



Pedro Wagner Aloan

João Gabriel Tavares Santiago

Avaliação de Diretrizes Técnicas de Drenagem Urbana em Favelas do Rio de Janeiro: Estudo de Caso da Vila do Parque das Cidades

Trabalho de Conclusão de Curso

Trabalho apresentado como requisito parcial à conclusão do curso de Engenharia Civil na Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

Orientador: Antonio Krishnamurti Beleño de Oliveira



Agradecimentos

A realização deste Trabalho de Conclusão de Curso foi possível graças ao apoio e à contribuição de muitas pessoas, instituições e experiências vividas ao longo da nossa trajetória acadêmica.

Agradecemos, em primeiro lugar, às nossas famílias, que sempre nos incentivaram a seguir em frente, mesmo diante das dificuldades, oferecendo apoio incondicional e acreditando em nosso potencial.

Aos professores e orientadores da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, registramos nossa gratidão — em especial ao nosso orientador, Antonio Krishnamurti, pela orientação técnica rigorosa, pelas críticas construtivas e pelo constante estímulo à busca por soluções viáveis e éticas em contextos desafiadores.

Aos colegas e amigos de curso, com quem compartilhamos dúvidas, ideias e aprendizados ao longo desses anos. O trabalho coletivo e os debates em sala de aula contribuíram de forma significativa para a construção deste estudo e para o nosso crescimento pessoal e acadêmico.

Agradecemos também às lideranças comunitárias e aos moradores da Vila Parque da Cidade, cuja realidade nos inspirou profundamente. A escuta atenta e a vivência no território foram essenciais para que pudéssemos compreender, de forma mais ampla, os limites da técnica diante das complexidades urbanas.

Por fim, deixamos aqui nosso reconhecimento e gratidão a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que este trabalho fosse possível. Cada gesto de apoio foi fundamental para a realização deste projeto.

Muito obrigado.

João Gabriel Tavares Santiago e Pedro Wagner Aloan



Resumo

As diretrizes técnicas de saneamento básico desempenham um papel essencial em sua implementação. No entanto, em favelas do Rio de Janeiro, onde as condições urbanas são precárias e há escassez de espaço para soluções adequadas, essas diretrizes muitas vezes não podem ser integralmente seguidas, sobretudo no componente de manejo das águas pluviais, que exige redes de maiores dimensões do que os outros componentes do saneamento. Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar os impactos do não cumprimento integral das diretrizes, em função das limitações territoriais, e como isso afeta a qualidade dos projetos, o ambiente e a vida da população. A pesquisa tem como estudo de caso a Vila Parque das Cidades, favela localizada na Zona Sul do município do Rio de Janeiro, e utilizará análises documentais, observações diretas e levantamentos locais para propor um sistema de drenagem urbana adaptado. Os resultados indicam que, embora as diretrizes sejam fundamentais, sua aplicação rígida em contextos de vulnerabilidade pode inviabilizar a implantação de sistemas básicos de infraestrutura. A conclusão aponta que, em situações de restrições técnicas e espaciais, a flexibilização criteriosa das normas é necessária para promover melhorias na qualidade socioambiental e garantir acesso universal aos serviços de saneamento.

Palavras-chave: Saneamento Básico; Normas Técnicas; Drenagem Urbana; Favelas, Vila Parque da Cidade, Rio de Janeiro.



Abstract

The technical guidelines for basic sanitation play an essential role in its implementation. However, in favelas of Rio de Janeiro, where urban conditions are precarious and there is a scarcity of space for adequate solutions, these guidelines often cannot be fully followed, especially regarding stormwater management, which requires larger networks than other sanitation components. Given this scenario, the present study aims to analyze the impacts of the incomplete compliance with the guidelines due to territorial limitations, and how this affects the quality of projects, the environment, and the population's life. The research takes Vila Lagoa, a favela located in the South Zone of Rio de Janeiro city, as a case study, and will use document analysis, direct observations, and local surveys to propose an adapted urban drainage system. The results indicate that, although the guidelines are fundamental, their rigid application in vulnerable contexts can make the implementation of basic infrastructure systems unfeasible. The conclusion points out that, in situations of technical and spatial constraints, a careful flexibilization of the standards is necessary to promote improvements in socio environmental quality and ensure universal access to sanitation services. **Keywords:** sanitation, informal settlements, technical standards, urban infrastructure, Vila Parque das Cidades, Rio de Janeiro



SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	Motivação.....	3
1.2	Objetivo.....	4
1.2.1	Objetivo geral.....	4
1.2.2	Objetivos específicos.....	4
2	REFERENCIAL TEÓRICO	5
2.1	Marco Legal do Saneamento Básico.....	5
2.2	Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais	10
2.2.1	Sistema de Drenagem Urbana	10
2.2.2	Microdrenagem e Macrodrenagem.....	10
2.2.3	Falhas no sistema de drenagem.....	12
2.3	Soluções para Drenagem Urbana.....	13
2.4	Sistema de drenagem do Município do Rio de Janeiro.....	14
2.5	Normas, Diretrizes e Manuais Técnicos.....	16
2.5.1	Norma Federal: Resolução ANA nº 245/2025.....	16
2.5.2	Manual de Instruções Técnicas – Município do Rio de Janeiro.....	18
2.6	Drenagem urbana em favelas: estudos de caso no Brasil.....	20
3	METODOLOGIA.....	22
3.1	Traçado da rede de drenagem proposta.....	23
3.2	Delimitação das áreas de contribuição.....	24
3.3	Definição da Chuva de Projeto.....	24
3.4	Determinação das vazões de contribuição.....	27
3.5	Dimensionamento das Galerias de Drenagem	29
3.6	Verificações de Projeto.....	31
3.6.1	Velocidades admissíveis para Galerias fechadas:.....	31
3.6.2	Relação de enchimento (Y/D).....	33
3.6.3	Profundidade mínima.....	34
3.6.4	Transposição de interferências	36



3.6.5	Dimensões mínimas	38
3.6.6	Espaçamento de Poços de Visita	39
3.6.7	FAIXA NON AEDIFICANDI	40
4	ESTUDO DE CASO	45
4.1	Caracterização da área de estudo.....	45
4.1.1	Localização.....	45
4.1.2	Saneamento	47
4.1.3	Dados topográficos e cadastrais	48
4.1.4	Hidrografia	48
5	RESULTADOS.....	49
5.1	Diagnóstico da Visita de Campo.....	49
5.2	Mapa de Traçado da Rede.....	54
5.3	Mapa de Delimitação das Bacias de Contribuição	56
5.4	Planilha de Dimensionamento	57
5.5	Perfil da Rede de Drenagem Proposta	58
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	68
6.1	Vazões e Velocidades	69
6.2	Profundidade e Espaço Urbano.....	70
6.3	Transposição de Interferências e Faixa Não Edificável (FNA)	70
6.4	Poços de Visita e Relação de Enchimento	71
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de Microdrenagem Urbana. Fonte: Aquafluxus, 2013.

Figura 2 – Vista aérea da Vila do Parque da Cidade.

Figura 3 – Imagem tridimensional da Vila do Parque da Cidade. Figura 4 – Localização da rua foco do presente projeto.

Figura 5 – Acesso à comunidade.

Figura 6 – Espaços escassos na comunidade para implementação de redes.

Figura 7 – Águas pluviais contribuindo para a rede de esgoto sanitário.

Figura 8 – Escoamento pluvial ocorrendo pelas escadarias.

Figura 9 – Escoamento pluvial ocorrendo principalmente pela superfície.

Figura 10 – Avisos da comunidade sobre saneamento.

Figura 11 – Traçado completo da rede proposta.

Figura 12 – Traçado da rede na parte a montante.

Figura 13 – Traçado da rede na parte a jusante.

