica para períodos de estiagem. A camada protetora preserva a impermeabilização contra raízes e danos físicos. A impermeabilização impede infiltrações na estrutura. Por fim, a estrutura do telhado: deve suportar toda a carga do telhado verde (TASSI *et al.*, 2014).

Para a instalação dos telhados, é necessário observar a ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais, que estabelece exigências e critérios para o projeto de sistemas de drenagem, assegurando níveis adequados de funcionalidade, segurança, higiene, conforto, durabilidade e economia (ABNT, 1989). Essa normativa aplica-se às coberturas e às áreas externas vinculadas às edificações, como terraços, pátios e quintais (ABNT, 1989).

Uma medida complementar voltada à sustentabilidade hídrica, são os reservatórios de águas pluviais, que representam uma alternativa estratégica para cidades que enfrentam desafios relacionados à gestão hídrica e à ocorrência de enchentes, pois constituem elementos centrais nos sistemas de aproveitamento da

água da chuva, funcionando por meio da captação em telhados e superfícies impermeáveis, condução por calhas e tubulações, filtragem inicial para remoção de impurezas e armazenamento em estruturas dimensionadas conforme a precipitação e a demanda local, com dispositivos de saída controlada e extravasores de segurança para evitar sobrecargas (BRANDÃO e MARCON, 2018).

Brandão e Marcon (2018) destacam que o dimensionamento adequado desses reservatórios é fundamental para garantir eficiência técnica e econômica, ainda reforçam que, embora representem o maior custo de implantação, são também o componente mais estratégico para a viabilidade do sistema.

Seguindo essa perspectiva, destaca-se a adoção de soluções não convencionais de drenagem urbana sustentável, como os parques alagáveis, os quais se configuram como uma estratégia de resiliência, pois contribuem para a construção de cidades mais adaptáveis e ambientalmente equilibradas. Esses espaços urbanos abertos têm a capacidade de absorver, reter e liberar a água da chuva de forma controlada, reduzindo os impactos das inundações e alagamentos. Além da função hidráulica, oferecem áreas de lazer e convivência para a população, configurando-se como exemplos de infraestrutura verde e azul. Ao combinar usos recreativos com sistemas de contenção e manejo das águas pluviais, os parques alagáveis tornam-se espaços multifuncionais que respondem de maneira adaptativa aos desafios impostos pelas mudanças climáticas em ambientes urbanos. (VOGEL e LIMA, 2025).

Os parques alagáveis multifuncionais são exemplos emblemáticos de drenagem verde e de acordo com Vogel e Lima (2025), eles fazem parte das Soluções Baseadas na Natureza (SBN), permitindo que as águas urbanas escoem gradualmente até rios e lagos, diminuindo riscos de inundações e alagamentos.

(...) os parques alagáveis são uma estratégia de resiliência urbana, na medida que contribuem para a produção de cidades mais sustentáveis e adaptáveis. São espaços urbanos abertos que absorvem, retêm e liberam a água da chuva de forma a reduzir os impactos das inundações e alagamentos, além de garantir o lazer da população. Assim, representam uma solução de infraestrutura verde e azul, combinando estrategicamente áreas de lazer público com sistemas de contenção e manejo de águas pluviais. Estes espaços multifuncionais oferecem uma resposta adaptativa aos desafios impostos pelas mudanças climáticas em áreas urbanas. (Vogel e Lima, 2025, p. 2)

No contexto de Barro Preto, em Mariana, propõe-se a implantação de uma praça multifuncional alagável, capaz de gerenciar a água pluvial em períodos de chuva intensa, reduzindo os picos de fluxo por meio do armazenamento temporário e da liberação gradual das águas em direção ao rio. Em períodos de estiagem, o espaço

funcionaria como um parque urbano, disponível para lazer e convivência da comunidade, fortalecendo a percepção positiva do espaço público e promovendo benefícios ambientais e sociais.

2.3. FERRAMENTAS DE ANÁLISE

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) constituem plataformas essenciais para a análise espacial e o gerenciamento de dados georreferenciados. No estudo da drenagem urbana, permitem identificar áreas de risco de inundação, delimitar bacias hidrográficas e avaliar os impactos da impermeabilização do solo, fornecendo subsídios técnicos para o planejamento urbano. O *Quantum GIS* (QGIS), como software livre de SIG, destaca-se pela elaboração de mapas temáticos e pela modelagem espacial, possibilitando simulações de escoamento superficial e cenários de drenagem sustentável de forma acessível e integrada a diferentes bases de dados.

O *AutoCAD*®, derivado da sigla em inglês *Computer Aided Design* (CAD) é uma ferramenta de desenho utilizado para transformar análises e conceitos em projetos executivos detalhados. No contexto da drenagem urbana sustentável, o *AutoCAD*® viabiliza a representação gráfica de soluções como reservatórios de retenção multifuncionais, pavimentos permeáveis e sistemas de microdrenagem adaptados ao ambiente urbano (BEZERRA; CASTRO, 2025). Assim, a utilização integrada de SIG, QGIS e *AutoCAD*® proporciona uma abordagem abrangente, que une análise espacial, modelagem e detalhamento técnico, permitindo transformar diagnósticos ambientais em propostas de drenagem urbana sustentável alinhadas ao planejamento urbano.

3. METODOLOGIA

A presente pesquisa teve como proposta inicial o planejamento e o dimensionamento de um sistema de drenagem no bairro Novo Horizonte, com o objetivo de reduzir a vazão de pico e aumentar o tempo de concentração, visando minimizar os impactos das enchentes no bairro Barro Preto, localizado em uma área de menor altitude. Contudo, a Prefeitura Municipal de Mariana implantou uma bacia de retenção como medida para mitigar os problemas de inundação. Embora tenha sido implantada uma bacia de retenção com o objetivo de amortecer os picos de vazão, sua atuação isolada mostra-se insuficiente para a mitigação dos eventos de

inundação na bacia do Barro Preto, tendo em vista que episódios de alagamento continuaram a ocorrer na área mesmo após a intervenção.

Diante desse contexto e considerando que uma solução convencional já havia sido adotada pelo poder público, a proposta deste trabalho foi reformulada, passando a contemplar uma solução não convencional. Essa nova abordagem consiste na criação de espaços de vivência e lazer ao longo do córrego, áreas que, durante eventos de chuva, serão destinadas ao armazenamento temporário da água. Adicionalmente, a pesquisa visa propor mecanismos de incentivo à adoção de medidas compensatórias de drenagem urbana por parte da população, tais como a implantação de reservatórios de aproveitamento de águas pluviais, telhados verdes, jardins de chuva e outras soluções baseadas na natureza, incluindo a possibilidade de benefícios fiscais, como a redução do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU).

As áreas multifuncionais alagáveis propostas têm como finalidade operar normalmente durante os períodos de estiagem, oferecendo espaços de uso cotidiano à população. Já em períodos chuvosos, assumem a função de reservatórios temporários, contribuindo para a detenção e o escoamento controlado das águas pluviais. Dessa forma, reduzem a pressão sobre os sistemas de microdrenagem do bairro e ampliam a resiliência urbana frente aos eventos de alagamento. Tais medidas buscam ampliar a eficiência do sistema de drenagem, reduzir o escoamento superficial e contribuir para o funcionamento adequado da bacia de detenção implantada.

O desenvolvimento deste trabalho seguiu uma abordagem estruturada, dividida em quatro etapas principais, conforme ilustrado no fluxograma da Figura 2. A primeira etapa é o levantamento de dados e caracterização física, incluindo o relevo, a rede de drenagem natural, o uso do solo, os tipos de solo e as condições climáticas. Estes dados foram obtidos a partir de fontes cartográficas oficiais como o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2021; IBGE, 2024), a Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais (IDE-SISEMA, 2025) e a Esri Satellite Imagery (ESRI, 2023), além de levantamentos de campo realizados na região. Para subsidiar o diagnóstico das condições existentes, foram analisados a localização e quantidade de dispositivos de drenagem existentes, as condições das vias públicas em relação à captação de águas pluviais, os pontos de alagamento recorrente no bairro Barro Preto e as áreas de

contribuição direta do escoamento superficial do Novo Horizonte. De forma complementar, foram realizadas análises espaciais com o objetivo de ampliar a compreensão das características físicas e ambientais da área de estudo.

A segunda etapa foi composta pela elaboração de mapas temáticos e análise espacial, os quais foram elaborados a partir de dados cartográficos e geoespaciais obtidos junto ao IBGE (2021; 2024), à Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM, 2021) e a imagens de satélite. Esses dados foram processados no software QGIS 3.28, que permitiu integração com bases vetoriais e raster, georreferenciadas ao sistema SIRGAS 2000;

A terceira etapa utilizou-se da análise hidrológica e hidráulica, fundamentada nos estudos desenvolvidos por Pereira (2024). Essa análise seguiu as diretrizes estabelecidas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT NBR 12211:2017 (ABNT, 2017). Os cálculos realizados por Pereira (2024) envolveram a determinação da precipitação máxima, do coeficiente de escoamento superficial, do tempo de concentração e da vazão de pico. Essas análises forneceram as bases necessárias para a proposição de soluções adequadas.

Já a quarta etapa foi composta pela proposição de soluções baseadas em áreas multifuncionais de armazenamento temporário, elaborados a partir de dados levantados e das análises realizadas, para à criação de espaços destinados ao acúmulo das águas pluviais durante períodos chuvosos.

Figura 2 – Fluxograma das etapas metodológicas



Fonte: Autoria própria (2026)

A metodologia descrita visa diagnosticar os impactos da ineficácia da infraestrutura de drenagem no bairro Novo Horizonte e propor uma solução não convencional, sustentável e integrada ao espaço urbano, capaz de mitigar os efeitos das enchentes no bairro Barro Preto. A adoção de áreas multifuncionais como estratégia de manejo das águas pluviais configura-se como uma alternativa complementar às estruturas existentes, alinhada aos princípios da sustentabilidade.

3.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A cidade de Mariana, primeira capital de Minas Gerais, foi elevada à categoria de vila em 1711 e tem sua origem diretamente vinculada ao ciclo do ouro, configurando-se como um dos principais núcleos urbanos do período colonial brasileiro. Sua ocupação inicial ocorreu nas proximidades do Ribeirão do Carmo, aproveitando-se tanto da disponibilidade de água para as atividades de mineração e consumo quanto das áreas favoráveis à exploração aurífera. O traçado urbano original seguiu o padrão colonial português, caracterizado por ruas estreitas, alinhamento irregular e forte integração ao relevo acidentado (IBGE, 2024).

Com o declínio da mineração aurífera ao final do século XVIII, a cidade passou por períodos de estagnação demográfica e econômica. Segundo Carmo (2023) somente a partir do século XX, com a introdução e intensificação da mineração de ferro e manganês, Mariana retomou seu processo de expansão urbana, atraindo migrantes e impulsionando a formação de novos bairros.

Esse crescimento ocorreu de forma predominantemente radial a partir do centro histórico, porém marcado por diferenças topográficas e socioeconômicas. Bairros mais próximos ao centro, como Rosário e Fonte da Saudade, desenvolveram-se com infraestrutura urbana mais consolidada, enquanto áreas de expansão mais recente, como Novo Horizonte e Barro Preto, apresentaram ocupação acelerada, muitas vezes anterior à implantação de sistemas completos de drenagem, saneamento e pavimentação (MARICATO, 2011; PEREIRA, 2024).

A configuração espacial atual evidencia um centro histórico situado em cota intermediária, circundado por bairros mais antigos que funcionam como transição para áreas periféricas. Nos últimos anos, o avanço urbano em direção às periferias modificou significativamente o uso e ocupação do solo. Conforme Pereira (2024), entre 2007 e 2024 a área residencial na bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto

cresceu consideravelmente, reduzindo as áreas naturais e resultando em aumento expressivo da impermeabilização do solo. Esse cenário reforça a necessidade de um planejamento urbano que considere as especificidades históricas, geográficas e socioambientais do município, de modo a compatibilizar preservação patrimonial, desenvolvimento econômico e segurança hídrica.

Nesse contexto, insere-se o bairro Novo Horizonte, definido neste trabalho como a área de estudo, cuja formação urbana ocorreu em região de maior declividade, situada na porção superior da bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto. A trajetória histórica de expansão da cidade, marcada por ciclos econômicos e por uma ocupação adaptada ao relevo, influenciou diretamente a formação das vulnerabilidades urbanas observadas nesse setor.

A urbanização no bairro Novo Horizonte, associada à ocupação de fundos de vale no bairro Barro Preto, configura um sistema urbano hidrologicamente interdependente, no qual a deficiência ou ausência de infraestrutura nas áreas a montante intensifica os impactos nas áreas a jusante. Esse padrão é recorrente em cidades brasileiras de origem colonial e é agravado pela impermeabilização crescente e pela redução das áreas verdes, fatores que comprometem a infiltração e aumentam a velocidade do escoamento superficial (MARICATO, 2011).

No caso específico do bairro Novo Horizonte, tais condições se manifestam na forma de escoamento superficial intenso durante eventos de precipitação, direcionando grandes volumes de água para as áreas mais baixas do bairro Barro Preto, situado no fundo do vale. Esse processo evidencia a urgência de soluções integradas de drenagem urbana que considerem não apenas aspectos técnicos, mas também o contexto histórico, social e ambiental do município (WONG; BROWN, 2009; PEREIRA, 2024).

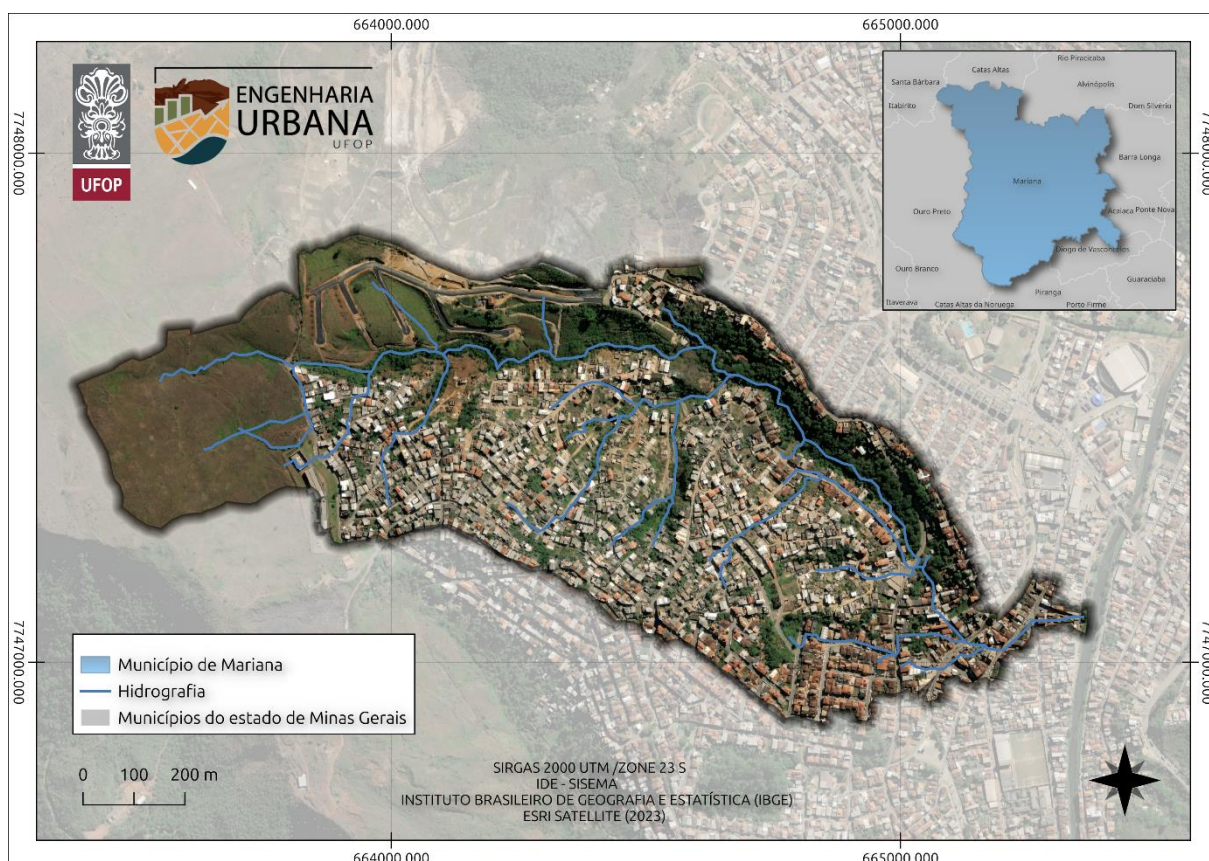
O bairro Novo Horizonte, localizado em área superior da bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto, apresenta ocupação urbana crescente, relevo com declividades variadas e ausência de infraestrutura adequada de drenagem, fatores que favorecem o escoamento superficial em direção às áreas mais baixas. O bairro Barro Preto, por sua vez, funciona como ponto de convergência desse escoamento, devido à sua posição topográfica mais baixa.

Essa relação entre cotas altimétricas e declividades demonstra que a drenagem natural do território é fortemente influenciada pela disposição espacial dos bairros. A

inexistência de dispositivos de retenção e infiltração nas partes altas do bairro Novo Horizonte potencializa os impactos nas porções baixas, especialmente durante eventos de precipitação intensa, reforçando a necessidade de intervenções estruturais e planejamento urbano integrado.

Na Figura 3 é apresentado o mapa de localização do município de Mariana, o qual ilustra sua posição geográfica, além de destacar as principais vias de acesso, destacando o contexto geográfico da pesquisa. Esse recurso espacial permite uma análise mais completa dos fatores que influenciam os desafios de drenagem urbana na região, evidenciando a relação entre a ocupação do solo, as características topográficas e os principais fluxos de tráfego.

Figura 3 – Localização da bacia do Córrego Barro Preto no município de Mariana – MG



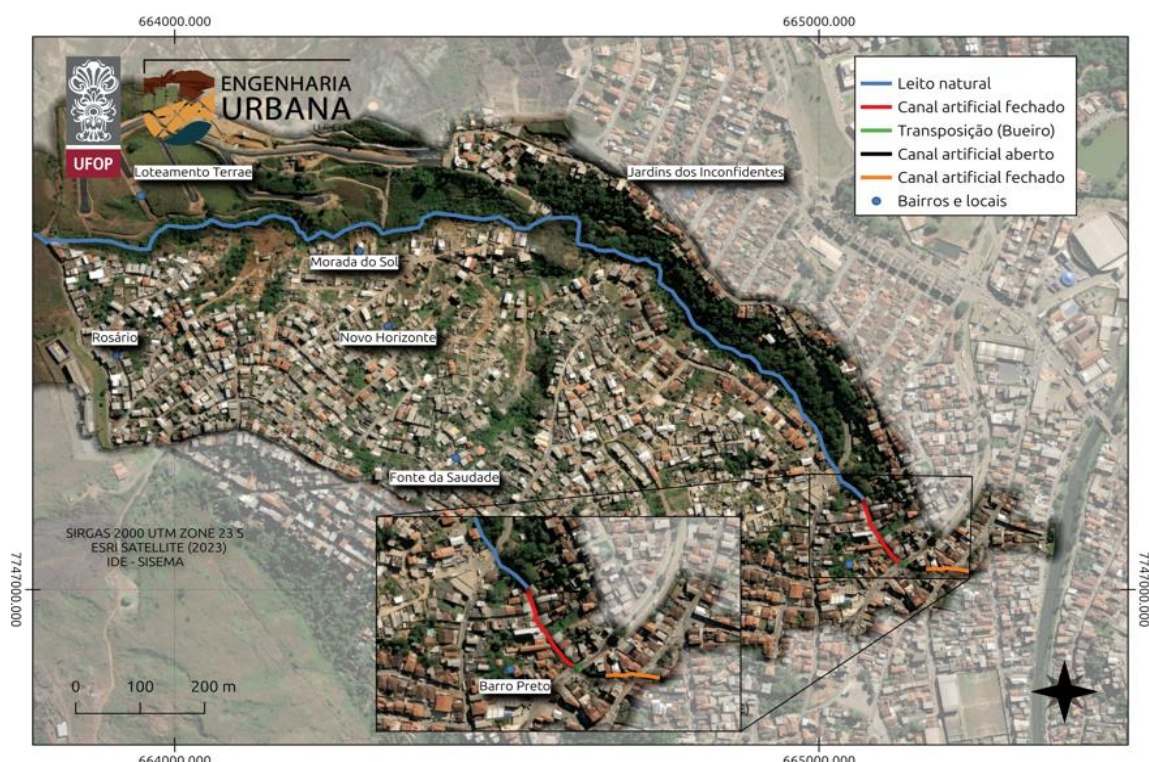
Fonte: Autoria própria (2025)

O mapa apresenta a área de estudo inserida no município de Mariana, com destaque para a hidrografia local (em azul) e os limites municipais (em cinza) no

contexto do estado de Minas Gerais. A imagem de satélite permite visualizar a ocupação urbana e a rede hidrográfica que atravessa a região, evidenciando a relação entre a malha urbana e os cursos d'água. No canto superior direito, um mapa de localização mostra a posição de Mariana em relação aos municípios vizinhos.