Figura 14 – Mapa de delimitação das bacias de contribuição.

Figura 15 – Setorização da rede.

Figura 16 – Planilha de dimensionamento hidráulico.

Figura 17 – Continuação da planilha de dimensionamento.

Figura 18 – Perfil longitudinal – Perfil da Galeria 0-30

Figura 19 – Perfil longitudinal – Perfil da Galeria 30-40.

Figura 20 – Perfil longitudinal – Perfil da Galeria 40-60

Figura 21 – Perfil longitudinal – Perfil da Galeria 60-90.

Figura 22 – Perfil longitudinal – Perfil da Galeria 90-120.

Figura 23 – Perfil longitudinal – Perfil da Galeria 120-160

Figura 24 – Perfil longitudinal – Perfil da Galeria 160-200.



Figura 25 – Perfil longitudinal – Perfil da Galeria 200-260.

Figura 26 – Perfil longitudinal – Perfil da Galeria 260-305

Figura 27 – Indicação da FNA no trecho a montante da rede.

Figura 28 – Indicação da FNA no trecho a jusante da rede.

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficientes de chuvas IDF segundo o Manual de Instruções Técnicas da Rio Águas (2019).

Tabela 2 – Coeficientes de rugosidade (Manning) para galerias fechadas. Fonte: Rio-Águas (2019).



1 INTRODUÇÃO

O saneamento básico é um direito fundamental e essencial para a promoção da saúde pública, a dignidade humana e a melhoria da qualidade de vida, além de desempenhar papel crucial na preservação do meio ambiente. No entanto, a implementação eficaz de políticas e normas de saneamento enfrenta desafios significativos, especialmente em contextos de alta densidade populacional e restrições territoriais, como ocorre em muitas favelas do Rio de Janeiro. A Vila do Parque das Cidades, uma dessas comunidades urbanas complexas, ilustra como a precariedade das condições de moradia e a carência de infraestrutura básica podem comprometer a adesão às normativas estabelecidas para o setor.

A Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020 (Brasil, 2020), que atualiza o marco legal do saneamento básico no Brasil, define quatro componentes essenciais: abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas. Estes serviços são considerados essenciais para a saúde pública, pois previnem doenças, promovem a salubridade ambiental e contribuem para o bem-estar coletivo.

A referida lei estabelece metas ambiciosas de universalização do saneamento. Os contratos de prestação dos serviços devem incluir metas que garantam a cobertura de 99% da população com acesso à água potável e 90% com coleta e tratamento de esgoto até 31 de dezembro de 2033. Além disso, devem conter objetivos quantitativos relacionados à não intermitência no fornecimento de água, à redução de perdas e à melhoria dos processos de tratamento, visando eficiência, sustentabilidade e equidade no acesso aos serviços.

Apesar da relevância da drenagem urbana para a prevenção de enchentes, deslizamentos e alagamentos, a Lei nº 14.026/2020 não estabelece metas específicas para este componente. A ausência de indicadores e prazos vinculantes compromete a efetividade das ações públicas voltadas para o manejo adequado das águas pluviais, especialmente em áreas sujeitas a extremos climáticos e ocupações desordenadas.

A inexistência de metas claras para a drenagem urbana compromete o planejamento e a execução de obras que mitiguem os impactos das chuvas intensas, resultando em alagamentos e inundações frequentes, erosões, proliferação de doenças e degradação ambiental. A falta de um sistema de drenagem eficiente também contribui para o assoreamento de corpos d'água,



danos à infraestrutura urbana e prejuízos sociais e econômicos significativos, especialmente para populações mais vulneráveis (Oliveira *et al.* 2022).

Em regiões urbanas marcadas por alta vulnerabilidade social, como as favelas, os impactos da ausência de um sistema de drenagem adequado são ainda mais severos. A ocupação desordenada, muitas vezes em áreas de risco geológico e hidráulico, aliada à escassez de investimentos públicos e à informalidade das construções, agrava a exposição da população a desastres socioambientais, como alagamentos, inundações e deslizamentos, além de dificultar intervenções corretivas eficazes (BRASIL, 2013).

A implementação de sistemas de drenagem em regiões urbanas vulneráveis enfrenta obstáculos técnicos, financeiros e legais. A topografia acidentada, a alta densidade habitacional e a ocupação irregular do solo dificultam a adoção de soluções convencionais previstas pelas normas e diretrizes técnicas. Além disso, o elevado custo de intervenções em áreas com infraestrutura precária e a resistência frente a processos de remoção dificultam a aplicação literal das diretrizes normativas, exigindo adaptações e soluções inovadoras e participativas (Rolnik, 2009).

Nas favelas situadas em áreas de morro no Rio de Janeiro, como muitas que compõem o tecido urbano informal da cidade, há diversos problemas técnicos que dificultam a implementação de sistemas adequados de drenagem. A elevada declividade do terreno acelera o escoamento superficial da água, aumentando o risco de erosão e dificultando o controle de velocidades. Além disso, alcançar o recobrimento mínimo das tubulações é um desafio devido à necessidade de escavações em rocha, o que encarece significativamente as obras. A não observância da Faixa Non Aedificandi compromete a implementação de redes e dificulta a proteção e manutenção de galerias e de margens de rios e canais, aumentando a vulnerabilidade dessas comunidades a desastres socioambientais (BRASIL, 2013).

A Vila do Parque das Cidades, localizada no bairro da Gávea, na Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro, exemplifica as dificuldades de aplicação das normas de saneamento em áreas urbanas de alta vulnerabilidade. A comunidade apresenta alta taxa de impermeabilização do solo, o que intensifica o escoamento superficial e os riscos de alagamentos. Localizada próxima a um curso d'água importante do município (Rio Rainha), a avaliação da contribuição da comunidade em termo de águas pluviais e esgotamento sanitário é fundamental para a qualidade do curso d'água e a mitigação das inundações que ocorrem na bacia hidrográfica. Além disso,



a ocupação densa e desordenada dificulta a instalação de infraestrutura subterrânea e o cumprimento de restrições obrigatórias, como os previstos pela Faixa Non Aedificandi. Essas características evidenciam como a rigidez normativa pode ser ineficaz diante de realidades territoriais que exigem soluções técnicas adaptadas, intersetoriais e sensíveis ao contexto social local.

1.1 Motivação

Implementar obras de engenharia nas favelas é um desafio que vai muito além dos cálculos técnicos e dos projetos em papel. As limitações de acesso, a ausência de infraestrutura básica, a topografia irregular, a ocupação desordenada e as restrições legais impõem barreiras significativas à execução de soluções tradicionais. Nesse contexto, pensar engenharia para esses territórios exige criatividade, sensibilidade social e uma abordagem profundamente adaptada à realidade local.

A proximidade entre a PUC-Rio e comunidades como a Rocinha e o Vidigal não é apenas geográfica; é também uma oportunidade concreta de transformação. Ao lado dos muros da universidade, convivem cotidianamente demandas urgentes por saneamento, mobilidade, drenagem e habitação digna — problemas que, com o conhecimento técnico adquirido ao longo da formação acadêmica, podem ser enfrentados de maneira prática, colaborativa e eficaz.

Essa realidade vizinha, marcada por carências estruturais, motiva a formação de engenheiros comprometidos com o impacto social de suas ações. A universidade, como espaço de produção de conhecimento, tem o papel fundamental de incentivar soluções que não se limitem à teoria, mas que encontrem nas comunidades próximas um campo fértil para aplicar tecnologias acessíveis, sustentáveis e de verdadeiro alcance transformador.



1.2 Objetivo

Esta seção apresenta os objetivos gerais e específicos do presente trabalho de conclusão de curso.

1.2.1 *Objetivo geral*

O objetivo principal deste trabalho é propor, em nível conceitual, um projeto para mitigação de alagamentos ao longo da via principal da Vila do Parque das Cidades, no município do Rio de Janeiro (RJ), com destaque para as adequações necessárias nas normas e nos manuais técnicos, de forma a viabilizar a implementação de um sistema compatível com a realidade local e com o mínimo de inconformidades levando em conta as diretrizes técnicas do município.

1.2.2 *Objetivos específicos*

Para a realização do objetivo principal do trabalho, são necessários os seguintes objetivos específicos:

- Analisar as normas, diretrizes e manuais técnicos vigentes, com foco no município do Rio de Janeiro, identificando incompatibilidades ou lacunas que dificultem a aplicação de soluções eficazes no contexto de favelas;
- Realizar visitas de campo para compreensão da realidade local e identificação de possíveis limitações territoriais para implementação do projeto;
- Utilizar o Manual de Instruções Técnicas do Município do Rio de Janeiro como base para desenvolver o projeto de microdrenagem da região de estudo;
- Discutir sobre as devidas simplificações nas diretrizes com foco em possibilitar a implementação do sistema, incluindo os impactos das adaptações e as possíveis maneiras de mitigar os problemas ocasionados.



2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesse capítulo será apresentada uma revisão bibliográfica dos temas relacionados ao manejo de águas pluviais e sistema de drenagem urbana.

2.1 Marco Legal do Saneamento Básico

O conceito de saneamento básico inclui diversas atividades e serviços que foram moldados ao longo da história da humanidade de acordo com contextos sociais, políticos, econômicos e culturais específicos. Moraes (1994a) a define como:

O conjunto de ações, entendidas, fundamentalmente, como de saúde pública, compreendendo o abastecimento de água em quantidade suficiente para assegurar a higiene adequada e o conforto, com qualidade compatível com os padrões de potabilidade; coleta, tratamento e disposição adequada dos esgotos e dos resíduos sólidos; drenagem urbana de águas pluviais e controle ambiental de roedores, insetos, helmintos e outros vetores e reservatórios de doenças (MORAES, 1994a, s.p.).

A Lei n. 11.445, promulgada em 05 de janeiro de 2007, estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico (Brasil, 2007). Conforme alterações determinadas pela Lei n. 14.026, promulgada em 15 de julho de 2020, que atualiza o marco legal do saneamento básico, saneamento básico é definido como o “conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais”, que integra abastecimento de água potável, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos e drenagem e manejo das águas pluviais urbanas (Brasil, 2020). O inciso I do seu art. 3º diz que:

Art. 3º Para fins do disposto nesta Lei considera-se:

I - Saneamento básico: conjunto de serviços públicos, infraestruturas e instalações operacionais de:

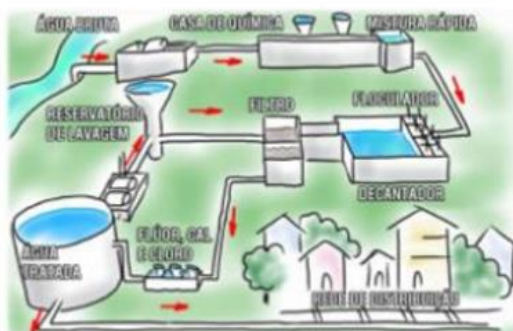
a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição;



- b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reuso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente;
- c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: constituídos pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana;
- d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes.

A Figura 1 abaixo, apresenta de forma esquemática os quatro setores do saneamento:

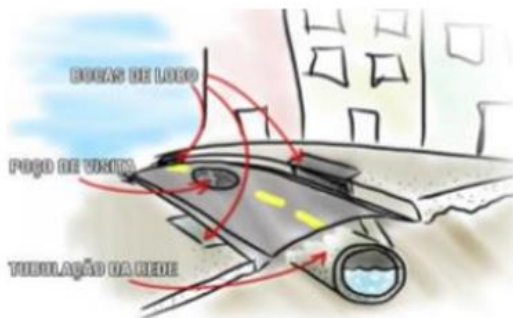
Componente 1: Abastecimento de Água Potável



Componente 2: Esgotamento Unitário



Componente 3: Drenagem e manejo de águas pluviais



Componente 4: Limpeza Urbana e Manejo de Resíduos



Figura 1. Esquemas dos quatro componentes do saneamento. Fonte: (Conen, 2022)

No Brasil, os serviços públicos de saneamento seguem os princípios fundamentais estabelecidos na Lei nº 11.445/2007, modificada pela Lei nº 14.026/2020. Alguns desses princípios incluem: universalidade, participação social, eficiência, sustentabilidade, economia, redução de perdas, equidade, disponibilidade, integralidade, interdisciplinaridade e qualidade. O artigo 2º da Lei nº 11.445/07 abrange todos esses princípios, além das mudanças trazidas pela Lei nº 14.026/2020, e a inclusão de três temas importantes para as políticas de saneamento básico no Brasil. Segue a íntegra do referido artigo:

Art. 2º Os serviços públicos de saneamento básico serão prestados com base nos seguintes princípios fundamentais:

I - Universalização do acesso e efetiva prestação do serviço; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

II - Integralidade, compreendida como o conjunto de atividades e componentes de cada um dos diversos serviços de saneamento que



propicie à população o acesso a eles em conformidade com suas necessidades e maximize a eficácia das ações e dos resultados; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

III - Abastecimento de água, esgotamento sanitário, limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos realizados de forma adequada à saúde pública, à conservação dos recursos naturais e à proteção do meio ambiente; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

IV - Disponibilidade, nas áreas urbanas, de serviços de drenagem e manejo das águas pluviais, tratamento, limpeza e fiscalização preventiva das redes, adequados à saúde pública, à proteção do meio ambiente e à segurança da vida e do patrimônio público e privado; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

V - Adoção de métodos, técnicas e processos que considerem as peculiaridades locais e regionais;

VI - Articulação com as políticas de desenvolvimento urbano e regional, de habitação, de combate à pobreza e de sua erradicação, de proteção ambiental, de promoção da saúde, de recursos hídricos e outras de interesse social relevante, destinadas à melhoria da qualidade de vida, para as quais o saneamento básico seja fator determinante; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

VII - Eficiência e sustentabilidade econômica;

VIII - Estímulo à pesquisa, ao desenvolvimento e à utilização de tecnologias apropriadas, consideradas a capacidade de pagamento dos usuários, a adoção de soluções graduais e progressivas e a melhoria da qualidade com ganhos de eficiência e redução dos custos para os usuários; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

IX - Transparência das ações, baseada em sistemas de informações e processos decisórios institucionalizados;

X - Controle social;

XI - Segurança, qualidade, regularidade e continuidade; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)



XII - Integração das infraestruturas e dos serviços com a gestão eficiente dos recursos hídricos; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

XIII - Redução e controle das perdas de água, inclusive na distribuição de água tratada, estímulo à racionalização de seu consumo pelos usuários e fomento à eficiência energética, ao reúso de efluentes sanitários e ao aproveitamento de águas de chuva; (Redação pela Lei nº 14.026, de 2020)

XIV - Prestação regionalizada dos serviços, com vistas à geração de ganhos de escala e à garantia da universalização e da viabilidade técnica e econômico-financeira dos serviços; (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

XV - Seleção competitiva do prestador dos serviços; e (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)

XVI - Prestação concomitante dos serviços de abastecimento de água e de esgotamento sanitário. (Incluído pela Lei nº 14.026, de 2020)



2.2 Drenagem Urbana e Manejo de Águas Pluviais

2.2.1 Sistema de Drenagem Urbana

O sistema de drenagem urbana é um conjunto de infraestruturas projetadas para coletar, conduzir e lançar as águas pluviais de forma segura, evitando alagamentos, erosões e danos à infraestrutura urbana (BRASIL, 2020). Ele é essencial para a manutenção da qualidade de vida nas cidades, especialmente em áreas suscetíveis a eventos climáticos extremos. O sistema de drenagem urbana tem como principais funções, segundo o Manual de Drenagem Urbana (BRASIL, 2007):

- Prevenir alagamentos e inundações: conduzindo as águas pluviais para locais adequados, evitando o acúmulo nas vias públicas e áreas habitadas.
- Proteger a infraestrutura urbana: impedindo que a água danifique ruas, calçadas, edificações e outras estruturas.
- Garantir a saúde pública: evitando a proliferação de doenças relacionadas à água estagnada, como dengue e leptospirose.
- Preservar o meio ambiente: minimizando o risco de erosões e assoreamento de corpos d'água.