O mapa da Figura 4 identifica os principais bairros e localidades, entre eles Rosário, Morada do Sol, Novo Horizonte, Fonte da Saudade e Jardins dos Inconfidentes, destacando, na porção inferior ampliada, o bairro Barro Preto. Essa ampliação evidencia pontos críticos de canalização, nos quais se observam trechos significativos de canais fechados e abertos, indicando áreas de maior intervenção antrópica sobre o curso d'água.

Figura 4 – Mapa da bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto, com destaque para bairros e estruturas de drenagem.



Fonte: Autoria própria (2025)

Assim, pode-se verificar a rede hídrica, originalmente contínua em leito natural, foi progressivamente modificada para atender às demandas do crescimento urbano. Essa transformação, embora tenha possibilitado a expansão da ocupação do solo para fins habitacionais e de infraestrutura, acarreta impactos relevantes, como a redução da capacidade de drenagem, o aumento do risco de enchentes e alterações

na dinâmica ambiental do córrego. A análise detalhada da situação atual será apresentada no capítulo seguinte, permitindo compreender de forma mais abrangente os efeitos dessas modificações sobre a bacia estudada.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. LEVANTAMENTO DA SITUAÇÃO ATUAL

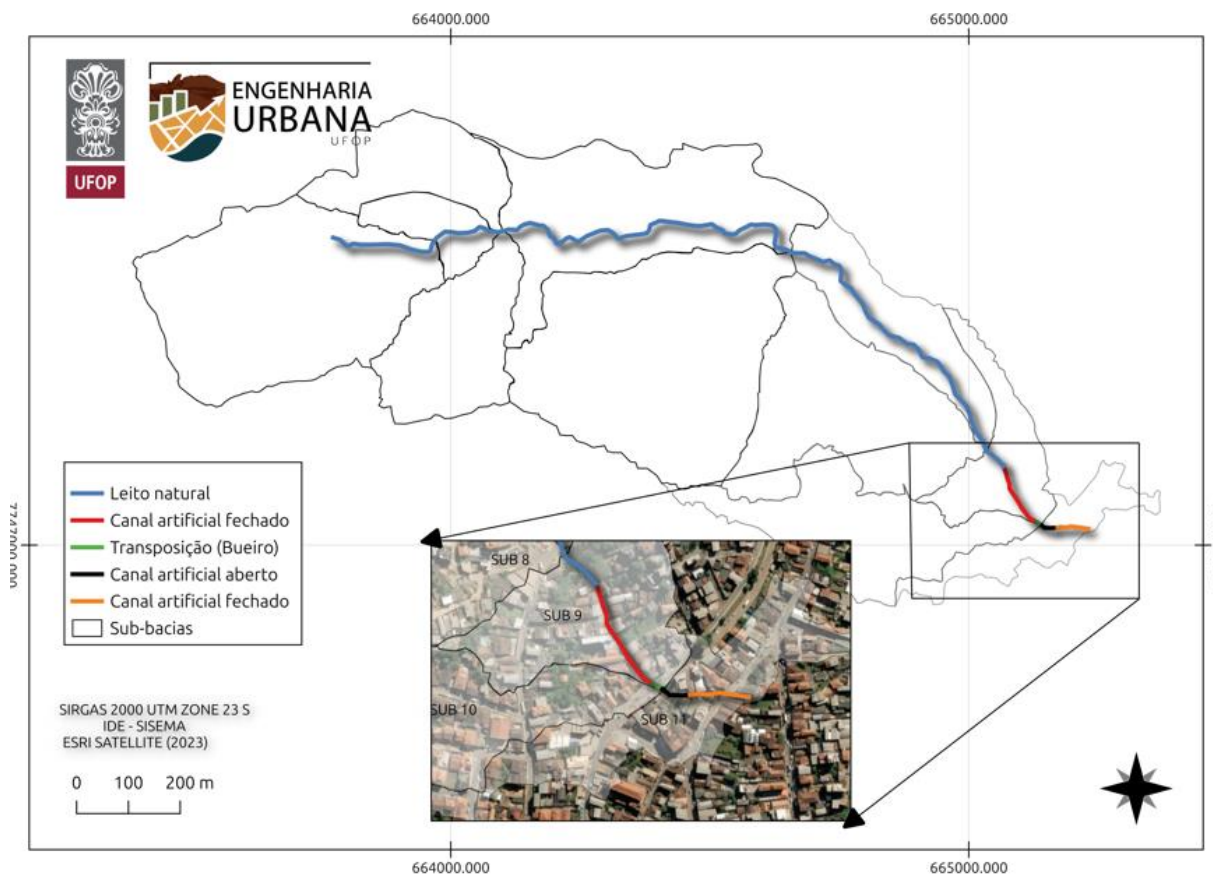
4.1.1. Aspectos Físico-Ambientais

A análise físico-ambiental da região entre os bairros Novo Horizonte e Barro Preto é fundamental para compreender a dinâmica das águas pluviais. A topografia da área mostra que o bairro Novo Horizonte está situado em uma região mais elevada, o que favorece o escoamento superficial das águas da chuva em direção ao bairro Barro Preto, o que acentua os alagamentos.

O município é cortado por diversos cursos d'água, incluindo o Rio do Carmo e seus afluentes. O clima tropical de altitude, com verões chuvosos, contribui para o aumento do volume de água nas bacias hidrográficas durante o período chuvoso. Além disso, os solos predominantes na região apresentam baixa capacidade de infiltração, fator que contribui para o acúmulo e o rápido escoamento das águas pluviais. Em diversos pontos, a vegetação nativa foi suprimida em decorrência da urbanização, o que reduziu ainda mais a capacidade de absorção do solo. O clima local, caracterizado por períodos chuvosos concentrados no verão, reforça a necessidade de sistemas de drenagem urbana eficiente.

O mapa de talvegue principal (Figura 5) identifica as linhas de maior concentração e escoamento das águas pluviais ao longo da bacia, possibilitando compreender a direção natural do fluxo e os pontos de convergência, subsidiando o dimensionamento das estruturas de captação e condução. A interpretação desse mapa é fundamental para compreender a dinâmica do escoamento na bacia, permitindo identificar áreas críticas e orientar propostas de intervenção. A análise indicou que parte significativa do escoamento do Novo Horizonte converge rapidamente para áreas críticas no Barro Preto, reforçando a necessidade de intervenções voltadas à diminuição da vazão de pico que chega à bacia de retenção implantada.

Figura 5 – Talvegue principal da bacia do Córrego Barro Preto, em Mariana – MG



Fonte: Autoria própria (2025)

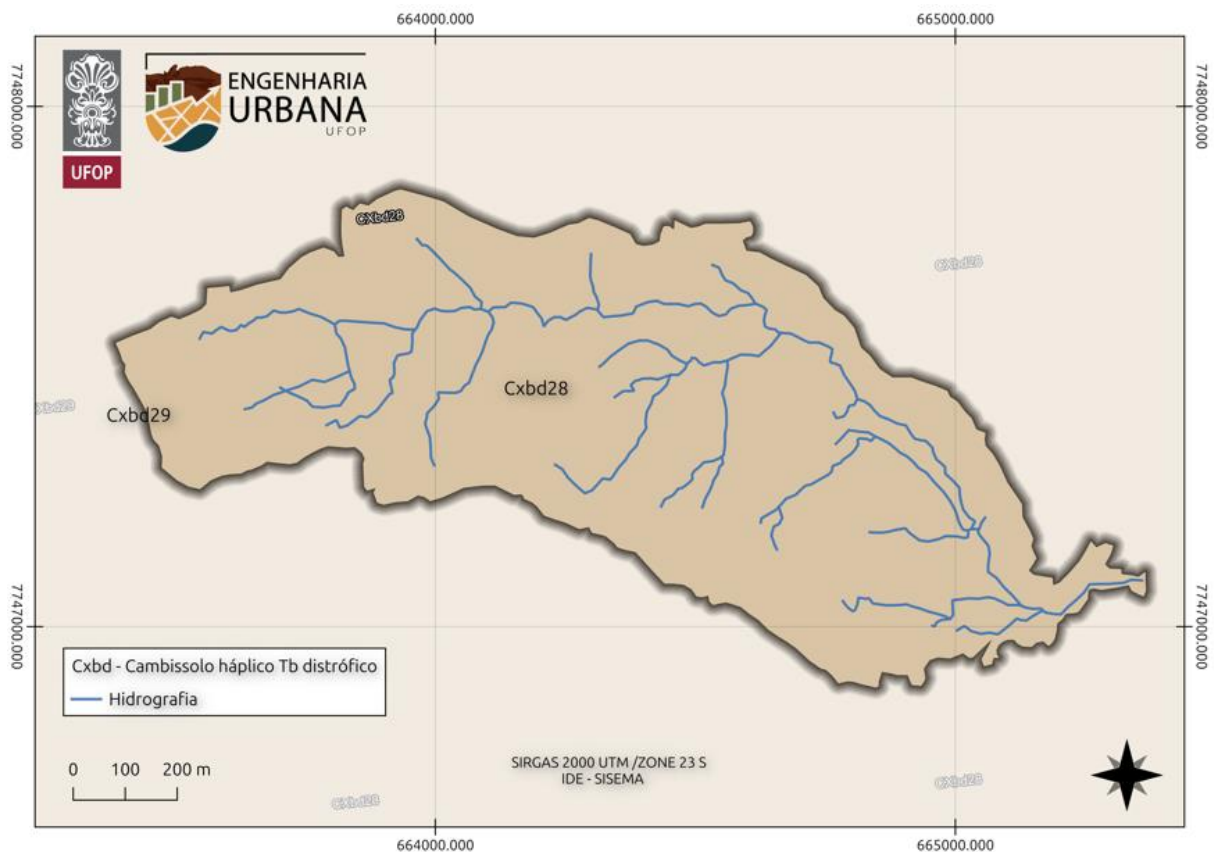
Além disso, a Figura 5 apresenta ainda o mapeamento dos diferentes tipos de canais e do traçado do talvegue principal da bacia hidrográfica estudada, destacando trechos naturais e artificiais.

O traçado em azul representa o leito natural do curso d'água. Já os trechos em vermelho indicam canais artificiais fechados, enquanto a linha preta simboliza transposições por bueiro e a linha laranja canais artificiais abertos. As delimitações pretas representam as sub-bacias internas da área de estudo.

O detalhe ampliado na parte inferior evidencia a região mais urbanizada, onde o canal apresenta trechos canalizados e cobertos, correspondendo às sub-bacias 8, 9, 10 e 11. Essa configuração demonstra a interferência antrópica sobre o curso natural, com a substituição de segmentos do leito por estruturas artificiais, fato que influencia a dinâmica do escoamento, podendo aumentar a velocidade da água e reduzir a infiltração no solo.

O mapeamento de solos da bacia permitiu identificar classes com baixa permeabilidade, como Argissolos e Cambissolos, que dificultam a infiltração e contribuem para o aumento do escoamento superficial (Figura 6). Esta informação foi essencial para avaliar a viabilidade e eficiência de técnicas compensatórias, como bacias de infiltração e pavimentos permeáveis, nos diferentes setores da bacia.

Figura 6 – Classes de solos predominantes na bacia do Córrego Barro Preto, em Mariana – MG



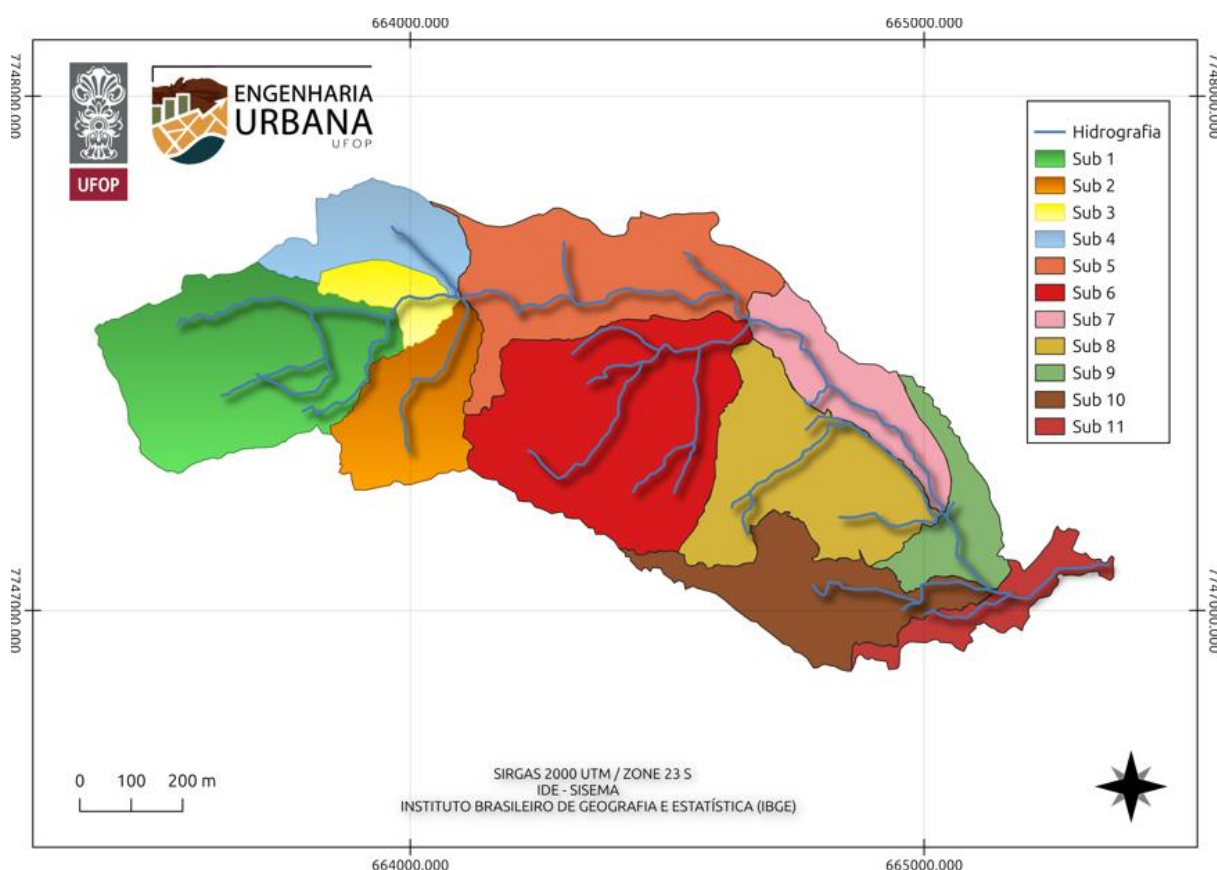
Fonte: Autoria própria (2025)

Este mapa apresenta a distribuição dos tipos de solo na bacia hidrográfica, destacando o predomínio do Cambissolo Háplico Tb distrófico (Cxbd), com as unidades Cxbd28 e Cxbd29. Esses solos, caracterizados por profundidade média, boa drenagem e baixa fertilidade natural, influenciam diretamente a infiltração e o escoamento superficial (IDE-SISEMA, 2025).

O mapa de sub-bacias (Figura 7) delimitou unidades de contribuição hídrica internas à bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto. A definição dessas unidades

mostrou-se essencial para a adequada distribuição e dimensionamento das estruturas de micro e macrodrenagem propostas, além de possibilitar simulações hidrológicas mais precisas em cada área de contribuição.

Figura 7 – Sub-bacias do Córrego Barro Preto, em Mariana – MG



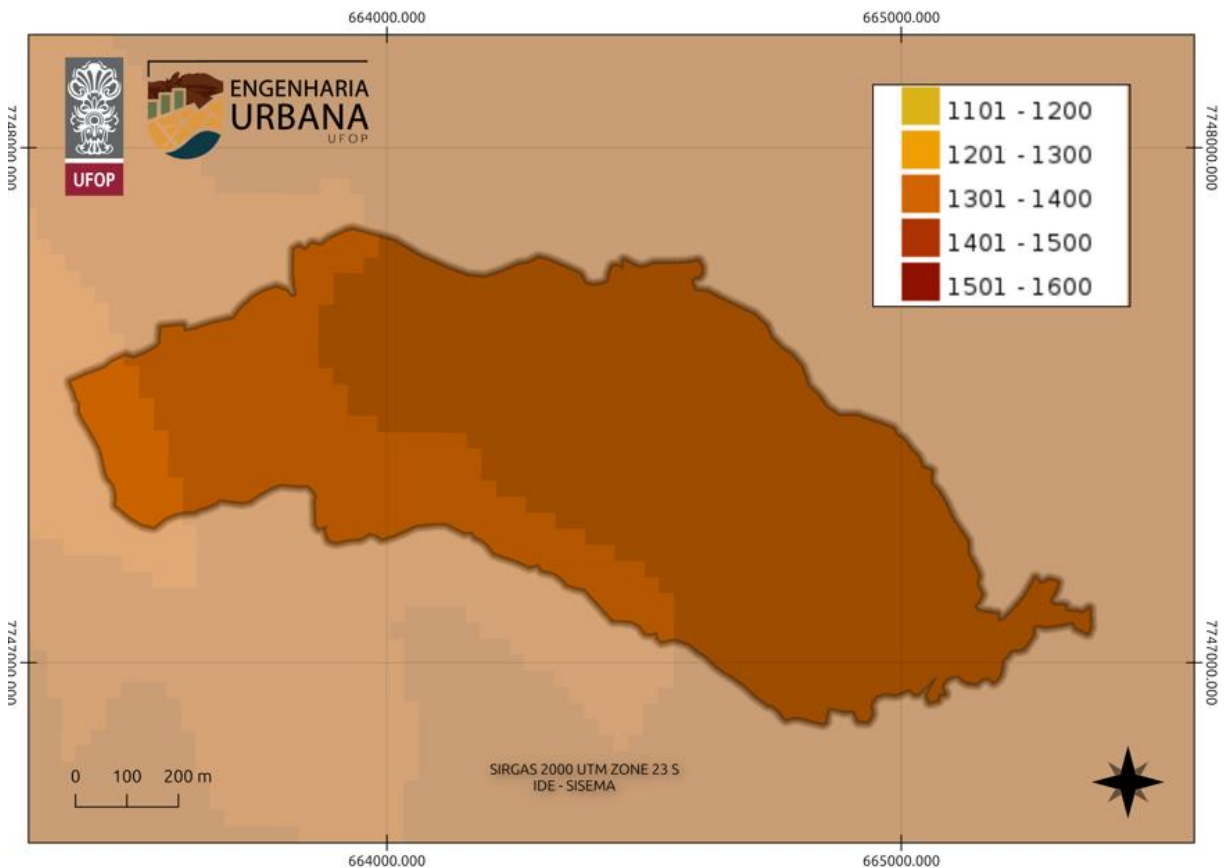
Fonte: Autoria própria (2025)

O mapa apresenta a divisão da bacia hidrográfica em 11 sub-bacias (Sub 1 a Sub 11), identificadas por diferentes cores. A hidrografia, indicada em azul, evidencia a rede de drenagem natural que percorre toda a área. Essa subdivisão é fundamental para a análise hidrológica e hidráulica, permitindo identificar as contribuições de cada porção da bacia para o escoamento total, bem como direcionar a execução de dispositivos complementares destinados a controlar e diminuir a vazão de pico até a bacia de retenção em operação.

O mapa altimétrico apresenta as variações de altitude na área de estudo, evidenciando o desnível acentuado entre o Novo Horizonte e o Barro Preto (Figura 8). Essa diferença topográfica explica a elevada velocidade do escoamento superficial e

fundamenta a necessidade de implantação de estruturas voltadas à dissipação de energia e à redução da vazão de pico.