2.2.2 Microdrenagem e Macrodrenagem

O sistema de drenagem urbana é dividido em duas categorias principais: Microdrenagem e Macrodrenagem.

A microdrenagem é responsável pela coleta e condução das águas pluviais desde os pontos de captação até as galerias de maior porte. Ela atua em áreas menores, como ruas e bairros específicos. Segundo Porto et al. (2001), os principais componentes da microdrenagem são:

- Meio-fio e sarjetas: elementos que delimitam e direcionam o fluxo da água nas vias públicas.
- Bocas de lobo: estruturas hidráulicas que captam as águas superficiais transportadas pelas sarjetas e guias, localizadas ao longo das vias.

- Poços de visita: câmaras subterrâneas que permitem a inspeção, limpeza e manutenção das tubulações.
- Caixas de ligação: caixas subterrâneas não visitáveis que conectam as bocas de lobo às galerias.
- Galerias pluviais: condutos subterrâneos que transportam as águas pluviais coletadas pelas bocas de lobo até os pontos de lançamento.

A Figura 2 apresenta os principais elementos do sistema de microdrenagem.



Figura 2. Sistema de Microdrenagem Urbana. Fonte: (Aquafluxus, 2013)

Já macrodrenagem recebe o escoamento coletado e conduzido pela microdrenagem, sendo responsável pelo escoamento das águas pluviais em áreas maiores e mais complexas, como bacias hidrográficas urbanas. Ela envolve obras de maior porte e infraestrutura. De acordo com o CESSA (2020), os principais componentes da macrodrenagem são:

- Galerias de grande porte: tubulações com diâmetros superiores a 1,5 metros, destinadas a transportar grandes volumes de água.
- Canais e rios canalizados: corpos d'água naturais ou artificiais que conduzem as águas pluviais para áreas de lançamento ou corpos receptores.



2.2.3 Falhas no sistema de drenagem

De acordo com Miguez, Veról e Rezende 2015 , problemas como mau dimensionamento de estruturas de microdrenagem e/ou macrodrenagem, falta de manutenção, envelhecimento da rede, perda de capacidade devido ao crescimento urbano e à ocorrência de chuvas com lâmina d'água precipitada maior que a de projeto são alguns dos motivos que levam à falha do sistema de drenagem. Dentro dos conceitos de drenagem urbana, as tipologias que são classificadas como falhas, segundo a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), são as enxurradas, inundações e alagamentos. Enxurradas e inundações são eventos de natureza hidro meteorológica classificados como desastres de causas naturais que afetam diversas regiões, sendo elas rurais e urbanas (CARVALHO, 2007). Para um melhor esclarecimento, podemos definir as tipologias de falha de drenagem de acordo com Miguez, Veról e Rezende (2015):

- Enxurradas: Estão associados à falha da macrodrenagem, sendo eventos caracterizados por rápida velocidade de ocorrência e chuvas intensas e concentradas, com grande poder de destruição. Normalmente ocorrem em vales fluviais de relevo.
- Inundações: Estão associados à falha da macrodrenagem, quando ocorre o extravasamento dos rios e canais, podendo atingir áreas em torno e durar longos períodos.
- Alagamentos: Estão associados à falha de microdrenagem, quando o sistema não é capaz de captar e transportar águas pluviais de forma eficiente. Na maioria dos casos, os impactos são locais.

Os problemas gerados pela falha de drenagem no Brasil são encontrados com frequências nos grandes centros urbanos, visto que o número de núcleos habitacionais em regiões irregulares é alto, faz com que terrenos marginais de cursos d'água sejam ocupados (CARVALHO et al., 2007). Geralmente, ocupações irregulares apresentam maior vulnerabilidade aos impactos das inundações, provocando impactos às edificações em mal estado de conservação, baixa qualidade, além de estar localizado em áreas de riscos. Estes impactos podem apresentar um nível de prejuízo baixo em comparação com edificações



regulares, porém a recuperação dos bens por parte desta população é um grande obstáculo em que muitas ficam sujeitas à exposição de inundações (Guimarães, 2016).

2.3 Soluções para Drenagem Urbana

No planejamento da drenagem urbana, as intervenções podem ser classificadas em soluções estruturais e não estruturais, ambas fundamentais para mitigar os impactos das chuvas em áreas urbanizadas. As soluções estruturais são aquelas que envolvem obras físicas destinadas à captação, condução, armazenamento ou descarte controlado das águas pluviais. De acordo com Tucci (2009), essas medidas visam adaptar o ambiente urbano para permitir o rápido escoamento das águas, evitando alagamentos e danos à infraestrutura. Entre os exemplos típicos estão as galerias pluviais, canais, bocas de lobo, reservatórios de retenção e estações elevatórias. Apesar de serem indispensáveis em muitos contextos, essas soluções têm custos elevados de implantação e manutenção, além de poderem transferir os problemas para outras áreas do sistema, caso não estejam integradas a um planejamento mais amplo.

Em contrapartida, as soluções não estruturais compreendem um conjunto de medidas normativas, administrativas, educacionais e de gestão que visam reduzir a geração de escoamento superficial urbano e disciplinar o uso e ocupação do solo. Segundo Mendes (2016), essas ações atuam de forma preventiva e indireta, buscando interferir nos fatores que aumentam a vulnerabilidade das cidades frente a eventos hidrológicos extremos. Exemplos incluem o planejamento urbano integrado, a adoção de políticas de uso do solo que limitem a impermeabilização, campanhas de educação ambiental e a incorporação de critérios de drenagem sustentável nos processos de licenciamento urbano.

As soluções tradicionais de drenagem urbana, predominantes nas cidades brasileiras ao longo do século XX, foram baseadas no princípio da rápida evacuação das águas pluviais por meio de redes subterrâneas e canais artificiais. Essa abordagem, também conhecida como “drenagem convencional” ou “drenagem cinza”, teve como foco a eficiência hidráulica, muitas vezes em detrimento da preservação ambiental. Conforme observado por Tucci (2006), a drenagem tradicional contribuiu para a intensificação dos problemas a jusante, como enchentes recorrentes, assoreamento de cursos d’água e degradação dos ecossistemas urbanos.



Diante dos limites desse modelo, emergiram no Brasil propostas de soluções sustentáveis de drenagem, que buscam integrar o ciclo hidrológico urbano ao ambiente construído. Essas estratégias têm como princípio a retenção e infiltração das águas no local onde precipitam, minimizando o escoamento superficial e promovendo o controle descentralizado da vazão. De acordo com Baptista (2010), os Sistemas Urbanos de Drenagem Sustentável (SUDS) propõem técnicas como jardins de chuva, pavimentos permeáveis, telhados verdes e bacias de retenção vegetadas, que aliam eficiência técnica à preservação dos recursos naturais. Tais medidas contribuem não apenas para o controle de enchentes, mas também para a recarga do lençol freático, a purificação das águas e o aumento da cobertura verde nas cidades.