Figura 8 – Mapa altimétrico da bacia do Córrego Barro Preto, em Mariana – MG

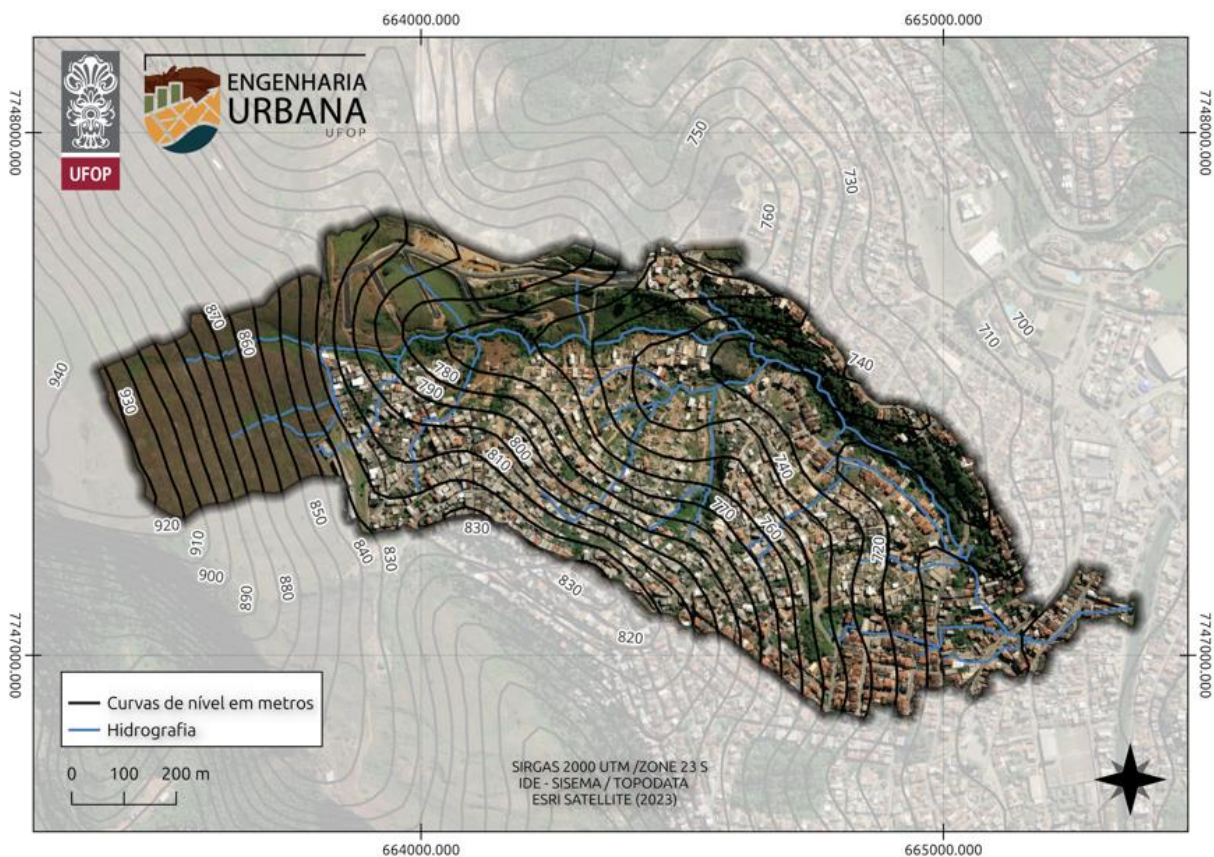


Fonte: Autoria própria (2025)

O mapa apresenta a variação altimétrica da bacia hidrográfica, com cotas variando entre 1.101 e 1.600 metros. A legenda indica as classes de altitude, permitindo identificar áreas mais elevadas e regiões de menor altitude. Essa informação é essencial para a compreensão do escoamento superficial, pois influencia diretamente o tempo de concentração, a velocidade de escoamento e as zonas de acumulação de água.

A representação das curvas de nível (Figura 9) detalha o relevo local e possibilita a identificação de áreas com maior inclinação, as quais apresentam maior potencial de escoamento superficial acelerado.

Figura 9 – Curvas de nível da bacia do Córrego Barro Preto, em Mariana – MG

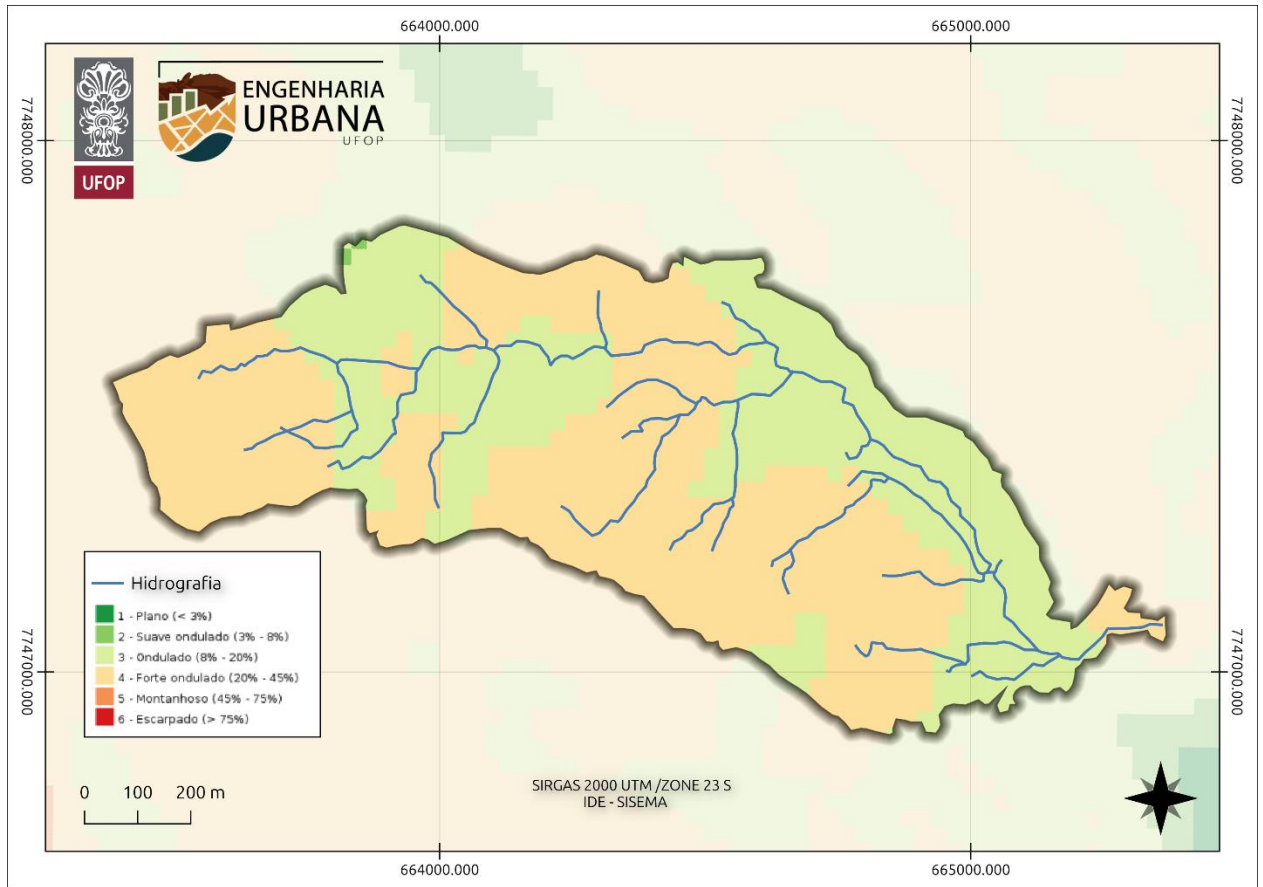


Fonte: Autoria própria (2025)

O mapa apresenta as curvas de nível da área de estudo, representadas em intervalos regulares de elevação, com cotas variando aproximadamente de 700 a 940 metros. A hidrografia, destacada em azul, indica a rede de drenagem existente. As curvas de nível permitem identificar o relevo e a declividade, informações fundamentais para a análise do escoamento superficial, definição de direções de fluxo e planejamento de intervenções destinadas a reduzir a vazão de pico afluente à bacia de retenção implantada.

Conforme destacado no mapa de declividade (Figura 10), o terreno foi classificado em diferentes faixas percentuais de inclinação, o que facilitou a análise da propensão a processos erosivos e da velocidade de escoamento superficial. As áreas de maior declividade, especialmente no bairro Novo Horizonte, requerem atenção especial quanto ao controle da vazão e à implantação de dispositivos de retenção, de modo a mitigar riscos associados ao escoamento acelerado.

Figura 10 – Declividade da bacia do Córrego Barro Preto, em Mariana – MG



Fonte: Autoria própria (2025)

O mapa apresenta a distribuição das classes de declividade na área de estudo, classificadas conforme a variação percentual da inclinação do terreno: plano (< 3%), suave ondulado (3% a 8%), ondulado (8% a 20%), forte ondulado (20% a 45%), montanhoso (45% a 75%) e escarpado (> 75%).

A hidrografia está representada em azul, permitindo a correlação entre a morfologia do relevo e a rede de drenagem. Observa-se que as regiões mais planas se concentram ao longo do leito principal e de seus afluentes, enquanto as áreas mais inclinadas localizam-se nas bordas da bacia. Essa distribuição topográfica influencia diretamente o escoamento superficial e o padrão de drenagem, sendo um fator determinante para o planejamento urbano, a prevenção de processos erosivos e a proposição de soluções sustentáveis para mitigação de alagamentos, especialmente considerando a relação entre o bairro Novo Horizonte e os impactos no bairro Barro Preto.

A bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto possui área de 0,924 km², com densidade de drenagem de 8,565 km/km², indicador de boa capacidade natural de escoamento. Entretanto, o coeficiente de forma de 0,149 revela que a bacia apresenta formato alongado, o que reduz a probabilidade de chuvas intensas incidirem simultaneamente sobre toda a sua extensão. A supressão da vegetação nativa e a ocupação das áreas de fundo de vale prejudicam o processo de infiltração, intensificando o volume de água escoado em direção ao bairro Barro Preto.

A sequência de análise prossegue com a Figura 11, que apresenta a praça central do bairro Barro Preto. Localizada em uma área mais baixa e próxima à foz do Córrego do Barro Preto.

Figura 11 – Praça central do bairro Barro Preto, em Mariana – MG



Fonte: Google imagens (2025)

Durante eventos de precipitação intensa, essa região apresenta recorrentes episódios de acúmulo de água, resultantes do escoamento superficial proveniente de áreas mais elevadas, como o bairro Novo Horizonte. A ausência de dispositivos eficazes de retenção e infiltração contribuem para o alagamento temporário do entorno, comprometendo a circulação de pedestres e veículos, bem como o uso do

espaço público. A seguir, será abordado o tema do uso e ocupação do solo, permitindo aprofundar a análise sobre os fatores que intensificam tais processos.

4.1.2. Uso e Ocupação do Solo

A forma como o solo vem sendo ocupado nas últimas décadas contribui diretamente para os problemas de drenagem. A urbanização rápida e, por vezes, desordenada, levou à impermeabilização excessiva do solo, com a construção de calçadas, ruas asfaltadas e edificações em áreas de declive (PEREIRA, 2024).

Tanto o Novo Horizonte quanto o Barro Preto sofrem com a falta de planejamento urbano adequado, o que compromete a capacidade de drenagem natural e provoca o redirecionamento inadequado das águas pluviais. A ocupação de áreas de fundo de vale, especialmente no Barro Preto, torna os moradores ainda mais vulneráveis aos efeitos das enchentes.

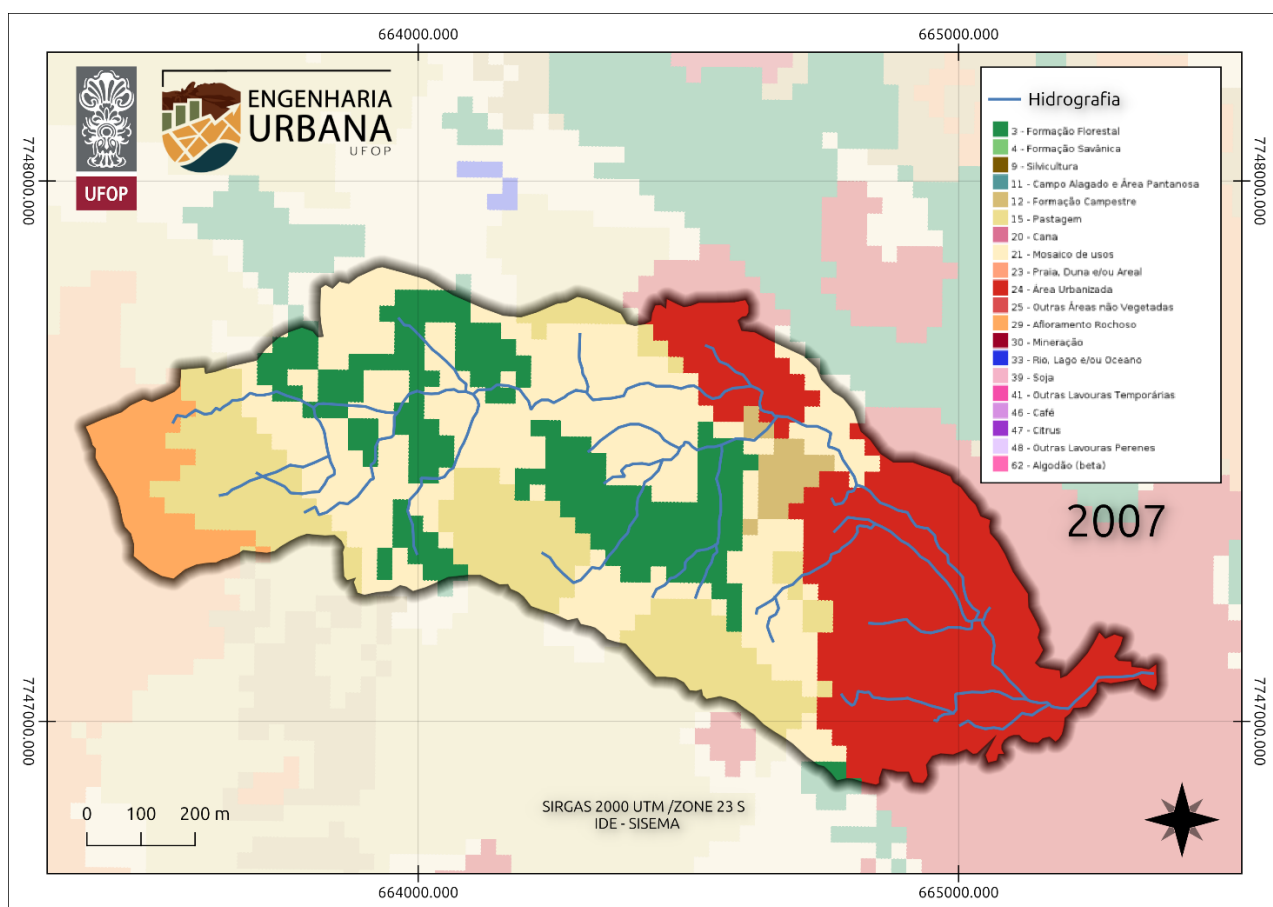
A infraestrutura de drenagem nos bairros em questão é deficiente. Estudos indicam que a urbanização acelerada na bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto, sem o devido planejamento, resultou em sistemas de macrodrenagem inadequados, incapazes de lidar com o aumento do escoamento superficial.

A ausência de sistemas de infiltração e ineficácia de bacia de retenção existente contribui para a sobrecarga das redes existentes, agravando os episódios de alagamentos, especialmente no Barro Preto.

Segundo Pereira (2024) entre 2007 e 2024, a área residencial na bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto aumentou em 255,45%, enquanto as áreas naturais diminuíram em até 71,70%. Essa expansão urbana desordenada resultou na impermeabilização do solo, reduzindo a capacidade de infiltração da água e aumentando o volume de escoamento superficial.

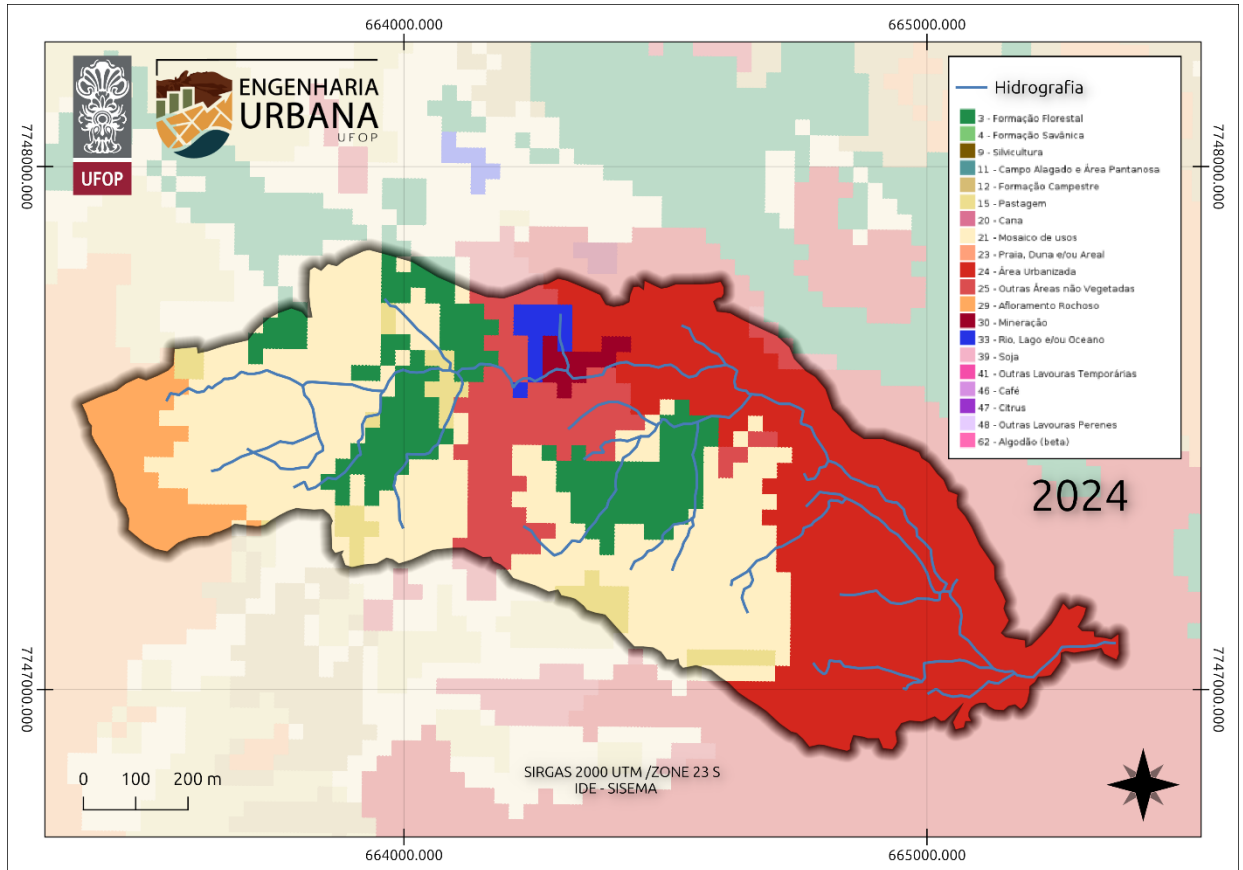
As figuras 12 e 13 representam o uso e ocupação do solo de uma mesma área nos anos de 2007 e 2024, destacando a hidrografia e as diferentes classes de cobertura identificadas na legenda.

Figura 12 – Uso e ocupação do solo da bacia do Córrego do Barro Preto, Mariana – MG, em 2007



Fonte: Autoria própria (2025)

Figura 13 – Uso e ocupação do solo da bacia do Córrego do Barro Preto, Mariana – MG, em 2024



Fonte: Autoria própria (2025)

Observa-se que em 2007, a área urbanizada, representada pela cor vermelha (código 24), estava concentrada principalmente na porção leste. Já em 2024, observa-se uma expansão significativa dessa classe em direção ao centro do mapa, substituindo áreas que anteriormente eram predominantemente de pastagem e formações vegetais. Esse avanço indica um processo de crescimento urbano e ocupação mais intensa ao longo de pouco menos de duas décadas.

Outro ponto marcante é o aparecimento e a expansão da mineração (azul – código 30), inexistente em 2007 e, em 2024, presente de forma expressiva na região central-norte, sugerindo abertura de áreas para atividade minerária e impactos diretos na cobertura vegetal e no regime hidrológico. Além disso, nota-se uma redução considerável da formação florestal e savânica (verde – códigos 3 e 4), principalmente nas regiões centrais e ao norte, substituídas por áreas urbanizadas, de mineração ou outras não vegetadas, o que evidencia a fragmentação e possível degradação dos

ecossistemas naturais, corroborando os dados de Pereira (2024) e evidenciando o agravamento do problema de escoamento superficial.

As áreas não vegetadas (rosa claro/vermelho claro – código 25), que antes eram restritas, expandiram-se em 2024, ocupando locais anteriormente cobertos por pastagem e vegetação, geralmente associadas a solo exposto, obras e mudanças recentes no uso da terra. As áreas de pastagem (amarelo – código 15) se mantiveram presentes, mas com redução na porção central e leste, cedendo espaço para a urbanização e mineração.

Essas alterações trazem implicações ambientais importantes, como o aumento do escoamento superficial e do risco de enchentes, devido à substituição de áreas vegetadas por superfícies impermeáveis, a perda de biodiversidade provocada pela fragmentação e redução das formações vegetais naturais, impactos na qualidade da água pela proximidade da mineração e áreas não vegetadas aos cursos d'água e a maior pressão sobre os recursos hídricos em função do crescimento urbano e das atividades extrativas.

A ocupação de áreas de risco e a escassez de áreas verdes agravam a problemática urbana, tornando indispensável a implementação de políticas de uso e ocupação do solo que priorizem a sustentabilidade e a resiliência urbana. Esse cenário se intensifica diante do avanço acelerado da urbanização sem planejamento adequado, o que gera impactos diretos no regime hidrológico local, como o aumento do escoamento superficial e da ocorrência de alagamentos, exigindo a adoção de políticas públicas voltadas à contenção da expansão desordenada e à requalificação urbana.

O período de chuvas mais intensas, compreendido entre os meses de novembro e março, coincide com os registros mais críticos de alagamentos na região. A ausência de cobertura vegetal e o elevado grau de compactação dos solos reduzem significativamente a capacidade de absorção, tornando urgente a adoção de técnicas compensatórias de drenagem.

As figuras 14 e 15 apresentam os danos ocasionados pelas chuvas ocorridas nos dias 21 e 22 de fevereiro de 2021, que registraram média pluviométrica de 75 mm.

Figura 14 – Danos ocasionados por alagamento no bairro Barro Preto, Mariana – MG, em 22 de fevereiro de 2021.



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 15 – Resíduos e danos em via pública no bairro Barro Preto, Mariana – MG, após alagamento de 22 de fevereiro de 2021.



Fonte: Autoria própria (2021)

De acordo com Pereira (2024), a análise morfométrica da bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto evidenciou um aumento expressivo nas áreas impermeabilizadas entre 2007 e 2024, o que resultou em uma ampliação significativa do escoamento superficial. O autor destaca ainda que a perda de vegetação e a ocupação de áreas próximas aos cursos d'água têm causado a redução da capacidade de infiltração do solo, agravando os eventos de enchentes e alagamentos nos períodos chuvosos.

Um elemento adicional que deve ser considerado na análise físico-ambiental é o conceito de "serviços ecossistêmicos hídricos", ou seja, os benefícios fornecidos pelos ecossistemas naturais ao ciclo hidrológico urbano. A perda de áreas de vegetação nas partes altas da bacia hidrográfica, como o bairro Novo Horizonte,

compromete esses serviços, reduzindo a infiltração e o armazenamento de água no solo.

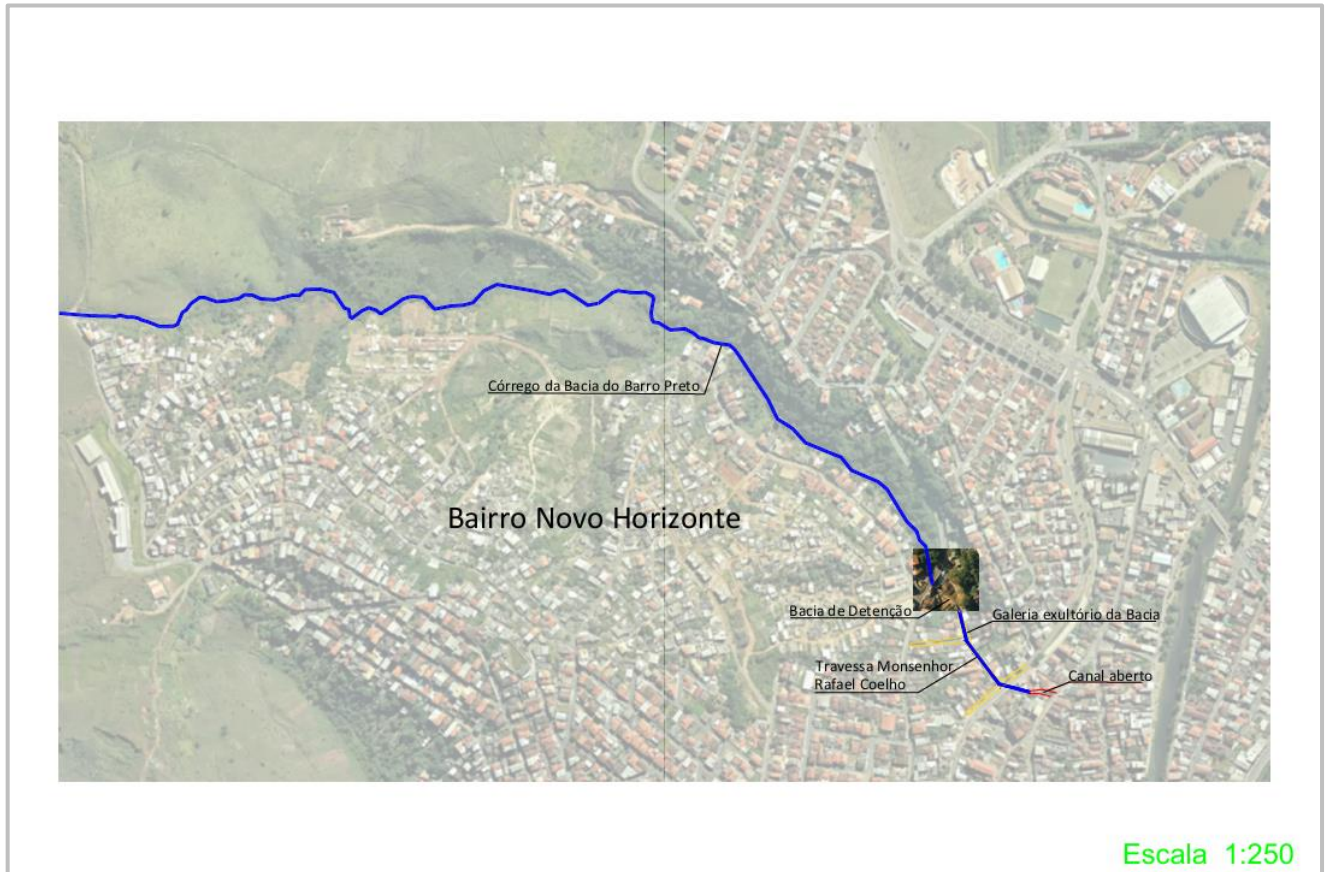
Além disso, estudos geotécnicos recentes demonstram que os solos da região de Mariana, especialmente nas porções elevadas, apresentam suscetibilidade a processos erosivos, o que contribui para o assoreamento dos canais de drenagem no Barro Preto (SILVA et al., 2023). A erosão superficial pode ser agravada pelo aumento da declividade nas áreas não pavimentadas e pela ausência de cobertura vegetal.

A abordagem morfométrica pode ser complementada pela análise de parâmetros como o índice de circularidade e o tempo de concentração, os quais influenciam diretamente o comportamento hidrológico da bacia. A integração de dados de SIG (Sistemas de Informações Geográficas) com modelagem hidrodinâmica pode permitir uma representação mais precisa da dinâmica de escoamento e apontar pontos críticos de inundação (SILVA et al., 2021). Essa perspectiva teórica encontra correspondência prática nos eventos recentes registrados em Mariana, onde a ocorrência de chuvas intensas evidenciou a vulnerabilidade da infraestrutura urbana e a necessidade de medidas de mitigação.

Em 2025, foi implantada uma bacia de retenção e amortecimento na bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto, com o objetivo de reduzir os impactos das chuvas intensas na região. Contudo, em 24 de janeiro de 2026, a cidade de Mariana (MG) foi atingida por um temporal de grande intensidade. Segundo a Prefeitura e a Defesa Civil, em apenas 30 minutos choveu cerca de 30 milímetros, o que corresponde a aproximadamente 30 litros de água por metro quadrado. Esse volume excepcional provocou o transbordamento do Ribeirão do Carmo, ocasionando alagamentos em diversos pontos da cidade, incluindo o bairro Barro Preto, especificamente na Travessa Monsenhor Rafael Coelho, onde moradores ficaram ilhados e houve prejuízos à circulação urbana. O INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) já havia emitido aviso de perigo para a região, reforçando o caráter extremo do evento pluviométrico (G1, 2026; O TEMPO, 2026; INMET, 2026).

A Figura 16 apresenta a localização da Travessa Monsenhor Rafael Coelho, principal ponto de ocorrência de alagamentos no bairro Barro Preto, bem como a localização da bacia de retenção implantada, da galeria de exutório e do canal aberto que compõem o sistema de drenagem da área.

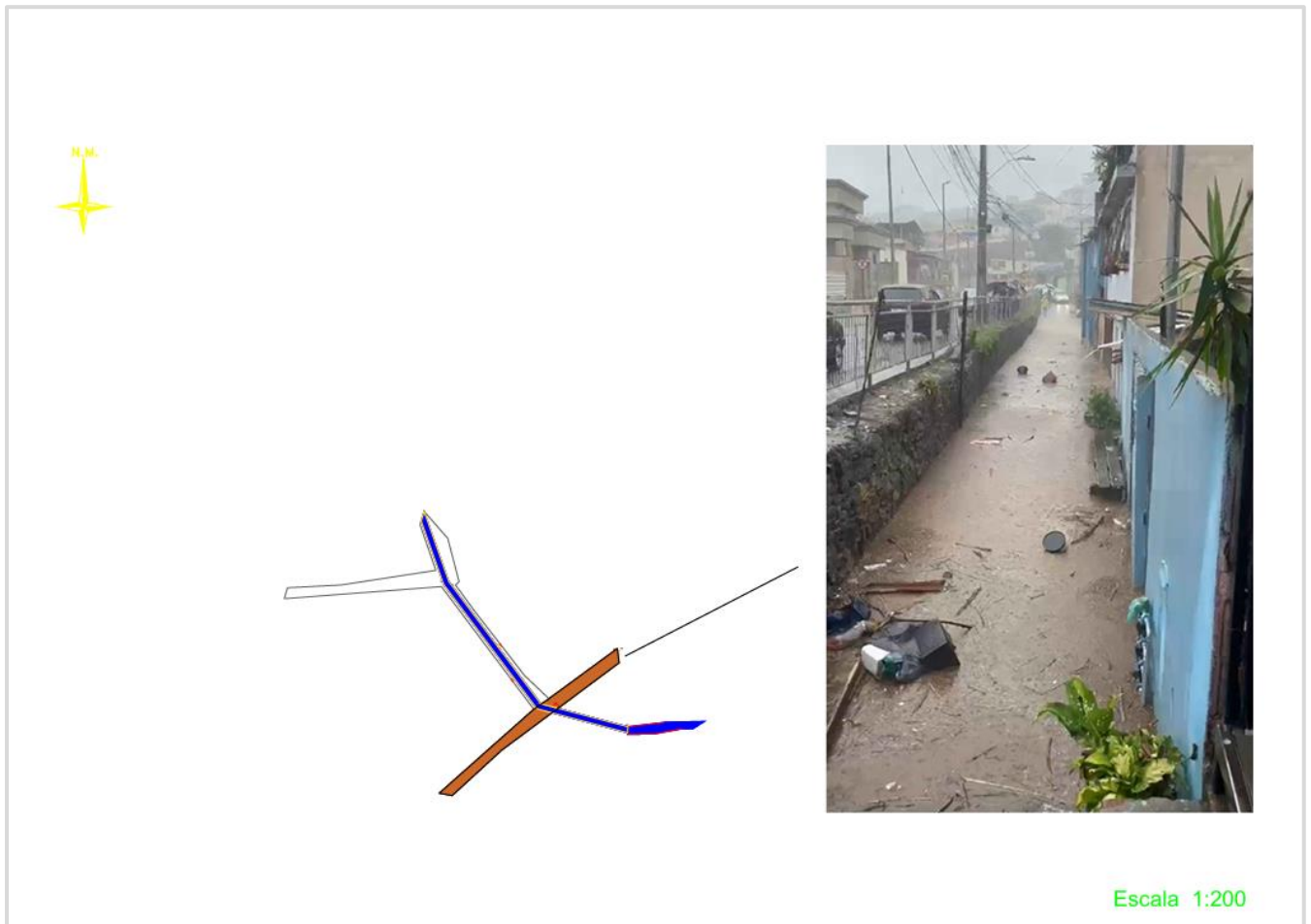
Figura 16 – Localização da Travessa Monsenhor Rafael Coelho e das estruturas do sistema de drenagem no bairro Barro Preto, Mariana – MG.



Fonte: Aatoria Própria (2026)

As figuras a seguir mostram ruas alagadas em Mariana, com veículos parcialmente submersos e moradores ilhados. O registro visual reforça os impactos imediatos da chuva sobre a mobilidade urbana e a vulnerabilidade das áreas mais baixas, como o bairro Barro Preto.

Figura 17 – Alagamento na Travessa Monsenhor Rafael Coelho, no bairro Barro Preto, Mariana – MG, em 24 de janeiro de 2026.



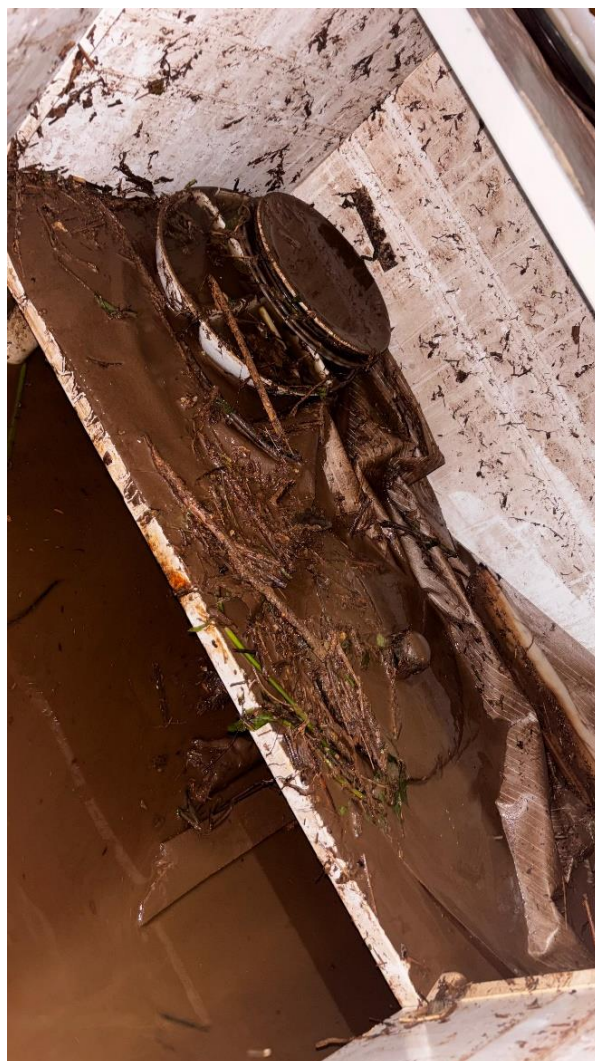
Fonte: DDronne (2026)

Figura 18 – Veículo parcialmente submerso na Travessa Monsenhor Rafael Coelho, no bairro Barro Preto, Mariana – MG, em 24 de janeiro de 2026.



Fonte: DDronne (2026)

Figura 19 – Imóveis atingidos devido alagamento no bairro Barro Preto, Mariana – MG, em 24 de janeiro de 2026.



Fonte: DDronne (2026)

Figura 20 – Água adentrando residências durante alagamento no bairro Barro Preto, Mariana – MG, em 24 de janeiro de 2026.



Fonte: DDronne (2026)

As fotografias registradas durante os eventos de chuva intensa em Mariana evidenciam os impactos diretos da precipitação sobre o espaço urbano. Em algumas delas, observa-se o nível da água atingindo ruas, praças e residências, comprometendo a mobilidade de pedestres e veículos. Outras imagens mostram a água adentrando casas, revelando a vulnerabilidade das construções localizadas em áreas mais baixas e próximas ao curso do Córrego do Barro Preto.

O poder público declarou que a bacia de retenção e amortecimento implantada no bairro Morada do Sol contribuiu para evitar que os alagamentos fossem ainda mais severos. Entretanto, constata-se que, apesar dessa medida, a infraestrutura de

drenagem urbana permaneceu insuficiente diante da magnitude do evento, revelando fragilidades no planejamento territorial e a necessidade de estratégias mais integradas de gestão hídrica e ocupação do solo. Esses registros visuais reforçam a gravidade dos alagamentos e a insuficiência das medidas de drenagem existentes.

A ocupação dessas áreas, muitas vezes em zonas de várzea ou fundos de vale, decorre de fatores como a disponibilidade de terrenos mais acessíveis, ausência de fiscalização adequada e pressão pelo crescimento urbano. No entanto, tais locais apresentam maior suscetibilidade a inundações, colocando em risco a segurança da população e a integridade das edificações. A análise das imagens, portanto, não apenas documenta os efeitos imediatos das chuvas, mas também evidencia a necessidade de políticas públicas voltadas para o planejamento territorial, a gestão da drenagem urbana e a promoção de alternativas habitacionais em áreas menos vulneráveis.

Nesse sentido, a análise da ocupação urbana deve considerar, também, os fatores socioeconômicos que influenciam a escolha de áreas de moradia situadas em regiões de risco. No caso do bairro Barro Preto, observam-se evidências de adensamento populacional em áreas suscetíveis a inundações, associado ao baixo valor da terra e à insuficiência de fiscalização urbanística. Tal contexto exemplifica um padrão recorrente de vulnerabilidade socioambiental verificado em cidades médias brasileiras.

Adicionalmente, a ausência de planejamento territorial dentro da zona ocupada impede a criação de áreas de amortecimento hidrológico e corredores verdes, que são essenciais para o controle das vazões urbanas. Entretanto, segundo Silva et al. (2023), a incorporação de zonas de infiltração e faixas vegetadas ao longo dos fundos de vale pode reduzir em até 40% os volumes de escoamento superficial.

A ocupação do solo deve ser analisada com base na integração entre o Plano Diretor e o Plano de Drenagem Urbana, o que nem sempre ocorre de forma efetiva. A falta de articulação entre os instrumentos de planejamento e a gestão da água é um dos principais entraves à resiliência urbana. Por isso, recomenda-se a implementação do conceito de “Cidade Sensível à Água” (Water Sensitive Urban Design - WSUD), que propõe a integração entre urbanismo, infraestrutura e sustentabilidade hídrica (Wong; Brown, 2009).

4.1.3. Infraestrutura Urbana

A infraestrutura de drenagem existente no bairro Novo Horizonte é restrita, com sistemas de captação insuficientes ou, em alguns casos, inexistentes frente à demanda atual. As vias carecem de bocas de lobo em quantidade adequada, as galerias pluviais e bacia de retenção implantada não suportam a demanda gerada por chuvas intensas.

No bairro Barro Preto, os problemas relacionados à drenagem urbana se intensificam devido ao elevado volume de água proveniente do bairro Novo Horizonte. A ausência de uma infraestrutura integrada entre as duas localidades contribui para o acúmulo de águas pluviais e para a ocorrência frequente de alagamentos, os quais impactam diretamente a mobilidade urbana, a saúde pública e a segurança dos moradores. A situação é agravada pelo fato de o bairro estar localizado em uma área de baixa cota da bacia hidrográfica, onde há escassez de pontos de escoamento eficientes.

Segundo Pereira (2024), o canal situado na Travessa Monsenhor Rafael Coelho já apresenta extravasamento em eventos de precipitação com tempo de retorno de apenas dez anos, evidenciando a baixa capacidade de suporte do sistema existente. Além disso, a falta de manutenção preventiva, como o desassoreamento e a limpeza periódica dos canais, compromete ainda mais a eficiência hidráulica da rede de drenagem.

O estudo hidrológico e hidráulico de Pereira (2024) identificou falhas críticas na macrodrenagem do Barro Preto, como a ausência de estruturas para amortecimento de vazão e bacias de contenção. Constatou-se ainda que as redes existentes não foram dimensionadas para os volumes atuais de precipitação e escoamento, resultando em sobrecarga e inundações recorrentes (PEREIRA, 2024).