Nesse mesmo sentido, as Soluções Baseadas na Natureza (SbN), embora conceito recente no país, têm sido incorporadas em projetos urbanos como formas de restaurar a capacidade natural de drenagem do solo e dos corpos hídricos. Essas soluções utilizam processos ecológicos e elementos naturais, como vegetação nativa, solos permeáveis e áreas de preservação permanente, para manejar as águas pluviais de maneira mais resiliente e integrada. Para Silva et al. (2020), as SbNs são particularmente promissoras em contextos de mudanças climáticas, pois além de reduzir riscos hidrológicos, oferecem benefícios adicionais como conforto térmico, valorização paisagística e promoção da biodiversidade urbana.

Portanto, a combinação de soluções estruturais e não estruturais, com ênfase crescente em alternativas sustentáveis e baseadas na natureza, representa uma evolução no modo de pensar e planejar a drenagem urbana no Brasil. Essa abordagem integrada é essencial para garantir cidades mais resilientes, saudáveis e ambientalmente equilibradas.

2.4 Sistema de drenagem do Município do Rio de Janeiro

O Município do Rio de Janeiro tem sido afetado por inundações há décadas, como já mencionado. Essas inundações têm causado danos significativos ao patrimônio público, bem como representado um risco considerável para a população residente. Infelizmente, essa não é uma questão única do Rio de Janeiro, mas sim um problema enfrentado por muitas cidades em todo o mundo, especialmente em áreas urbanas densamente povoadas. A urbanização excessiva e a falta de planejamento urbano adequado têm levado a um aumento do risco de inundações, agravado ainda mais pelas mudanças climáticas. Soluções integradas e sustentáveis precisam



ser implementadas para minimizar o impacto dessas inundações no futuro, protegendo tanto o patrimônio quanto a segurança da população. Os dados a seguir foram adaptados do material disponível no armazém de dados do governo do Rio de Janeiro acerca do Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais da cidade do Rio de Janeiro, desenvolvido pelo Consórcio Hidrostudio-Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica-SP, sob a coordenação da Secretaria de Obras/Rio-Águas.

Em relação ao histórico do manejo de águas pluviais do município, podem ser destacados os seguintes marcos:

- 1857: Contrato assinado pelo Imperador D. Pedro II para a implantação de uma rede de esgotos e drenagem pluvial, com sistema misto.
- 1857: Início da construção do Canal do Mangue, com o objetivo de drenar um pântano próximo à Cidade Nova, ligando o mar ao Rocio Pequeno (atual Praça Onze de Junho).
- 1864 a 1929: Engenheiro Saturnino de Brito promoveu uma revolução na engenharia sanitária ao aliar a abordagem higienista com a hidráulica de condutos e canais para propor soluções de escoamento das águas pluviais.
- 1902 a 1906: Construção de um sistema de canais artificiais com a retificação dos rios Joana, Comprido e Maracanã que desaguavam no Canal do Mangue; Início da canalização do rio carioca, da Serra do Corcovado até o mar, num total de 2.200 m de galerias.
- 1920 a 1922: Prefeito Carlos Sampaio promoveu várias ações para solucionar problemas de inundações, desobstrução de rios e urbanização de áreas como a Lagoa Rodrigo de Freitas, a Avenida de Contorno do Morro da Viúva (atual Rui Barbosa), a Av. Atlântica, a remoção do morro do Castelo e a urbanização da Esplanada do Castelo e da Glória.
- 1930: Plano Agache de urbanização com um capítulo dedicado aos problemas sanitários, incluindo uma proposta de solução integrada para problemas de cheias, com ênfase em obras de montante para melhorar o funcionamento das redes de drenagem à jusante.
- 1950: Criação da Ilha do Fundão, uma ilha artificial formada pelo aterro de um pequeno arquipélago.



- 1956 a 1958: Abertura de avenidas associadas à canalização de rios como Faria-Timbó, Maracanã, Joana, Pedras, Jacaré, Ramos e Trapicheiros, obras de saneamento e canalização de rios como Acarai, Lucas, Dom Carlos, Cachorros, Faleiros, Irajá, Méier, Nunes, Piraquara e a dragagem do Canal do Mangue.
- 1996: Criação do Sistema Alerta-Rio, destinado a emitir boletins de alerta a partir do monitoramento em tempo real dos índices pluviométricos em uma rede de 32 postos; Projeto Rio-Cidade, que consistiu na implantação de galerias de drenagem pluvial nas ruas do bairro da Tijuca, canalizando os rios tributários.
- 1998: Criação da Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro - RIO-ÁGUAS, responsável por gerenciar ações preventivas e corretivas para o manejo das águas pluviais.
- As obras de recuperação da Bacia Hidrográfica de Jacarepaguá: iniciadas em 1998 e concluídas em 2008;
- Os reservatórios contra enchentes da Grande Tijuca: iniciados em 2011 e entregues em 2013;
- O desvio do Rio Joana: iniciado em 2014 e concluído em 2016;
- A regulação da concessão municipal de esgotamento sanitário na Zona Oeste: iniciada em 2012 e vigente até 2032.

2.5 Normas, Diretrizes e Manuais Técnicos

A seguir, uma descrição detalhada das normas técnicas federais e municipais que orientam o planejamento, dimensionamento e execução de sistemas de drenagem urbana no Brasil, com foco nas Resoluções da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) e na Instrução Técnica do Município do Rio de Janeiro.

2.5.1 Norma Federal: Resolução ANA nº 245/2025

A Resolução ANA nº 245, de 17 de março de 2025, aprova a Norma de Referência nº 12/2025, que estabelece diretrizes para a estruturação dos serviços públicos de drenagem e



manejo de águas pluviais urbanas (DMAPU) no Brasil. Essa norma integra as competências atribuídas à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) pela Lei nº 14.026/2020, o novo marco legal do saneamento, com o objetivo de uniformizar e qualificar os serviços de drenagem urbana no país [Brasil, 2025a].

A norma estabelece parâmetros técnicos, operacionais e regulatórios para a organização e fiscalização dos serviços de drenagem urbana. Aplica-se às áreas urbanas consolidadas e pode ser executada de forma direta, indireta, local ou regionalizada, a depender do modelo adotado pelo ente federativo. Para contratos anteriores à norma, sua aplicação dependerá de ajuste contratual com autorização da entidade reguladora [Brasil, 2025a].

A Norma de Referência nº 12/2025 apresenta conceitos fundamentais que sustentam o planejamento e a gestão dos sistemas de DMAPU, entre eles:

- Águas pluviais urbanas: águas de precipitação atmosférica que escoam superficialmente nas áreas urbanas.
- Bacia de drenagem: área onde o escoamento converge para um único ponto.
- Infraestrutura verde: soluções baseadas na natureza (SbNs), como jardins de chuva, destinadas à infiltração e evapotranspiração.

Outros termos como alagamento, amortecimento, chuva de projeto e áreas impermeáveis também são definidos com precisão técnica [Brasil, 2025a].

A norma enfatiza três eixos operacionais centrais para a efetiva estruturação dos sistemas:

- Controle na fonte: adoção de medidas descentralizadas para reduzir volume e velocidade do escoamento no local onde ocorre a precipitação.
- Tratamento das águas pluviais: mitigação da poluição difusa, preferencialmente por tecnologias sustentáveis e soluções naturais.
- Disposição final: lançamento seguro e ambientalmente adequado das águas em corpos hídricos [Brasil, 2025a].



São definidas as atribuições de cada agente responsável pela gestão dos serviços de DMAPU:

- Titular do serviço (município): responsável por planejar, garantir e fiscalizar a adequada prestação do serviço.
- Entidade reguladora infranacional: edita normas técnicas e econômicas, fiscaliza a operação, acompanha os planos de manutenção e estabelece modelos tarifários.
- Prestador de serviços: executa diretamente as atividades operacionais dos sistemas.
- Usuários: devem utilizar os serviços de maneira responsável e contribuir com sua manutenção [Brasil, 2025a].