Com o intuito de reduzir a ocorrência de alagamentos e inundações, a Prefeitura Municipal de Mariana implantou, em 2025, uma bacia de retenção e amortecimento na bacia hidrográfica do Córrego Barro Preto, localizada no bairro Morada do Sol (Figuras 21 e 22), como medida preventiva frente às chuvas intensas que frequentemente atingem a região. No entanto, em 24 de janeiro de 2026, a cidade foi novamente afetada por um evento pluviométrico de grande intensidade, que resultou no transbordamento do Ribeirão do Carmo. Nesse episódio, os moradores do bairro Barro Preto voltaram a enfrentar os impactos das chuvas, sofrendo com

Figura 22 – Bacia de retenção e amortecimento do Córrego do Barro Preto, Mariana – MG.



Fonte: Diário de Ouro Preto (2025)

A bacia de retenção e amortecimento implantada no local não apresentou o desempenho esperado em termos de controle de cheias, pois foi implementada para minimizar os impactos da chuva na Travessa Monsenhor Rafael Coelho, porém a respectiva área a jusante voltou a ser afetada pelas inundações e alagamentos, conforme já destacado. Essa insuficiência reforça a percepção de que a abordagem tradicional de drenagem urbana, centrada na rápida remoção das águas pluviais, tem se mostrado ineficaz diante das novas demandas urbanas e climáticas. Diante desse cenário, destaca-se o conceito de Drenagem Urbana Sustentável (DUS), que prioriza a retenção, detenção e infiltração da água no local de precipitação, reduzindo o volume escoado e controlando melhor a vazão (TUCCI, 2017).

Para os bairros analisados, recomenda-se a adoção de técnicas de drenagem sustentável, como jardins de chuva, pavimentos permeáveis e telhados verdes, que já apresentam resultados positivos em contextos urbanos semelhantes. Essas áreas caracterizam-se por elevada impermeabilização do solo, com intensa cobertura de concreto e asfalto, o que resulta em altos coeficientes de escoamento superficial e sobrecarga nas redes convencionais de drenagem. Nesse contexto, tais soluções, quando integradas aos sistemas de micro e macrodrenagem, contribuem para a redução dos picos de vazão, para a mitigação dos impactos de enchentes e eventos extremos, além de promoverem melhorias na qualidade da água e na valorização do espaço urbano (ANDRADE et al., 2020).

De acordo com Canholi (2005) e Tucci (2007), o sistema de microdrenagem, composto por sarjetas, bocas de lobo, ramais de ligação e poços de visita, conduz as águas pluviais das áreas pavimentadas até a macrodrenagem. A ausência ou o subdimensionamento desses dispositivos compromete a capacidade de escoamento e sobrecarrega os canais principais.

Conforme Tucci (2004), uma medida técnica relevante para a gestão da drenagem urbana refere-se às bacias de amortecimento, estruturas projetadas para armazenar temporariamente parte do volume escoado durante eventos de precipitação intensa. Esse dispositivo promove o retardamento do escoamento superficial e permite a liberação gradual da água para jusante, contribuindo para a redução dos picos de vazão no sistema de drenagem.

Evidencia-se, assim, a necessidade de implantação de novas bacias de amortecimento a montante, de modo a complementar a capacidade da bacia de retenção implantada e garantir maior eficiência no controle das cheias, contribuindo para a redução dos impactos negativos que afetam a população do Barro Preto.

Destaca-se ainda a importância da governança referente a infraestrutura. Muitas vezes, a manutenção dos sistemas de drenagem é fragmentada entre diferentes órgãos, dificultando ações coordenadas. Segundo estudos do IBGE (IBGE, 2021), a criação de unidades gestoras específicas para drenagem urbana podem aprimorar a coordenação das ações e aumentar a eficiência dos investimentos.

Nesse contexto, torna-se imprescindível avançar para novos conceitos de drenagem urbana, integrados ao planejamento urbano e sustentados por uma gestão pública eficiente, capazes de promover soluções sustentáveis que conciliem eficiência hidráulica e qualidade de vida da população.

4.2. PROPOSIÇÃO DE SOLUÇÕES DE DRENAGEM: BASEADAS EM ÁREAS MULTIFUNCIONAIS DE ARMAZENAMENTO TEMPORÁRIO E CONVENCIONAL

A proposição de soluções baseadas em áreas multifuncionais de armazenamento temporário parte da necessidade de integrar o manejo das águas pluviais ao espaço urbano de maneira inovadora. A ideia é transformar locais estratégicos em estruturas capazes de acumular o excesso de água durante períodos de chuva intensa e, em contrapartida, oferecer áreas de lazer e convivência em

períodos de estiagem. Essa abordagem busca unir eficiência hidráulica e benefícios sociais diante dos desafios ambientais.

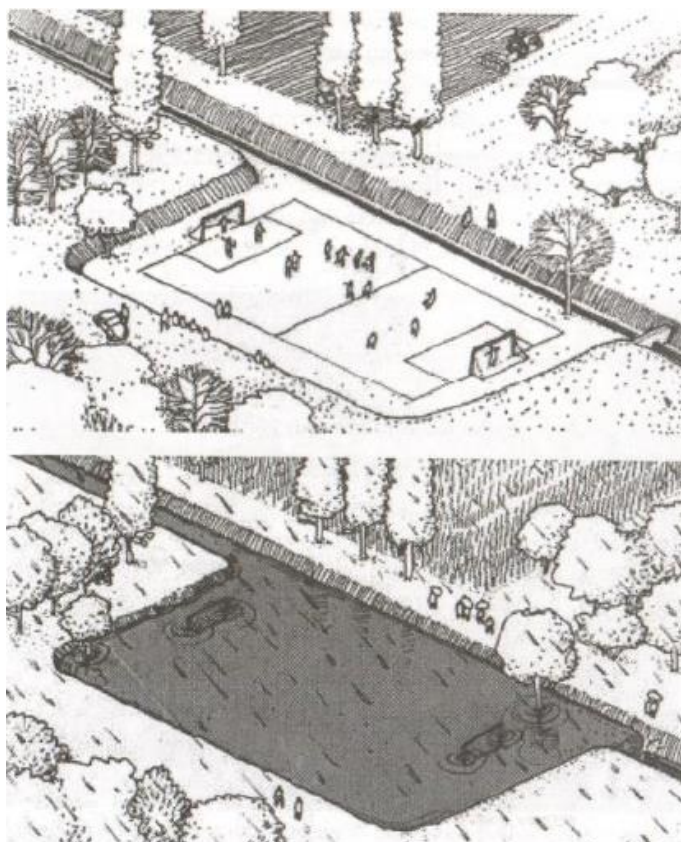
4.2.1. Praça Multifuncional Alagável

De acordo com Mascaró e Yoshinaga (2004), os primeiros estudos sobre a acumulação de água em áreas urbanas, voltados ao controle de enchentes como técnica de drenagem, foram desenvolvidos por técnicos franceses que atuavam como assessores em planejamento urbano. Após 1975, esses especialistas publicaram o *Manual d'urbanisme pour les pays en développement*, cujo volume intitulado *Les infrastructures* consolidou diretrizes fundamentais para a infraestrutura urbana e para o manejo das águas pluviais¹.

Segundo Mascaró e Yoshinaga (2004), foram apontadas duas variantes da acumulação de água por meio de bacias de estocagem: as bacias de acumulação com água, que funcionam como lagos permanentes de recreação urbana, mantendo um nível mínimo de água nos períodos de estiagem; e as bacias de acumulação sem água, nas quais, durante a estiagem, não há armazenamento hídrico, permitindo usos diversos do espaço nesse período, conforme apresentado na Figura 23.

¹ *Manual d'urbanisme pour les pays en développement* [Manual de urbanismo para os países em desenvolvimento]; *Les infrastructures* [As infraestruturas].

Figura 23 – Representação de bacia de acumulação sem água, durante a estiagem e no período de cheia.



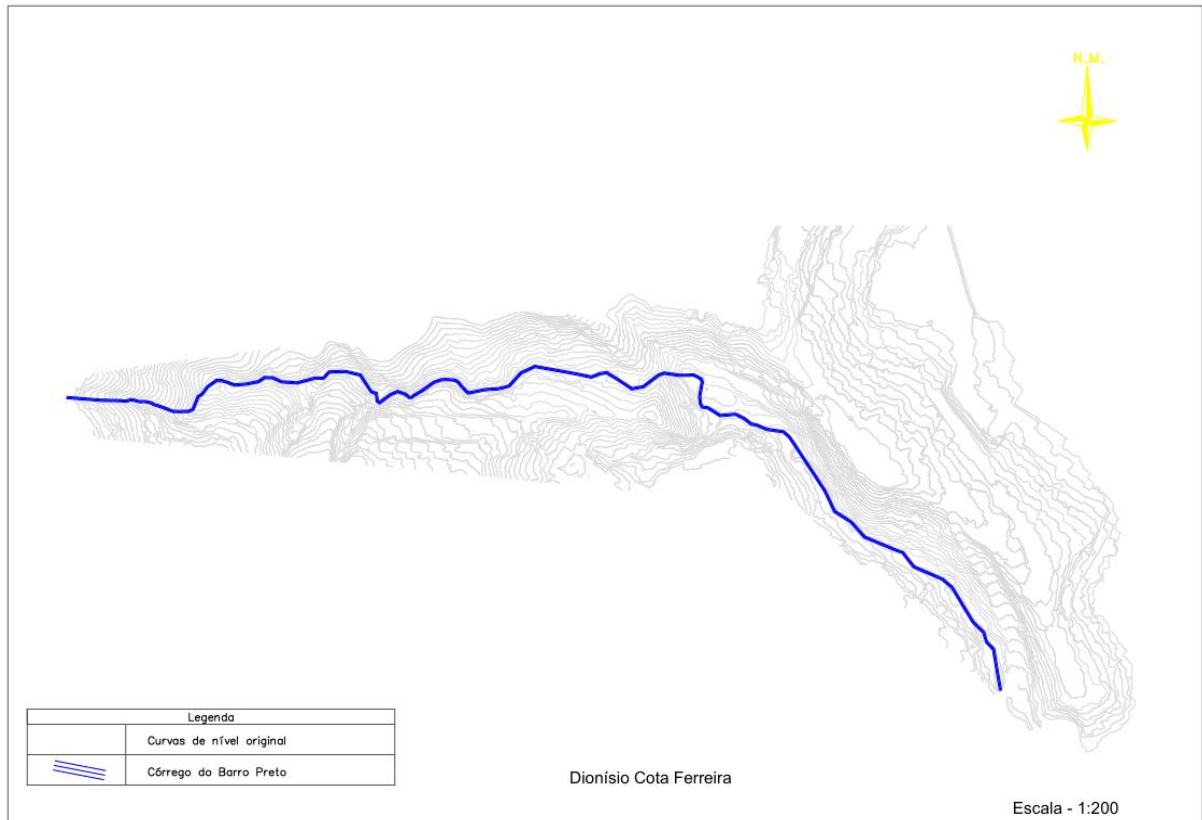
Fonte: MASCARÓ (1986), apud MASCARÓ; YOSHINAGA (2004).

A praça multifuncional alagável da Bacia do bairro Barro Preto proposta é um exemplo de bacia de acumulação sem água, concebida para unir os benefícios sociais de um espaço público com o manejo inteligente das águas pluviais, um dos principais problemas enfrentados pelo bairro. Durante os períodos de estiagem, o espaço pode ser utilizado para lazer e convivência, enquanto nas cheias funciona como área de detenção temporária, contribuindo para o controle de alagamentos e enchentes. O projeto prevê espaços de integração com áreas verdes, pavimentos permeáveis, jardim alagável, equipamentos de lazer e espaços destinados a atividades físicas, de modo a garantir a multifuncionalidade do espaço e suprir uma carência existente no bairro, que até então não dispõe de áreas públicas qualificadas para recreação e convivência comunitária.

Para elaboração da proposta, utilizou-se inicialmente o software *AutoCAD®* com o objetivo de analisar e manipular os arquivos fornecidos pela Prefeitura Municipal de Mariana, referente as curvas de nível originais da área de estudo,

conforme apresentado na Figura 24. As representações gráficas desenvolvidas podem ser visualizadas de forma mais detalhada no Apêndice A.

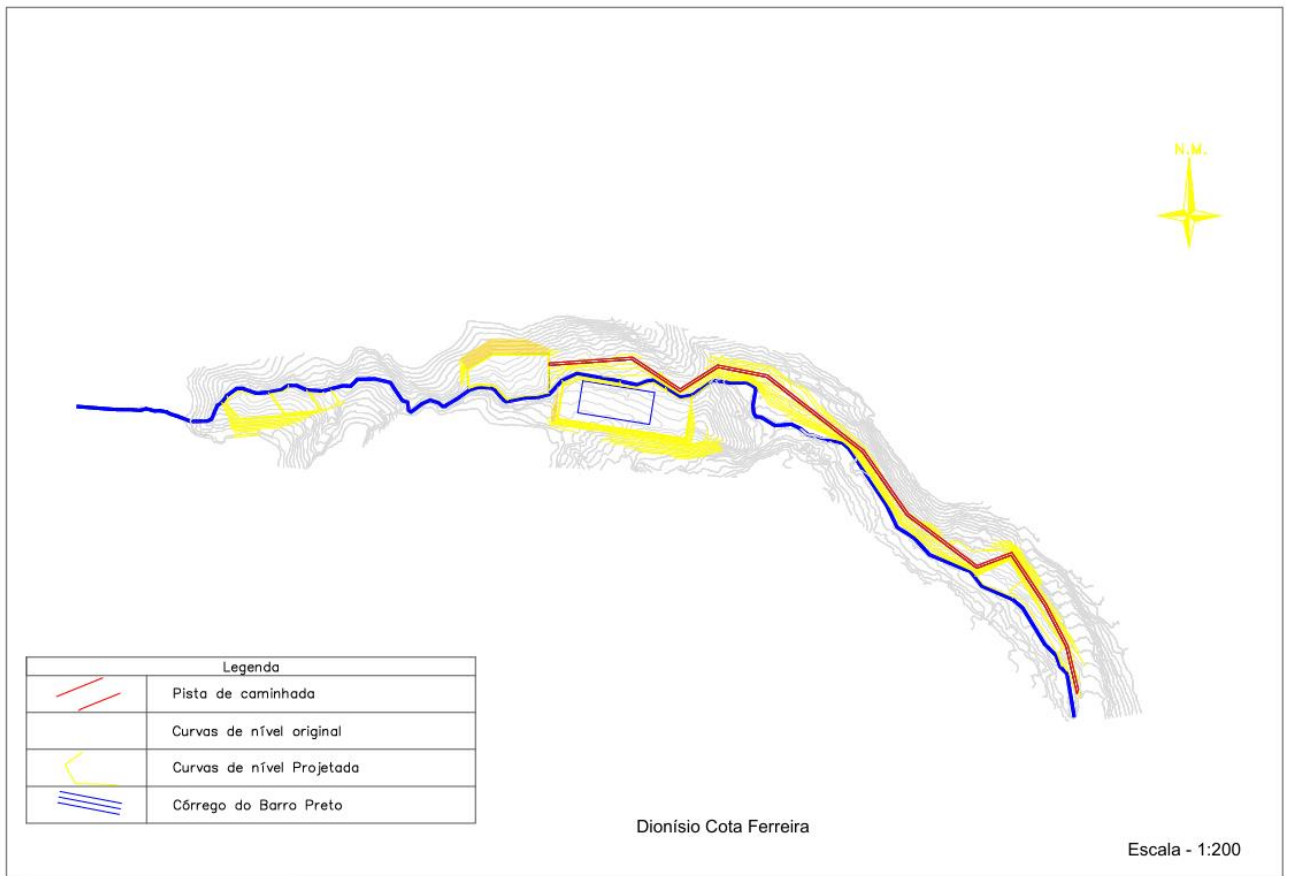
Figura 24 – Curvas de Nível Originais



Fonte: Autoria Própria (2026)

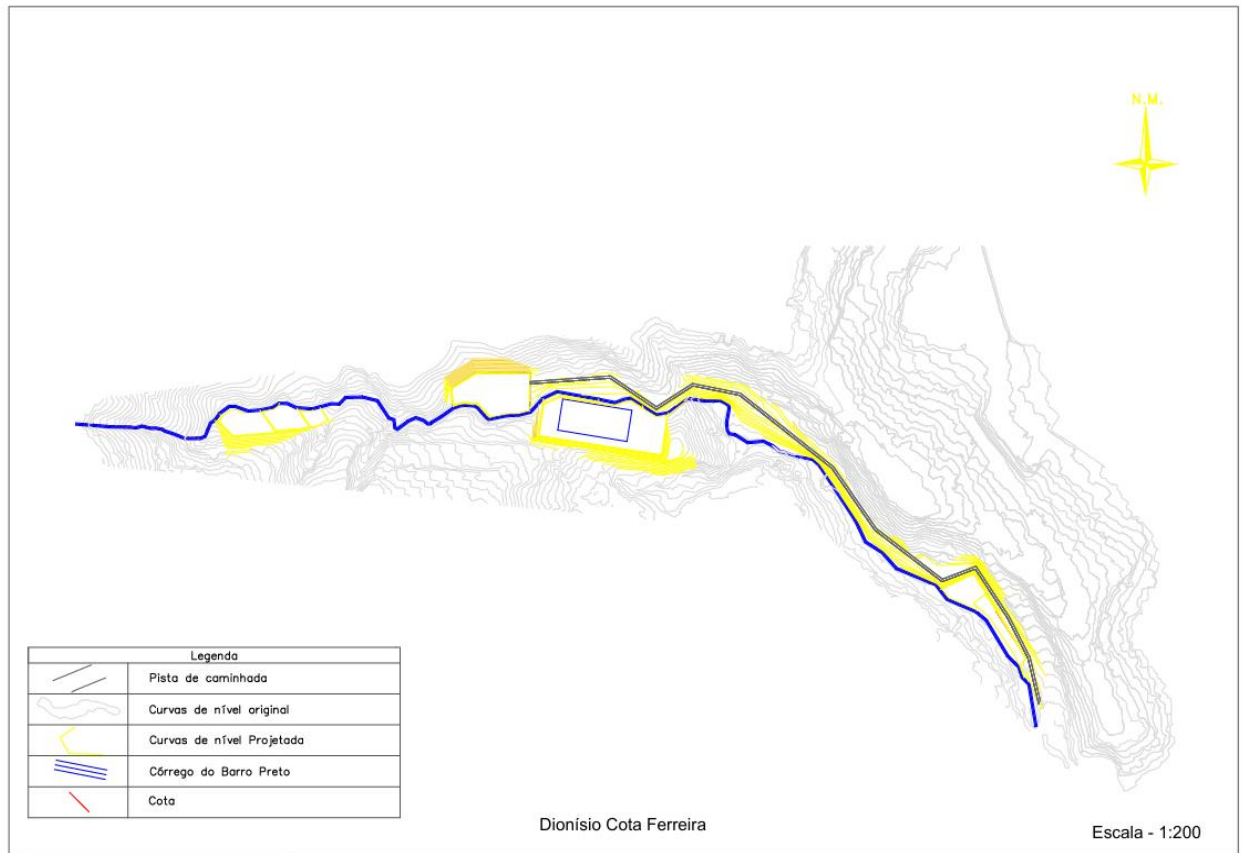
Por meio das curvas de nível foi efetuada a análise da declividade do Córrego da Bacia do Barro Preto, possibilitando a definição dos locais mais indicados para a implantação das praças alagáveis e da pista de caminhada. Concluída a etapa de análise e definição, realizou-se a manipulação das curvas de nível com vistas à criação dos espaços, garantindo adequada disposição e eficácia da proposta hidráulica. A Figura 25 evidencia a transição entre as curvas de nível originais e as projetadas, e a Figura 26 demonstra a disposição das curvas de nível projetadas.