As entidades reguladoras deverão comprovar a publicação de regulamentos próprios até 20 de agosto de 2028, de acordo com os conteúdos mínimos definidos pela ANA. A implementação poderá ocorrer de forma escalonada, conforme critérios estabelecidos por cada ente federativo, com metas progressivas [Brasil, 2025a].

2.5.2 Manual de Instruções Técnicas – Município do Rio de Janeiro

A Instrução Técnica – Revisão 1, publicada pela Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro (Rio-Águas), estabelece diretrizes técnicas e procedimentos para a elaboração, apresentação e aprovação de projetos de drenagem urbana no município do Rio de Janeiro. Seu objetivo é padronizar os critérios técnicos utilizados, promovendo a segurança hídrica, a eficiência hidráulica e a sustentabilidade dos sistemas de escoamento pluvial (RIO DE JANEIRO, 2019).

A instrução aplica-se a projetos públicos e privados de obras que envolvam drenagem urbana no município do Rio de Janeiro, como loteamentos, condomínios, edificações e obras de infraestrutura. Estabelece requisitos mínimos para garantir que os projetos estejam alinhados com o planejamento urbano, o controle de cheias e a preservação ambiental (RIO DE JANEIRO, 2019).

A norma apresenta conceitos técnicos essenciais, como:



- Chuva de projeto: base para o dimensionamento, considerando intensidade, duração e frequência.
- Área impermeável: superfície que impede a infiltração da água no solo, impactando o escoamento superficial.
- Sistema de microdrenagem: conjunto de dispositivos de coleta e condução das águas pluviais nas vias urbanas.
- Reservatórios de amortecimento: estruturas que armazenam temporariamente a água para evitar sobrecarga nas redes existentes (RIO DE JANEIRO, 2019).

As diretrizes operacionais definem os seguintes parâmetros para elaboração dos projetos:

- Metodologia de cálculo hidrológico e hidráulico: exigência de ferramentas apropriadas para simulações realistas.
- Implantação de reservatórios de retenção: obrigatórios em determinadas áreas, com critérios específicos de dimensionamento.
- Uso de soluções sustentáveis: incentivo à adoção de infraestruturas verdes, como jardins de chuva e pavimentos permeáveis, sempre que possível.

Para o detalhamento dos projetos executivos são exigidos plantas, memoriais compatíveis com as normas (RIO DE JANEIRO, 2019).

As responsabilidades institucionais são específicas para cada agente:

- Rio-Águas: responsável por analisar, aprovar e fiscalizar os projetos.
- Autores dos projetos: devem seguir integralmente as diretrizes da instrução, apresentando todos os documentos técnicos exigidos.
- Empreendedores: devem garantir que as soluções propostas sejam executadas conforme o projeto aprovado (RIO DE JANEIRO, 2019).

Todos os projetos devem ser submetidos previamente à Rio-Águas e somente podem ser executados após aprovação formal. A aprovação está condicionada ao cumprimento rigoroso dos critérios técnicos e documentais definidos na instrução (RIO DE JANEIRO, 2019).



2.6 Drenagem urbana em favelas: estudos de caso no Brasil

A urbanização de favelas impõe desafios significativos à implementação de soluções eficazes de drenagem urbana, especialmente quando estas não são integradas a um planejamento mais amplo e interdisciplinar. Estudos como o de Andrade (2011), assim como os de Abiko et al. (2003), Biderman e Lindoso (2007) e Brasil (2007), evidenciam que, apesar de inovações em programas como o Mananciais, ainda persiste uma abordagem fragmentada na urbanização de assentamentos precários. A ausência de uma perspectiva holística resulta não apenas em perdas físicas e econômicas, mas também em impactos sociais e ambientais (UN-HABITAT, 2003; JACOBSEN et al., 2012). A adoção de soluções sustentáveis requer não apenas adequação técnica, mas também consideração das condições reais de financiamento, vulnerabilidades sociais e dinâmicas territoriais (ABIKO et al., 2003; BRASIL, 2007). Nesse contexto, a participação ativa dos moradores e a articulação entre setores técnicos e sociais são fundamentais para garantir a continuidade e a eficácia dos projetos (UN-HABITAT, 2003; BIDERMAN; LINDOSO, 2007)

.Na Região Metropolitana de Belém, Ponte e Brandão (2014) analisaram intervenções em áreas alagáveis e identificaram a carência de um plano metropolitano de drenagem urbana como um dos principais entraves à gestão eficiente das águas urbanas. A precariedade institucional, a ausência de dados básicos e a fragmentação das competências entre os municípios resultam em intervenções desarticuladas, que muitas vezes reproduzem padrões convencionais inadequados ao contexto amazônico. Embora alguns projetos empreguem tecnologias compreensivas de drenagem, estas ainda são adotadas de forma limitada. Os autores reforçam a urgência de subsidiar tecnicamente um planejamento metropolitano que reconheça a gestão integrada das águas como eixo estruturante para o ordenamento territorial e a qualificação das áreas vulneráveis.

Complementando essa perspectiva, Santos et al. (2013) demonstraram, por meio de simulações hidrológicas, que é possível reorganizar os padrões de escoamento urbano em favelas por meio da adoção de pequenas estruturas de retenção localizadas nos lotes e de reservatórios maiores em zonas de transição entre a cidade informal e a formal. Mesmo em áreas de encosta já degradadas, essas soluções se mostraram eficazes para mitigar o impacto do escoamento superficial e prevenir sobrecargas à jusante. Os autores destacam que a drenagem



urbana deve ser articulada a outras dimensões do saneamento e do desenho urbano, ressaltando a importância de integrar engenharia, arquitetura e paisagismo no desenvolvimento de soluções adaptadas e sustentáveis.

Por fim, o estudo de Carulli et al. (2021) reforça a necessidade de repensar as concepções tradicionais de drenagem nos projetos de urbanização de favelas. A comparação entre dois projetos revelou que, enquanto um deles manteve o padrão convencional de canalização e priorização viária, o outro incorporou a drenagem como elemento estruturante da paisagem urbana, com ganhos sociais e ambientais perceptíveis. As autoras alertam para a ausência de parâmetros mais amplos de qualidade ambiental nos projetos, que frequentemente reduzem a drenagem à simples gestão de volumes. Elas defendem que soluções integradas devem contemplar aspectos como biodiversidade, espaços de lazer, recarga dos aquíferos e requalificação de áreas de preservação permanente. Além disso, destacam a importância da participação social desde a concepção dos projetos, bem como o papel da intersetorialidade como condição para a apropriação e manutenção dos espaços urbanos pós-intervenção.

Em conjunto, essas experiências apontam para a necessidade de superação dos modelos convencionais, técnicos e centralizadores, e indicam que soluções eficazes em drenagem urbana em favelas devem ser sensíveis ao território, interdisciplinares e socialmente construídas. O avanço dessas práticas depende do fortalecimento institucional, da integração entre políticas públicas e da valorização do conhecimento local e da participação comunitária na produção do espaço urbano.



3 METODOLOGIA

A metodologia para realizar este estudo foi estruturada com o objetivo de analisar e propor soluções técnicas para o dimensionamento da rede de microdrenagem em comunidades informais, caracterizadas por ocupação irregular, adensamento populacional elevado e ausência de infraestrutura básica adequada. O estudo adota uma abordagem aplicada, combinando métodos quantitativos e qualitativos, com caráter descritivo e exploratório. Essa abordagem permite compreender de forma abrangente a realidade complexa dessas áreas e propor alternativas viáveis e adaptadas às propostas em Norma e Manuais de Instruções Técnicas, levando em conta o seu contexto geográfico, urbano e social.