Figura 25 – Movimentação das Curvas de Nível – Originais e Projetadas



Fonte: Autoria Própria (2026)

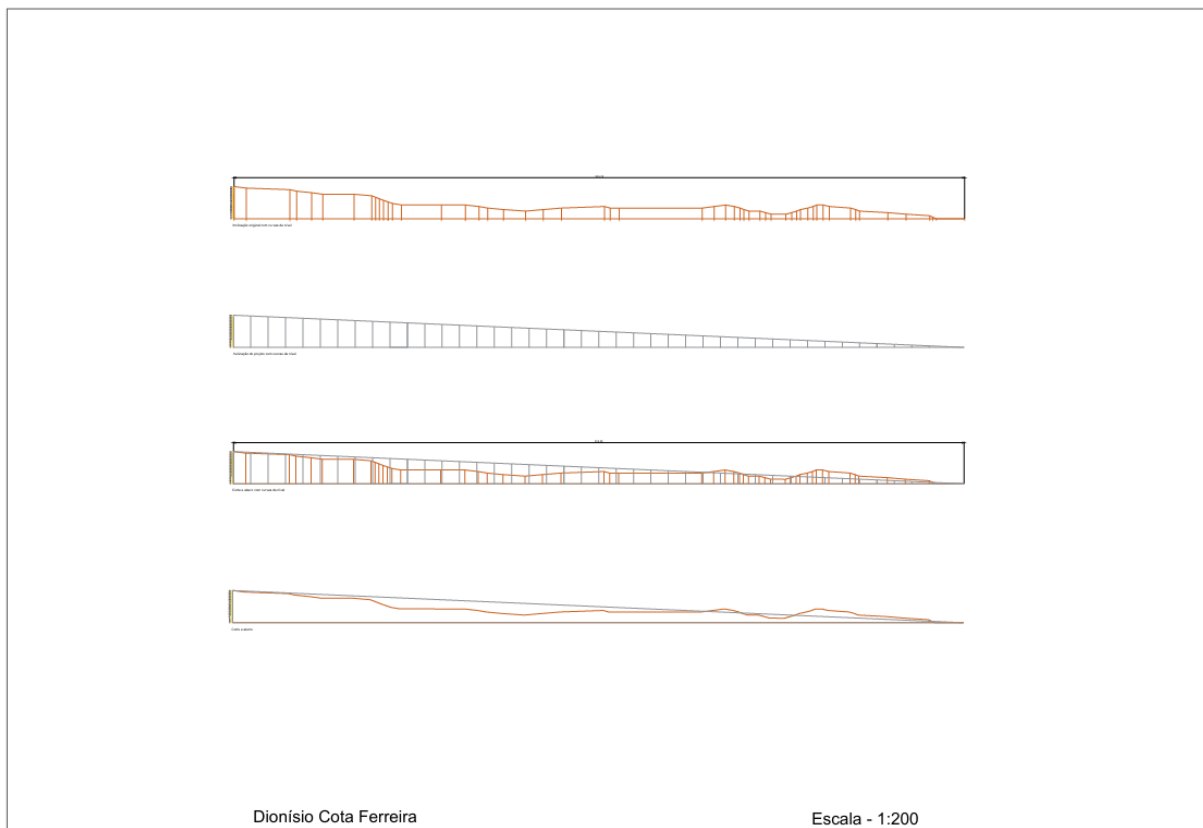
Figura 26 – Curvas de Nível Projetadas



Fonte: Autoria Própria (2026)

O Córrego do Barro Preto manteve sua declividade natural. Já a pista de caminhada foi projetada com declividade uniforme, sendo necessário cortes e aterros ao longo do percurso, conforme Figura 27.

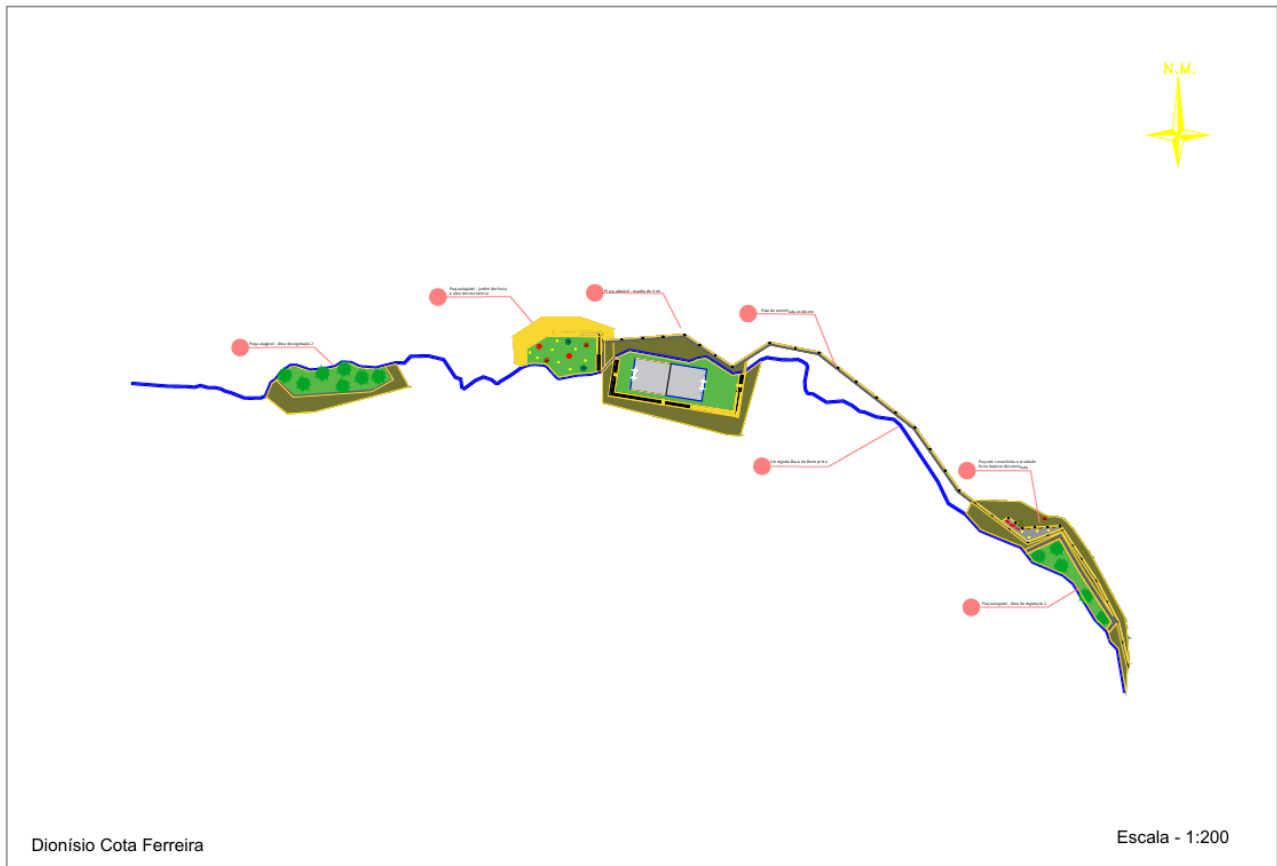
Figura 27 – Corte Longitudinal da Pista de Caminhada – Original e Proposta



Fonte: Autoria Própria (2026)

A Figura 28 evidencia a visão geral da proposta, destacando os espaços devidamente definidos.

Figura 28 – Área Geral da Intervenção à Montante



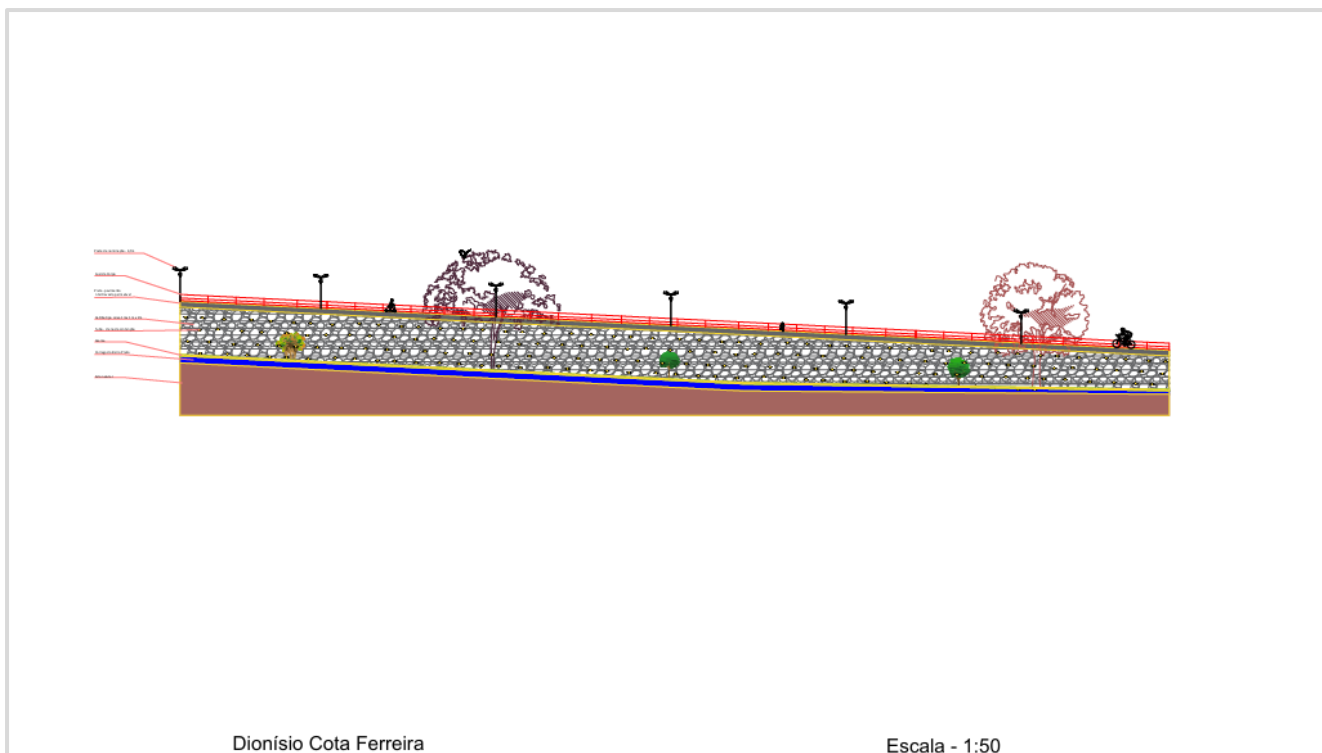
Fonte: Aatoria Própria (2026)

Propõe-se a implantação de quatro praças alagáveis, sendo duas destinadas prioritariamente à vegetação. A praça alagável 1 com aproximadamente 2.500 m² (Figura 29), praça alagável 4 com aproximadamente 3.800 m², funcionam como áreas de infiltração e detenção das águas pluviais, além de favorecer o equilíbrio ecológico e a valorização paisagística.

As outras duas praças são projetadas como espaços multifuncionais, voltados ao uso comunitário, e incluem a implantação de diferentes equipamentos e estruturas que favorecem o lazer, a prática de atividades físicas e o convívio social. A praça alagável 2, a maior entre elas, com aproximadamente 7.600 m², onde está proposta a quadra de areia. Já a praça alagável 3 possui aproximadamente 3.500 m², conta com área de convivência e jardim de chuva. Entre os elementos previstos destacam-se uma pista de caminhada integrada e academia ao ar livre, compondo um ambiente

inclusivo e diversificado, capaz de atender diferentes faixas etárias e promover a integração da população.

Figura 29 – Perfil da Praça Alagável 1 – Área de Vegetação

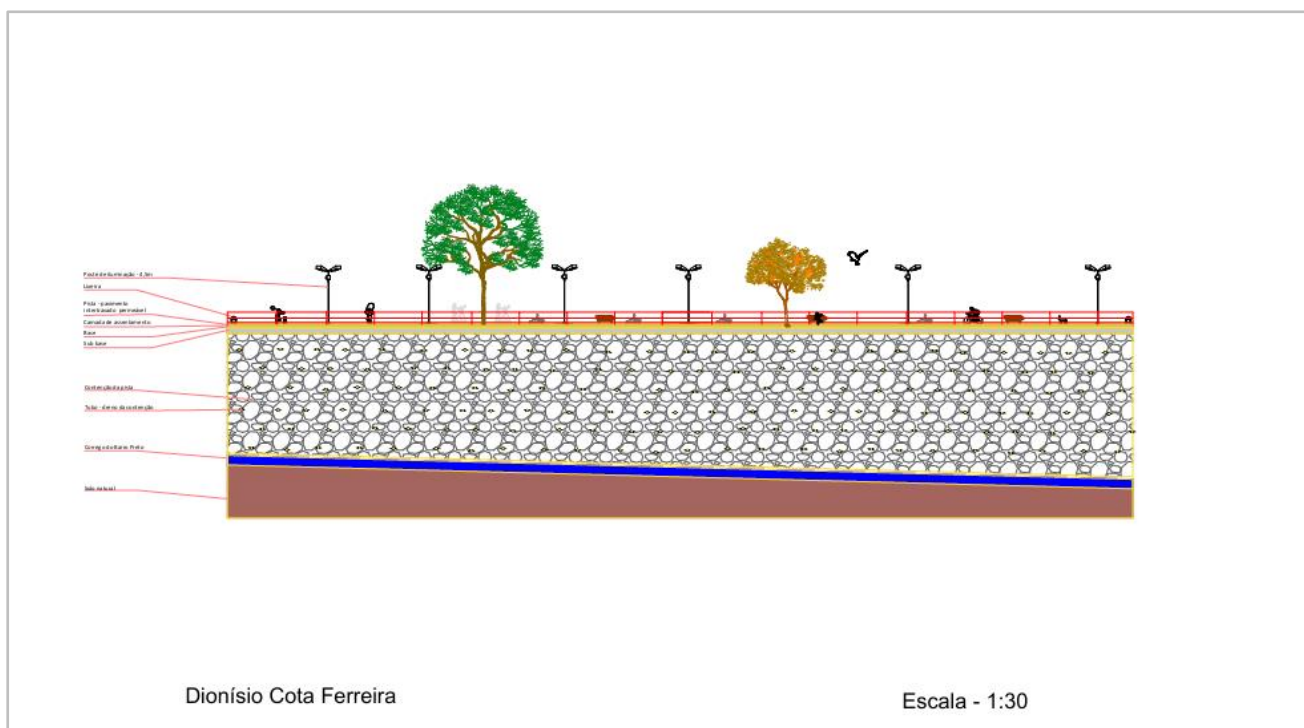


Fonte: Autoria Própria (2026)

Observa-se o perfil da praça alagável vegetada (Figura 29), paralela à pista de caminhada que possui uma cota mais elevada em relação a praça.

A Figura 30 apresenta o perfil da praça de convivência, integrada à área destinada à atividade física junto à pista de caminhada.

Figura 30 – Perfil da Praça de Convivência e Atividade Física da Pista de Caminhada

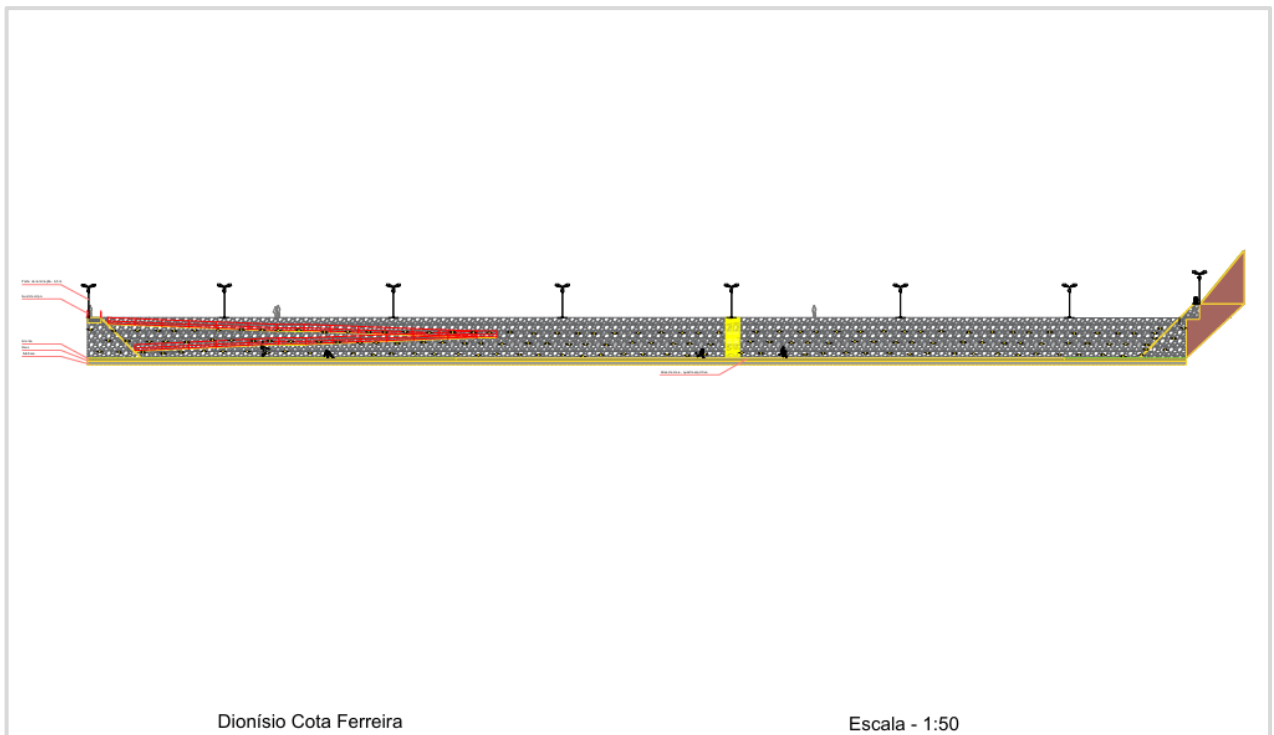


Fonte: Autoria Própria (2026)

A pista de caminhada (Figura 30) foi proposta com uma praça equipada com aparelhos de ginástica ao ar livre, destinada a incentivar hábitos saudáveis, oferecendo condições adequadas e seguras para caminhadas, corridas leves e passeios de bicicleta. A referida praça não tem função de retenção das águas pluviais como as demais. Entretanto, na praça e pista de caminhada, a proposta é utilizar pavimento intertravado permeável, com camadas de base e sub-base, como uma medida eficaz para promover a infiltração da água da chuva e reduzir os impactos da impermeabilização urbana. Em estudos realizados por Acioli (2005), esses dispositivos atuam diretamente na fonte do escoamento superficial, recuperando a capacidade natural de armazenamento do solo e aproximando suas condições às existentes antes da urbanização. Dessa forma, além de contribuir para o amortecimento dos picos de cheia na jusante da bacia, os pavimentos permeáveis favorecem a recarga hídrica e auxiliam no controle de alagamentos e enchentes (ACIOLI, 2005).

Ao longo da pista de caminhada, encontra-se uma ponte que dá acesso a primeira praça multifuncional, na qual está situada a Quadra de Areia. A Figura 31 apresenta o perfil 1 da praça alagável 2.

Figura 31 – Perfil 1 da Praça Alagável 2 – Quadra de Areia



Fonte: Autoria Própria (2026)

A implantação da quadra de areia configura-se como uma proposta de infraestrutura urbana voltada ao lazer e à prática de atividades físicas. O acesso às duas praças alagáveis multifuncionais, áreas de convivência e quadra de areia, será garantido por meio de rampas de acessibilidade, projetadas em conformidade com a ABNT NBR 9050:2020 (ABNT, 2020), assegurando condições adequadas de circulação, segurança e conforto para pessoas com deficiência. As duas praças multifuncionais contam também com postes de iluminação, que possibilitam a ocupação dos espaços pela população durante o período noturno.

O entorno dessas áreas foi planejado com gramados e árvores, ampliando a superfície permeável da praça, favorecendo a infiltração da água da chuva e reduzindo a velocidade do escoamento superficial direto. Essa configuração contribui para o equilíbrio ambiental do espaço, além de fortalecer a integração entre a infraestrutura verde e o uso comunitário.

Na Figura 32, observa-se o perfil 2 da praça alagável 2, com maior detalhamento das infraestruturas.

garantindo durabilidade, segurança operacional e eficiência hidráulica do sistema (DNIT, 2004).

Envolta das quatro praças, destaca-se o uso de estruturas de muro de gabião que consistem em módulos confeccionados com telas metálicas de dupla torção em malha hexagonal, preenchidos com pedras. A amarração com fios de aço galvanizado assegura maior estabilidade e resistência mecânica ao conjunto. Conforme Cruz (2025), os muros de gabião apresentam vantagens relevantes em relação a outras técnicas de contenção, destacando-se pela formação de uma estrutura contínua, pela flexibilidade, pela elevada durabilidade e pela capacidade de drenagem natural. Além disso, favorecem a integração ambiental, permitindo o crescimento de vegetação entre os espaços das pedras, o que contribui para a estabilização do terreno e para a valorização paisagística. Nesse sentido, os muros de contenção em gabião configuram-se como uma alternativa eficiente, econômica e ambientalmente sustentável, especialmente indicada para projetos que demandam estabilidade estrutural e integração com o entorno. (CRUZ, 2025)

A praça alagável 3, configura-se como um espaço multifuncional, integrando o jardim de chuva e a área de convivência, projetada para circulação e contemplação, oferecendo locais de encontro, descanso e convivência. Nesses espaços, a instalação de bancos e mesas proporciona maior conforto aos usuários, permitindo momentos de socialização.

A proposta de implantação de jardins de chuva visa transformar esse espaço em superfícies permeáveis capazes de favorecer a infiltração da água, reduzir o escoamento superficial e enriquecer o ambiente urbano com vegetação adequada. Além de contribuir para a drenagem natural das águas pluviais, os jardins desempenham um papel importante na valorização estética e ambiental da praça, promovendo conforto térmico, aumento da biodiversidade e melhoria do paisagismo.

Cada elemento foi planejado para funcionar de forma integrada, garantindo lazer, acessibilidade e bem-estar à comunidade, ao mesmo tempo em que contribui para a sustentabilidade urbana. A capacidade de retenção de água da praça está relacionada ao dimensionamento de sua área permeável e ao reservatório temporário, permitindo acumular volumes significativos durante chuvas intensas e liberá-los gradualmente em direção ao córrego.

4.2.2. Correção emergencial da drenagem da Travessa Monsenhor Rafael Coelho

A Travessa Monsenhor Rafael Coelho constitui a área mais afetada pelos alagamentos, estando localizada acima da galeria de exutório da bacia. Atualmente, a via não possui infraestrutura adequada de drenagem pluvial, contando apenas com algumas grelhas de captação conectadas diretamente à galeria. Essa ligação direta potencializa o problema, pois, quando a galeria opera próxima à sua capacidade máxima, essas conexões passam a funcionar como condutos de retorno, permitindo o extravasamento da água da galeria para a via. Além disso, a estrutura da galeria apresenta condições precárias de conservação, situação que pode ser observada na Figura 33.

Figura 33 – Condição Atual da Travessa Monsenhor Rafael Coelho no bairro Barro Preto, Mariana – MG

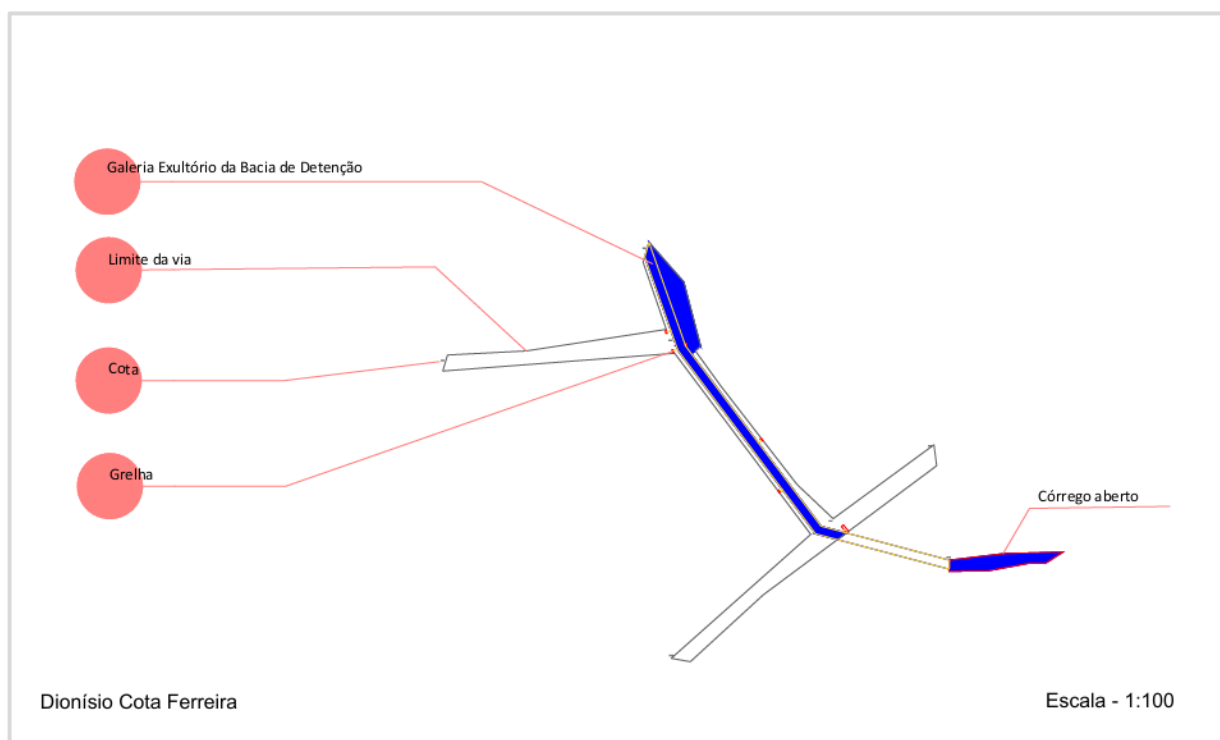


Fonte: DDronne (2026)

A análise do funcionamento hidráulico da microdrenagem da Travessa Monsenhor Rafael Coelho, evidenciou incompatibilidades operacionais entre a rede pluvial existente e a galeria exutório da bacia de contenção implantada a montante à travessa. Atualmente, a rede de drenagem da referida via encontra-se interligada à

galeria responsável pela descarga da bacia, configurando um sistema hidráulico compartilhado que não respeita a hierarquia funcional das estruturas de drenagem, conforme apresentado na Figura 34. Essa condição compromete a eficiência hidráulica e aumenta a vulnerabilidade da área, tornando imprescindível a adoção de medida corretiva emergencial para restabelecer o desempenho adequado da drenagem local.

Figura 34 – Drenagem Atual da Travessa Monsenhor Rafael Coelho



Fonte: Autoria Própria (2026)

Em condições normais de escoamento, a rede capta as águas pluviais superficiais provenientes da bacia e contribuinte urbana e as conduz adequadamente. Entretanto, durante eventos de precipitação intensa, quando a bacia de contenção atinge uma cota considerável de armazenamento, ocorre a elevação do nível piezométrico na galeria exutório. Essa condição provoca inversão do gradiente hidráulico no ponto de conexão entre os sistemas, fazendo com que a galeria passe a operar em regime de carga (escoamento sob pressão), ao invés do regime livre originalmente previsto.

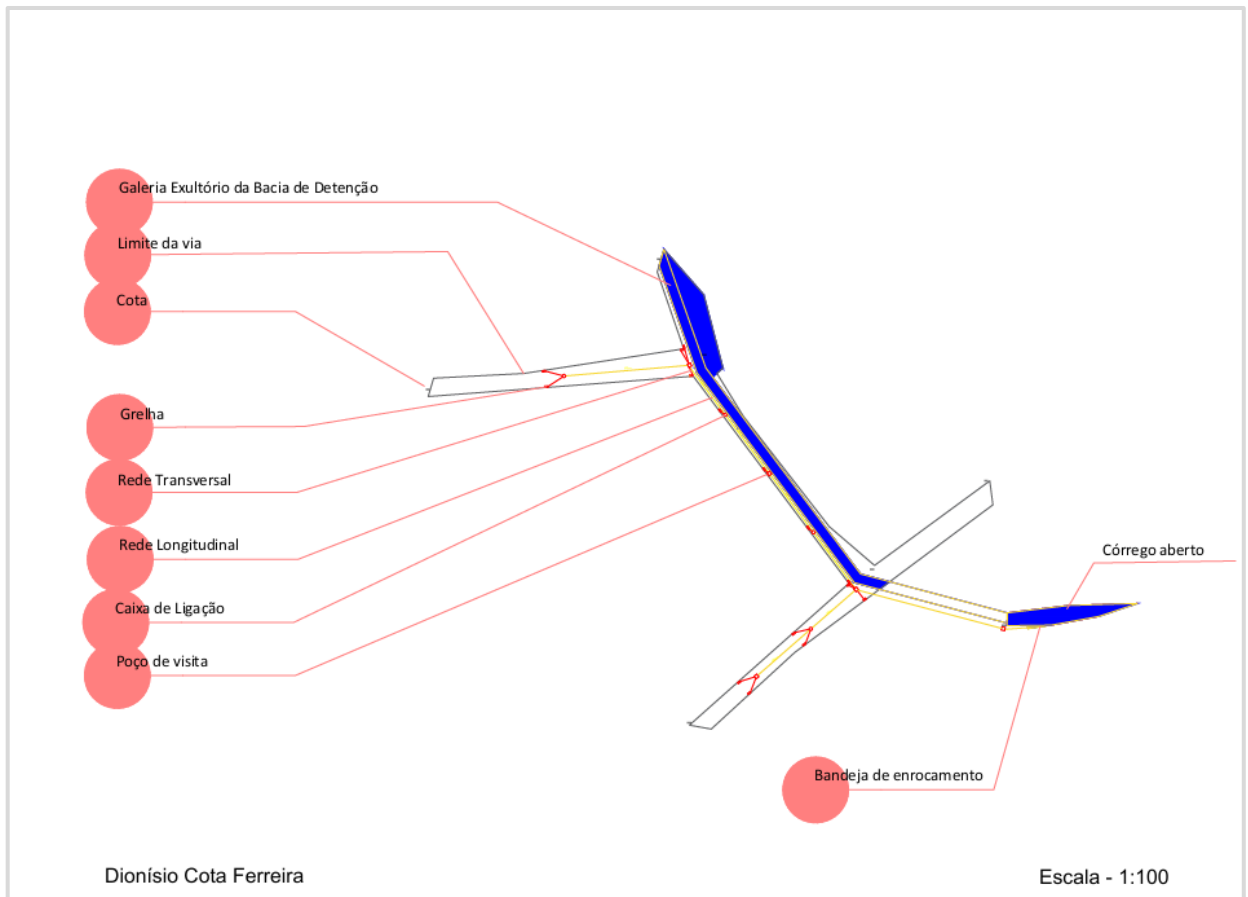
Como consequência direta, os condutos projetados para atuar como dispositivos de drenagem da Travessa Monsenhor Rafael Coelho passam a funcionar

como vias de retorno hidráulico, conduzindo água proveniente da bacia de contenção em direção à via pública. Em outras palavras, os tubos que deveriam escoar a água pluvial da rua tornam-se, durante a cheia, passam a conduzir vazões no sentido inverso contribuindo para a elevação do nível da água na superfície da via.

Observa-se, portanto, que a ocorrência dos alagamentos não está associada exclusivamente à capacidade de captação superficial da rua, mas principalmente à interdependência indevida entre a microdrenagem viária e o sistema de macrodrenagem representado pela bacia de retenção. A conexão existente elimina a independência hidráulica entre os sistemas e compromete o funcionamento da bacia, que passa a transferir volumes armazenados para a rede urbana de menor capacidade.

Diante desse cenário, recomenda-se a reestruturação do traçado da rede de drenagem da Travessa Monsenhor Rafael Coelho, devendo esta ser desconectada da galeria exutório da bacia de retenção (Figura 35). O novo sistema deverá possuir descarga própria e independente, direcionada ao canal aberto localizado a jusante da área, garantindo escoamento em regime livre e impedindo a propagação de níveis de cheia para a via urbana.

Figura 35 – Drenagem Proposta da Travessa Monsenhor Rafael Coelho

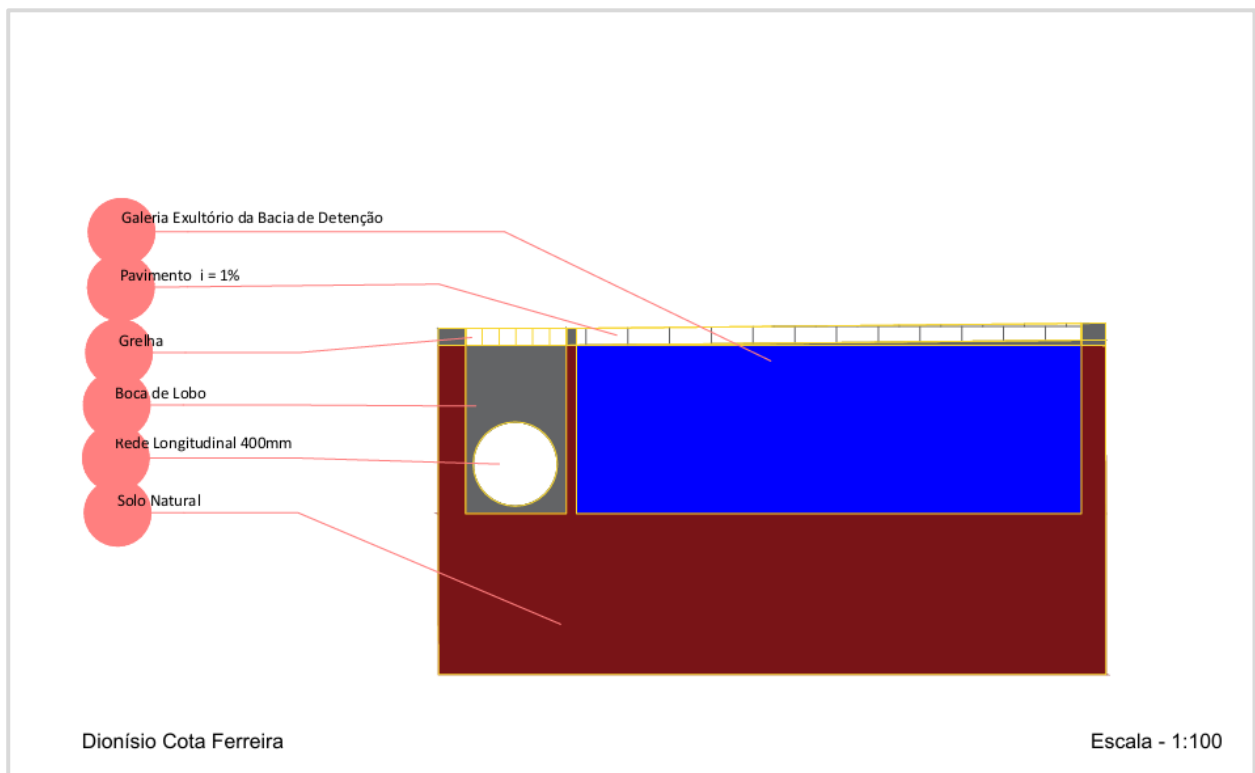


Fonte: Autoria Própria (2026)

Destaca-se, como proposta de drenagem para a Travessa Monsenhor Rafael Coelho, a implantação da rede em apenas uma das laterais da galeria, uma vez que não há espaço disponível para sua instalação em ambos os lados da via. Dessa forma, a pavimentação deverá ser executada com declividade direcionada para as grelhas de captação, permitindo o adequado escoamento das águas pluviais. A solução proposta restabelece a lógica adequada de funcionamento hidráulico, na qual a micro drenagem viária conduz apenas as contribuições pluviais da sua área de captação, enquanto a bacia de detenção mantém sua função de regularização de vazões sem interferir na rede urbana adjacente. Com a eliminação da ligação hidráulica existente, impede-se o retorno de água armazenada e, conseqüentemente, a utilização indevida da rede da Travessa Monsenhor Rafael Coelho como conduto de extravasão da bacia.

Na Figura 36 é apresentado o perfil da drenagem proposta, a fim de minimizar os impactos das chuvas na Travessa Monsenhor Rafael Coelho

Figura 36 – Perfil da Drenagem Proposta da Travessa Monsenhor Rafael Coelho



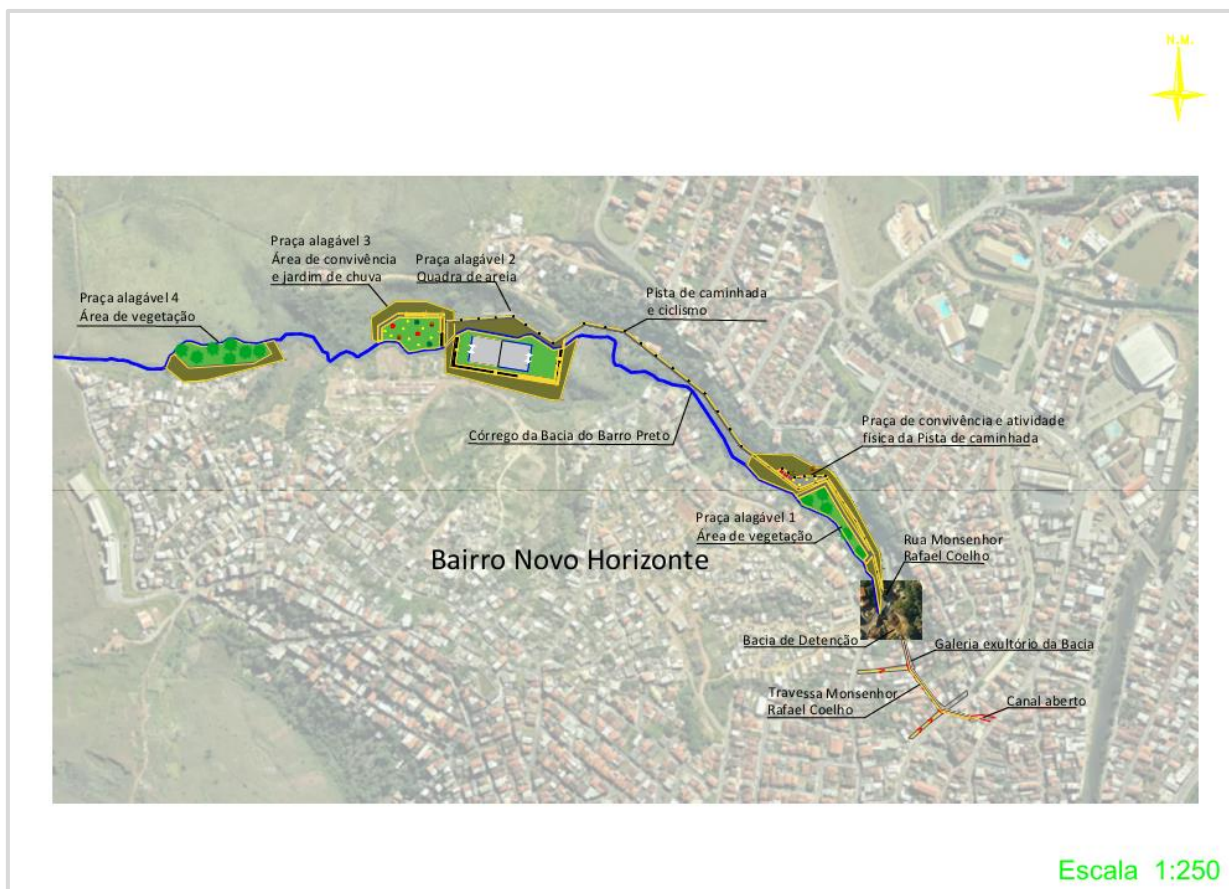
Fonte: Autoria Própria (2026)

Conforme apresentado na Figura, a galeria de exutório está representada em azul. A pavimentação da via possui declividade de 1%, direcionando o escoamento superficial para a grelha de captação posicionada acima da boca de lobo. Também é indicada a rede longitudinal com diâmetro de 400 mm, responsável pela condução das águas pluviais.

Assim, a readequação proposta constitui medida indispensável para mitigação dos alagamentos observados, aumento da segurança hidráulica do sistema e correta operação das estruturas de drenagem urbana, assegurando que, mesmo durante eventos críticos, a água escoe para o corpo receptor a jusante sem sobrecarregar a via pública.

A Figura 37 representa as propostas de intervenção, que contemplam a implantação de praças alagáveis ao longo do córrego e a solução de drenagem projetada para a Travessa Monsenhor Rafael Coelho.

Figura 37 – Área Geral da Intervenção.



Fonte: Autoria Própria (2026)

Essas áreas multifuncionais foram concebidas com o objetivo de armazenar temporariamente o volume excedente de águas pluviais durante eventos de chuva intensa, contribuindo para a redução da vazão de pico e para o aumento do tempo de concentração do escoamento. De forma complementar, a drenagem proposta para a Travessa Monsenhor Rafael Coelho foi integrada ao sistema, possibilitando o direcionamento adequado das águas superficiais e sua condução até a área de armazenamento, promovendo maior eficiência no controle de alagamentos e na mitigação dos impactos das enchentes na região.

4.3. MEDIDAS COMPENSATÓRIAS SUSTENTÁVEIS

Além das soluções previstas para as praças alagáveis, é possível ampliar os benefícios para melhoria da infraestrutura urbana por meio de intervenções distribuídas em outras localidades do bairro e residências. Além dos jardins de chuva, destaca-se também os telhados verdes que se apresentam como solução eficaz,

auxiliando na regulação térmica dos edifícios, na detenção das águas pluviais e na melhoria da qualidade do ar. Por fim, os reservatórios de águas pluviais possibilitam o armazenamento e o uso racional da água em atividades não potáveis, como irrigação de áreas verdes e limpeza de espaços públicos, reduzindo a pressão sobre a rede de abastecimento e a infraestrutura de drenagem.