Inicialmente é preciso realizar ou obter juntamente com a prefeitura, o levantamento topográfico da região para Complementarmente, os dados primários serão coletados por meio de observações diretas no local, com visitas técnicas destinadas a identificar as condições reais de acesso, ocupação do solo, topografia e práticas atuais de disposição de esgoto.

Os dados foram obtidos por meio de fontes institucionais, como publicações técnicas, dados estatísticos de órgãos oficiais. Essas informações fornecerão uma base teórica e técnica que fundamentará o diagnóstico da situação existente e o desenvolvimento da proposta de dimensionamento da rede coletora de esgoto.

O processo de dimensionamento da rede coletora será conduzido conforme as diretrizes estabelecidas pelas normas técnicas brasileiras, notadamente o Manual de Instruções Técnicas da Rio-Águas (RIO DE JANEIRO, 2019). No entanto, será necessário adaptar tais diretrizes à realidade das comunidades informais, considerando as limitações impostas pela ausência de planejamento urbano, a malha viária estreita, a ocupação densa e desorganizada e a dificuldade de implantação de sistemas convencionais de coleta e tratamento de esgoto.

Para apoiar os cálculos e a concepção do sistema, foram utilizadas ferramentas computacionais como planilhas de dimensionamento. A proposta de rede será desenvolvida com foco na simplicidade construtiva e na sustentabilidade, de fácil execução e que possam ser mantidas pela própria comunidade ou por serviços públicos locais.



Por fim, a proposta técnica será avaliada quanto à sua aplicabilidade no contexto específico da comunidade analisada. Aspectos como impacto ambiental, melhoria das condições de salubridade, custo-benefício e integração com outras infraestruturas urbanas serão levados em conta. O trabalho busca, assim, contribuir para o desenvolvimento de soluções viáveis e sustentáveis para o saneamento em áreas urbanas informais, respeitando suas singularidades e promovendo a inclusão socioambiental por meio do acesso à infraestrutura básica.

A metodologia de dimensionamento seguiu as etapas que serão apresentadas a seguir.

3.1 Traçado da rede de drenagem proposta

A definição do traçado em planta da rede de drenagem constitui uma etapa inicial para o dimensionamento hidráulico. Nesta fase, foi adotada uma abordagem integrada entre análise topográfica e avaliação do uso e ocupação do solo.

Inicialmente, foram analisadas as curvas de nível obtidas a partir de levantamento planialtimétrico, com escala 1:2.000, fornecido pela Prefeitura do Rio de Janeiro, para identificar as direções preferenciais de escoamento superficial. Essa análise permitiu traçar as linhas de drenagem natural e definir os divisores de sub-bacias contribuintes.

Em seguida, foram identificados os logradouros com maior vocação para implantação da rede, considerando o traçado viário existente e a localização de interferências físicas relevantes, como árvores, edificações e declividades inadequadas.

O traçado preliminar foi ajustado de modo a garantir o escoamento gravitacional ao longo da rede. O ponto de lançamento final (exutório), foi considerado no final da comunidade, mas não foi avaliada a capacidade do sistema de drenagem existente para o qual a nova rede irá contribuir.

Por fim, o traçado definido em planta serviu de base para a setorização da rede (galerias e poços de visita), delimitação das áreas de contribuição de cada trecho e subsequente dimensionamento hidráulico das galerias de drenagem.



3.2 Delimitação das áreas de contribuição

A definição das bacias de contribuição foi realizada com base no traçado preliminar da rede de drenagem e nas características topográficas da área. Considerou-se como exutório de cada sub-bacia o poço de visita associado a dispositivos de captação superficial, como bocas de lobo ou caixas ralo, assumindo-se que esses elementos são os pontos de coleta do escoamento superficial para o sistema enterrado.

Inicialmente, foram delimitadas as áreas de contribuição a partir da análise das curvas de nível, observando as direções preferenciais de escoamento e os limites naturais e artificiais (vias, muros, edificações) que influenciam o comportamento do escoamento pluvial.

Para cada dispositivo de captação associado a um poço de visita, foi traçado o contorno da área de contribuição direta, assumindo que o escoamento superficial converge para aquele ponto em função da declividade e da geometria do espaço urbano. Nas vias com declividade longitudinal acentuada, a captação foi atribuída ao dispositivo mais próximo situado a jusante, respeitando o caminho preferencial da água.

3.3 Definição da Chuva de Projeto

Considerando que as chuvas são fenômenos naturais com padrões e comportamentos variáveis no tempo e no espaço, os projetos de drenagem devem ser planejados com base em um padrão de precipitação para o qual o sistema será capaz de suportar o volume de escoamento superficial gerado. Esse padrão de precipitação é denominado chuva de projeto.

Segundo Miguez, Veról e Rezende (2015), a análise de uma chuva de projeto requer alguns dados fundamentais, como a área de abrangência (ou seja, a área de drenagem afetada pela chuva), a duração do evento pluviométrico e a probabilidade de ocorrência. Além disso, a intensidade das chuvas é um aspecto crucial nesse estudo e deve ser avaliada com base em três princípios gerais:

- A intensidade da chuva é diretamente proporcional ao tempo de recorrência;
- A intensidade da chuva é inversamente proporcional à duração do evento pluviométrico;



- O evento pluviométrico apresenta uma redução exponencial de intensidade à medida que a área de abrangência aumenta.

Diante disso, a primeira etapa para o planejamento do sistema de drenagem consiste em determinar o nível de segurança requerido, o que está diretamente relacionado ao tempo de recorrência. Este, por sua vez, refere-se ao intervalo de tempo em que um determinado evento poderá ser igualado ou superado, sendo diretamente associado à frequência de sua ocorrência, conforme descrito na Equação 1.

$$TR = 1/f$$

Equação 1

As variáveis da Equação 1 correspondem a: TR: Tempo de recorrência (anos); f: Frequência de ocorrência do evento TR em um ano.

Se uma chuva ocorre ou é excedida, em média, a cada 10 anos, seu tempo de recorrência será de 10 anos, e a probabilidade de ocorrência em um ano isolado será de 10%. Assim, quanto maior o tempo de recorrência considerado no projeto, maior será a segurança proporcionada pelo sistema, mas também mais elevado será o investimento necessário para sua construção. Por esse motivo, é fundamental equilibrar a segurança desejada com os custos do projeto ao determinar o tempo de recorrência adequado para dimensionar o sistema de drenagem.

O tempo de recorrência também está diretamente relacionado ao tipo de sistema de drenagem adotado, que pode variar em suas aplicações. A Tabela 1 apresenta tempos de recorrência recomendados conforme as características de diferentes sistemas.

Características do sistema	Tr (anos)
Microdrenagem	2 a 10
Macro drenagem	25 a 50
Grandes corredores de tráfego e áreas vitais para a cidade	100
Áreas onde se localizam instalações e edificações de uso estratégico, como hospitais, bombeiros, polícia, centros de controle de emergências, etc.	500
Quando há risco de perdas de vidas humanas	100 (mínimo)

Tabela 1. Períodos de retorno (Tr) indicados para diferentes sistemas de drenagem urbana.

Fonte: (Manual da Rio Águas, 2019)

Com relação ao conceito de tempo de concentração, segundo Miguez, Veról e Rezende (2015), ele representa o intervalo necessário desde o início da precipitação até que toda a bacia



hidrográfica seja abrangida pela chuva, de forma que a vazão na seção estudada seja influenciada por toda a área da bacia. Esse tempo é dividido em duas partes principais:

- Tempo de equilíbrio: corresponde ao período necessário para que o escoamento superficial atinja uma condição estável.
- Tempo de viagem: é o período requerido para o deslocamento do escoamento superficial desde o ponto mais distante da bacia até o exutório.