Entre essas alternativas, a adoção de jardins de chuva em espaços urbanos de Mariana pode ser considerada uma estratégia relevante de drenagem sustentável. Esses dispositivos podem ser implantados em rotatórias, onde aproveitam áreas já existentes para infiltração e em lotes vagos, transformando espaços ociosos em áreas de drenagem sustentável. Além disso, encontram respaldo na norma de referência nº 12/2025, publicada pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Essa norma estabelece diretrizes para a estruturação dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas, incentivando a incorporação de Soluções Baseadas na Natureza (SBN) como estratégia de mitigação de impactos hidrológicos e ambientais.

De forma complementar, os telhados verdes surgem como outra solução promissora. No Brasil, esse sistema construtivo ainda não é amplamente utilizado, mas começam a surgir legislações de incentivo por parte do governo como forma de promover sua disseminação. Foram instalados módulos de telhado verde em escala reduzida no campus da Universidade Federal do Paraná, expostos a chuvas naturais. Os resultados experimentais obtidos em Curitiba evidenciaram que os telhados verdes extensivos podem reter até cerca de 50% da água da chuva em eventos de baixa e média intensidade, além de atrasar em aproximadamente 20 a 30 minutos o início do escoamento em precipitações mais intensas (LOPES; TAVARES, 2026). Dessa forma, atuam como elementos de amortecimento hidrológico, contribuindo para a mitigação de alagamentos.

Lopes e Tavares (2026) afirmam que pesquisas realizadas nessa área oferecem suporte técnico para políticas públicas que incentivam soluções de drenagem sustentável, como leis municipais da capital paranaense que dispõem sobre incentivos à instalação de telhados verdes e jardins de chuva. Os autores destacam também a Lei Federal nº 14.904, de 27 de junho de 2024, que estabelece diretrizes para a elaboração de planos de adaptação à mudança do clima no Brasil (BRASIL, 2024). Essa legislação tem como finalidade orientar a implementação de

medidas voltadas à redução da vulnerabilidade e da exposição dos sistemas ambientais, sociais, econômicos e de infraestrutura diante dos impactos adversos causados pelas mudanças climáticas (BRASIL, 2024).

Apesar dos benefícios ambientais e sociais, a implantação de sistemas como telhados verdes ainda enfrenta o obstáculo dos altos custos iniciais de instalação, o que limita sua adoção em larga escala. Para superar esse desafio, uma possível solução seria a criação de incentivos fiscais e subsídios municipais, como a redução do IPTU ou linhas de financiamento específicas, que tornariam o investimento mais acessível aos proprietários. Dessa forma, políticas públicas poderiam equilibrar os custos e ampliar a disseminação dessas práticas sustentáveis em cidades como Mariana.

No que se refere aos reservatórios de águas pluviais, sua implantação em Mariana representa uma medida estratégica para reduzir os impactos ambientais decorrentes das chuvas intensas. Considerando a vulnerabilidade ambiental do município e a necessidade de fortalecer práticas de sustentabilidade urbana, esses sistemas tornam-se fundamentais para melhorar a eficiência hídrica e mitigar riscos associados ao escoamento superficial. Além de reduzir a pressão sobre a rede pública de abastecimento, os reservatórios contribuem para o aproveitamento da água da chuva em usos não potáveis, conforme estabelece a ABNT NBR 15527:2007 (ABNT, 2007). Essa solução também se alinha a políticas públicas de incentivo, como o Projeto de Lei Complementar nº 192/2024 (BRASIL, 2024) que se encontra em tramitação na Câmara dos Deputados e foi aprovado pela Comissão de Desenvolvimento Urbano em dezembro de 2025. A proposta prevê a possibilidade de redução do IPTU para imóveis que adotem sistemas de captação de águas pluviais e reúso não potável de águas cinzas, como aquelas provenientes de chuveiros, usadas em jardins e máquinas de lavar. O texto altera o Código Tributário Nacional - Lei nº 5.172/1966 (BRASIL, 1966) permitindo que cada município, por meio de sua legislação específica, conceda descontos fiscais a imóveis que implementem tais soluções sustentáveis. Entretanto, destaca-se que o município de Mariana ainda não dispõe de legislação específica que regulamente ou incentive a adoção de sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais, o que evidencia a necessidade de avanço normativo local para viabilizar e estimular a implementação dessas práticas.

De modo geral, os reservatórios de águas pluviais, assim como os jardins de chuva e os telhados verdes, configuram-se como soluções sustentáveis capazes de reduzir os impactos das chuvas intensas, aliviar a pressão sobre a infraestrutura urbana e promover o uso racional da água. No contexto de Mariana, a incorporação dessas práticas evidencia a importância de integrar engenharia, planejamento urbano e políticas públicas, capaz de promover eficiência hídrica, mitigar impactos ambientais e estimular práticas sustentáveis na cidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo teve como objetivo propor e avaliar uma solução não convencional de drenagem urbana para o bairro Novo Horizonte, integrada à bacia de detenção existente e ao sistema independente da Travessa Monsenhor Rafael Coelho, com a finalidade de controlar a vazão das águas pluviais e reduzir os impactos recorrentes dos alagamentos que atingem o bairro Barro Preto, situado em área de menor altitude da bacia hidrográfica do Córrego do Barro Preto.

A análise evidenciou que a bacia de detenção e amortecimento implantada no Barro Preto não se mostra suficiente diante do elevado volume de chuvas que incide sobre a região. A população continua sofrendo prejuízos com alagamentos e inundações, o que reforça o imperativo de propor alternativas de drenagem urbana sustentável. Nesse panorama, a implantação de bacias de detenção multifuncionais alia a mitigação dos impactos das chuvas à integração de áreas verdes, pavimentos permeáveis, equipamentos de lazer e espaços destinados a atividades físicas. Essa abordagem garante a diversidade de usos do espaço e supre uma carência histórica do bairro, que até então não dispõe de áreas públicas qualificadas para recreação e integração social.

As análises realizadas, as quais envolvem o diagnóstico das condições de drenagem urbana, a avaliação da infraestrutura existente e a identificação das áreas críticas de alagamento, demonstraram a necessidade de soluções integradas capazes de conciliar eficiência hidráulica, sustentabilidade ambiental e uso social dos espaços públicos.

Sob essa perspectiva, a concepção da praça alagável se apresenta como elemento central, concebida como espaço de uso múltiplo capaz de desempenhar diferentes funções conforme as condições climáticas. Durante os períodos de cheia,

atua como área de detenção temporária, retendo o excesso de águas pluviais e contribuindo para a mitigação de alagamentos no entorno. Já em épocas de estiagem, transforma-se em espaço de lazer e convivência, disponibilizando infraestrutura adequada para práticas recreativas e atividades coletivas.

A proposta foi enriquecida com a implantação de jardins de chuva, telhados verdes e reservatórios de águas pluviais, cuja adoção pode ser incentivada por políticas públicas locais, como programas que concedem descontos fiscais a imóveis que incorporam soluções sustentáveis, podendo ainda ser complementada por estudos futuros que ampliem sua fundamentação técnica e aplicabilidade. Além disso, foi considerada a correção emergencial da drenagem da Travessa Monsenhor Rafael Coelho, por meio da redistribuição do fluxo com dispositivos de detenção, ampliando a eficiência do sistema urbano de drenagem.

A eficácia dessas ações depende da integração entre planejamento urbano, manutenção periódica da infraestrutura e participação ativa da população. Para que essas medidas se consolidem de forma efetiva, é necessário também superar desafios de ordem institucional e financeira, que ainda restringem sua plena implementação.

O presente trabalho pode contribuir como referência técnica e conceitual para futuras pesquisas, ao reunir o diagnóstico da área de estudo, diretrizes de intervenção e fundamentos de drenagem urbana sustentável aplicáveis ao contexto local. Para trabalhos futuros, recomenda-se o desenvolvimento de estudos complementares que aprofundem as análises técnicas e avaliem o desempenho, a eficiência e a viabilidade das soluções propostas em diferentes cenários hidrológicos e urbanos. Dessa forma, amplia-se a discussão sobre planejamento urbano resiliente, incentivando o avanço de pesquisas que integrem estratégias ambientais às políticas públicas municipais.

Por fim, compreende-se que o desafio não se limita à execução das obras. Ainda há resistência por parte de órgãos financiadores em direcionar recursos para iniciativas sustentáveis. Reforça-se, portanto, a necessidade de estabelecer instrumentos legais de controle, que obriguem empreendedores a incorporar tais medidas em seus projetos. Paralelamente, cabe ao poder público buscar investimentos e firmar parcerias com grandes empresas atuantes na região, assegurando recursos financeiros e apoio técnico indispensáveis para transformar as propostas em realidade. A consolidação de políticas públicas voltadas à drenagem

sustentável revela-se, assim, condição essencial para garantir a durabilidade e a eficiência das soluções apresentadas, consolidando um caminho viável para cidades mais resilientes e preparadas para os desafios climáticos contemporâneos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Norma de Referência nº 12/2025: Estruturação dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas**. Brasília: ANA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2025/245> Acesso em: 16 fev. 2026

ACIOLI, L. C. **Estudo experimental de pavimentos permeáveis para o controle do escoamento superficial na fonte**. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Porto Alegre, 2005. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/5843/000521171.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Acesso em: 13 ago. 2025.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). **Norma de Referência nº 12/2025: Estruturação dos serviços públicos de drenagem e manejo de águas pluviais urbanas**. Brasília: ANA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/legislacao/resolucoes/resolucoes-regulatorias/2025/245> Acesso em: 16 fev. 2026

ANDRADE, A. R. et al. Avaliação da efetividade de técnicas compensatórias de drenagem urbana em áreas com intensa urbanização. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 25, n. 1, p. e14, 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/2318-0331.252020190116>. Acesso em: 13 ago. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 10844:1989 – Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro: ABNT, 1989. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/945227304/ABNT-NBR-10844-1989-Instalacoes-prediais-de-aguas-pluviais> Acesso em: 16 fev. 2026

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis**. Rio de Janeiro: ABNT, 2007. Disponível em: <https://www.studocu.com/pt-br/document/universidade-federal-do-rio-de-janeiro/saneamento-ambiental/abnt-nbr-155272019-aproveitamento-de-agua-de-chuva-para-fins-nao-potaveis/147664527> Acesso em: 16 fev. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12211:2017 – Projeto de sistemas de drenagem urbana**. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050:2020 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020. Disponível em: https://drive.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/NBR9050_20.pdf Acesso em: 15 fev. 2026.

BEZERRA, Alessandro de Araújo; CASTRO, Marco Aurélio Holanda de. Software para elaboração de projetos de drenagem urbana envolvendo AutoCAD e SWMM. **Anais da ABRHidro**, 2025. Disponível em: https://revistas.abrhidro.org.br/article.php?Article=1886&utm_source Acesso em: 8 fev. 2026.

BRASIL. Lei nº 5.172, de 25 de outubro de 1966. **Dispõe sobre o Sistema Tributário Nacional e institui normas gerais de direito tributário aplicáveis à União, Estados e Municípios**. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 27 out. 1966. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l5172compilado.htm Acesso em: 18 fev. 2026.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. **Atualiza o marco legal do saneamento básico**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 jul. 2020. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/lei/l14026.htm Acesso em: 16 fev. 2026

BRASIL. Lei nº 14.904, de 27 de junho de 2024. **Estabelece diretrizes para a elaboração de planos de adaptação à mudança do clima**; altera a Lei nº 12.114, de 9 de dezembro de 2009; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 27 jun. 2024. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/Lei/L14904.htm Acesso em: 13 fev. 2026.

BRASIL. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012. **Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa**; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 28 maio 2012.

BRASIL. Câmara dos Deputados. **Comissão aprova previsão de IPTU menor para imóveis que façam reúso de água** (Projeto de Lei Complementar 192/24). Brasília, DF: Câmara dos Deputados, 21 jan. 2026. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/noticias/1239441-comissao-aprova-previsao-de-iptu-menor-para-imoveis-que-facam-reuso-de-agua/> Acesso em: 16 fev. 2026.

BRANDÃO, R.; MARCON, G. Métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais: análise comparativa. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 789–798, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/esa/a/kCz967pDWf5YKpbKTZyBj5p/?lang=pt> Acesso em: 16 fev. 2026.

CANHOLI, A. P. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005.

CARMO, Roberto Coelho do. A simbiose histórica entre a cidade de Mariana e a atividade da mineração do ferro. In: HORST, Claudio H. Miranda; CARRARA, Virgínia Alves (orgs.). **“Questão Social”, mineração e Serviço Social: reflexões a partir da região dos inconfidentes**. 1. ed. Ouro Preto: [EDUFOP](#), 2023, v. 1, p. 27-56.

Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/server/api/core/bitstreams/8a0b1826-287d-4268-9322-a078c65ef612/content> Acesso em: 1 fev. 2026.

CRUZ, Flávio Fontes da. **Análise do comportamento de gabiões eletrossoldados: tecnologia sustentável para infraestrutura de cidades inteligentes**. 2025. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Nove de Julho – UNINOVE, São Paulo, 2025. Disponível em: <https://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/3635> Acesso em: 15 fev. 2026

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 030/2004 – ES: Dispositivos de drenagem pluvial urbana – Especificação de serviço**. Rio de Janeiro: DNIT, 2004.

Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/357121048/norma-tecnica-DNIT-para-PV-pdf> Acesso em: 16 fev. 2026

ESRI. **Esri Satellite Imagery**. 2023. Disponível em: <https://www.arcgis.com>. Acesso em: 06 jul. 2025.

G1. **Chuva em Mariana causa alagamentos e deixa pessoas ilhadas**. G1 Minas Gerais, 24 jan. 2026. Disponível em: [Chuva em Mariana causa alagamentos e deixa pessoas ilhadas | G1](#) Acesso em: 05 fev. 2026

IBGE. **História de Mariana (MG)**. Rio de Janeiro: IBGE, 2024. Disponível em: cidades.ibge.gov.br. Acesso em: 1 fev. 2026.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico 2020: drenagem urbana**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas territoriais e dados geoespaciais** IBGE, 2024. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 20 jul. 2025.

IDE-SISEMA – Infraestrutura de Dados Espaciais do Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Minas Gerais. **Base cartográfica e hidrografia**. 2025. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br>. Acesso em: 20 jul. 2025.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Avisos meteorológicos de perigo para Minas Gerais**. Brasília: Ministério da Agricultura e Pecuária, 2026. Disponível em: [Instituto Nacional de Meteorologia - INMET](#) Acesso em: 05 fev. 2026

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **TOPODATA: Banco de dados geomorfométricos do Brasil**. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata>. Acesso em: 10 jul. 2025.

LOPES, Thaís Vieira; TAVARES, Sergio Fernando. Infraestrutura verde e resiliência urbana: análise experimental da retenção hídrica em telhados verdes sob o marco regulatório de Curitiba-PR. **Revista PPC – Políticas Públicas e Cidades**, Curitiba, v. 15, n. 2, p. 01-16, 2026. Disponível em: <https://journalppc.com/RPPC/article/view/3112/1921> Acesso em: 13 fev. 2026.

MARICATO, Ermínia. **O impasse da política urbana no Brasil**. Petrópolis: Vozes, 2011.

MARTINS, Guilherme; LEITE, Matheus; COSTA, Ítalo. **Análise do uso e ocupação do solo na bacia do córrego Barro Preto – Mariana/MG, com base em geotecnologias**. In: XXVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2025. Disponível em: <https://anais.abrhidro.org.br/job.php?Job=16191>. Acesso em: 01 ago. 2025

MASCARÓ, Juan Luis; YOSHINAGA, Mário. **Infraestrutura urbana**. Porto Alegre: Masquatro, 2004.

NOBRE, Carlos A. Se continuarmos com emissões, fenômenos climáticos serão mais extremos. **Le Monde Diplomatique Brasil**, seção Crise Climática, 11 out. 2023. Disponível em: <https://diplomatique.org.br/carlos-nobre-se-continuarmos-com-emissoes-fenomenos-climaticos-serao-mais-extremos/> Acesso em: 15 fev. 2026.

O TEMPO. **Ribeirão do Carmo transborda em Mariana após temporal de 30 minutos**. O Tempo, 24 jan. 2026. Disponível em: https://www.otempo.com.br/cidades/2026/1/24/ribeirao-do-carmo-transborda-em-mariana-apos-temporal-de-30-minutos?utm_source=copilot.com Acesso em: 05 fev. 2026

PEREIRA, Matheus Filipe da Silva. **Estudo hidráulico-hidrológico da bacia do Barro Preto – Mariana/MG: os impactos da urbanização no sistema de macrodrenagem**. 2024. 99 f. Monografia (Bacharelado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Escola de Minas, Curso de Engenharia Urbana, Ouro Preto, 2024.

POMPÊO, Cesar Augusto. Drenagem urbana sustentável. **RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 5, n. 1, p. 15-23, jan./mar. 2000. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: [c6be0bdb36e71f441b574b6a63d5a75a_2d24ccc39dcc0666232d4d538fcef31f.pdf](https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/1/c6be0bdb36e71f441b574b6a63d5a75a_2d24ccc39dcc0666232d4d538fcef31f.pdf) Acesso em: 8 fev. 2026.

RIBEIRO, Vinícius N.; OLIVEIRA, Luiz A. B.; FERNANDES, Fernando J. R. **Infraestrutura urbana e drenagem em áreas de expansão urbana em Mariana (MG): um estudo de caso nos bairros Novo Horizonte e Barro Preto**. *Revista Além dos Muros*, Mariana/MG, v. 8, n. 15, p. 45–63, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufop.br/alemur/article/view/7754>. Acesso em: 30 jul. 2025

SILVA, Camila Estefane Ferreira da; BRITTO, Diogo Caldas de; SILVA, Victor Manoel Lins da; MOURA, Micaella Raíssa Falcão de. Drenagem verde: projeto teórico de parque alagável no IPSEP-PE. **Periódico Técnico Científico Cidades Verdes**, v. 13, n. 41, 2025. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/986010793/5-CV-20-Drenagem-Verde> Acesso em: 9 fev. 2026.

SILVA, D. C. et al. Aplicação de SIG e modelagem hidrológica em bacias urbanas: estudo de caso em Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 6, p. 2601–2618, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.6.p2601-2618>. Acesso em: 31 jul. 2025

SILVA, M. R. V.; LIMA, A. B. P.; SANTOS, E. R.; GONZAGA, G. B. M. Jardins de chuva: técnicas compensatórias para sistemas de drenagem. **Ciências Exatas e Tecnológicas**, Alagoas, v. 5, n. 1, p. 13-20, nov. 2018. SET/Universidade Tiradentes. Disponível em: <https://periodicos.grupotiradentes.com/cdgexatas/article/view/6073/3099> Acesso em: 13 fev. 2026.

SILVA, P. A. et al. **Mapeamento de suscetibilidade à erosão hídrica no município de Mariana/MG**. *Geociências*, v. 42, n. 2, 2023. Disponível em: <https://revistas.unesp.br/geociencias/article/view/37088>. Acesso em: 31 jul. 2025

TASSI, R.; TASSINARI, L. C. da S.; PICCILLI, D. G. A.; PERSCH, C. G. Telhado verde: uma alternativa sustentável para a gestão das águas pluviais. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 139-154, jan./mar. 2014. ISSN 1678-8621. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/SLTzVMTPCbKMQxxTb37FzCr/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 13 fev. 2026.

TUCCI, Carlos E. M. Drenagem Urbana. **Ciência e Cultura**. vol.55 no.4 São Paulo Oct. /Dec. 2003. Disponível em: http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0009-67252003000400020 Acesso em: 8 fev. 2026.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Porto Alegre: ABRH, 2007.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão da drenagem urbana**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2017.

VOGEL, Monique Thaís; LIMA, Márcia Azevedo de. **Parques alagáveis: estratégia para a resiliência urbana**. In: XIII ENCONTRO DE SUSTENTABILIDADE EM PROJETO - ENSUS, Porto Alegre. UNISINOS, 2025. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/877794597/Parques-alagaveis-estrategia-para-a-resiliencia-urbana> Acesso em: 9 fev. 2026.

WONG, Tony H. F.; BROWN, R. R. The water sensitive city: principles for practice. **Water Science & Technology**, v. 60, n. 3, p. 673–682, 2009. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19657162/> . Acesso em: 05 ago. 2025

APÊNDICE A