Portanto, é imprescindível determinar a duração da chuva de projeto em função do tempo de concentração da bacia, garantindo que todo o escoamento gerado seja contemplado. Em muitos casos, a chuva de projeto deve ser configurada com uma duração igual ao tempo de concentração, permitindo uma análise completa dos processos hidrológicos e uma avaliação precisa dos riscos envolvidos.

Com as durações e frequências das chuvas de projeto já definidas, esta etapa consiste na escolha da equação intensidade \times duração \times frequência ($i \times d \times f$) que melhor representa os eventos extremos característicos da região de estudo.

São avaliadas diferentes equações disponíveis para o Município do Rio de Janeiro, elaboradas com base em séries históricas de dados pluviométricos de estações da região. A escolha da equação adotada considera principalmente: (i) a compatibilidade entre as durações previamente calculadas e os intervalos de validade da equação; (ii) o ano-base e a representatividade estatística da estação utilizada na sua calibração; e (iii) a proximidade da estação pluviométrica de referência em relação à área de estudo.

Entre as opções avaliadas, adota-se a equação que melhor reflete a distribuição de intensidade de precipitação observada nas durações e frequências estabelecidas no projeto, de modo a garantir maior confiabilidade às estimativas de vazão utilizadas no dimensionamento do sistema de drenagem.

A Equação 2 expressa na forma geral a intensidade da chuva.

$$i = \frac{a T r^b}{(t+b)^d}$$

Equação 2



i = intensidade pluviométrica em mm/h; Tr = tempo de recorrência em anos; t = tempo de duração da precipitação em minutos; a , b , c e d , valores dos coeficientes conforme apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Coeficientes de chuvas IDF segundo o Manual de Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana do Município do Rio de Janeiro.

Pluviômetro	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>	Fonte
Santa Cruz	711,3	0,18	7,00	0,687	PCRJ- Cohidro
Campo Grande	891,6	0,18	14,0	0,689	PCRJ- Cohidro
Mendanha	843,7	0,17	12,0	0,698	PCRJ- Cohidro
Bangu	1.208	0,17	14,0	0,788	PCRJ- Cohidro
Jardim Botânico	1.239	0,15	20,0	0,740	Ulysses Alcântara
Capela Mayrink	921,3	0,16	15,4	0,673	Rio-Águas (2003)
Via11	1.423	0,19	14,5	0,796	Rio-Águas (2005)
Sabóia Lima	1.782	0,17	16,6	0,841	Rio-Águas (2006)
Realengo	1.164	0,14	6,96	0,769	Rio-Águas (2006)
Irajá	5.986	0,15	29,7	1,050	Rio-Águas (2007)
Eletróbrás -Taquara	1.660	0,15	14,7	0,841	Rio-Águas (2009)

Fonte: Rio-Águas (2019)

Aplica-se a equação conforme os períodos de retorno definidos para cada componente do sistema, permitindo calcular as intensidades correspondentes às durações críticas em cada trecho da rede de drenagem.

3.4 Determinação das vazões de contribuição

O cálculo da vazão de projeto é realizado por meio do Método Racional modificado, incorporando o critério proposto por Fantolli, que considera uma correção para áreas urbanas com coeficiente de runoff elevado, aumentando a representatividade do método em regiões densamente impermeabilizadas. A equação utilizada é apresentada na Equação 3.

$$Q = 0,00278 \, n \, i \, f \, A$$

Equação 3

em que:

Q é a vazão de pico (m^3/s), n = coeficiente de distribuição:



para $A < 1$ ha, $n = 1$

para $A > 1$ ha, $n = A^{-0,15}$

i é a intensidade da chuva (mm/h), determinada a partir da equação $i \times d \times f$ para a duração crítica, A é a área de contribuição (ha); A = área da bacia de contribuição em hectares; f = coeficiente de deflúvio (Fantoli).

$$f = m (it)^{1/3}$$

em que: t = tempo de concentração em minutos; $m = 0,0725 C$, C = coeficiente de escoamento superficial.



3.5 Dimensionamento das Galerias de Drenagem

O dimensionamento hidráulico das galerias pluviais é realizado com base na metodologia proposta por Ulisses M. A. de Alcântara, no “Roteiro para o Projeto de Galerias Pluviais de Seção Circular”, publicado em 1962 na Revista de Engenharia Sanitária da Associação Interamericana de Engenharia Sanitária. Essa abordagem permite determinar o tirante normal, o enchimento e a velocidade de escoamento com base no deflúvio calculado e nas características geométricas da galeria.

A primeira etapa consiste no cálculo do fator de condução (K), dado pela Equação 4.

$$K = \frac{Q}{\sqrt{i}}$$

Equação 4

em que:

Q é o deflúvio a escoar (m³/s);

i é a declividade da galeria (m/m).

Com o valor de K, calcula-se o argumento auxiliar c_2 , que relaciona a capacidade hidráulica do conduto com seu diâmetro e rugosidade, conforme apresentado na Equação 5.

$$c_2 = \frac{K}{\left(\frac{d^{8/3}}{n}\right)}$$

Equação 5

em que:

d é o diâmetro do tubo (m);

n é o coeficiente de rugosidade de Manning, adotado de acordo com o material do conduto, conforme sugerido pela Tabela 2 (Rio-Águas, 2019).



Tabela 2. Coeficientes de rugosidade (Manning) para Galerias fechadas

<i>Tipo de conduto</i>	<i>Mínimo</i>	<i>Máximo</i>	<i>Valor usual</i>
Alvenaria de Tijolos	0,014	0,017	0,015
Tubos de concreto armado	0,011	0,015	0,013
Galeria celular de concreto – pré-moldada	0,012	0,014	0,013
Galeria celular de concreto – forma de madeira	0,015	0,017	0,015
Galeria celular de concreto – forma metálica	0,012	0,014	0,013
Tubos de ferro fundido	0,011	0,015	0,011
Tubos de aço	0,009	0,011	0,011
Tubos corrugados de metal			
68x13mm	0,019	0,021	0,021
76x25mm	0,021	0,025	0,025
152x51mm	0,024	0,028	0,028
Tubos corrugados polietileno	0,018	0,025	0,025
Tubos de PVC	0,009	0,011	0,011

Fonte: Rio-Águas (2019)

Com o valor de c_2 , consulta-se o gráfico apresentado no Anexo I do referido roteiro técnico, que fornece a relação entre o tirante e o diâmetro do conduto (y/d), ou seja, o enchimento, expresso em porcentagem. O tirante normal (y) é então obtido pela Equação 6.

$$y = c_2 \cdot d$$

Equação 6

A verificação do enchimento da seção é feita por meio da razão entre o tirante normal e o diâmetro da galeria: Enchimento (%) = $y/d \cdot 100$

Por fim, a velocidade de escoamento (V) é calculada com base na equação da continuidade: $V = Q/A$

O diâmetro d considerado nesta etapa corresponde ao da rede de drenagem a ser dimensionada na área de estudo. Essa metodologia permite avaliar se os condutos operam com eficiência hidráulica adequada, garantindo o escoamento das vazões pluviais projetadas, porém, realizam a simplificação de escoamento permanente e uniforme, no qual é considerada apenas



a vazão máxima afluente e desconsiderados possíveis efeitos de remanso ocasionados por restrições de jusante.

3.6 Verificações de Projeto

3.6.1 Velocidades admissíveis para Galerias fechadas:

As velocidades máximas e mínimas definidas foram baseadas em Rio de Janeiro (2019), e seguem os seguintes valores:

- Velocidade máxima = 5,0 m/s
- Velocidade mínima = 0,8 m/s

A Fundação Rio-Águas, assim como outras entidades responsáveis por drenagem urbana no Brasil, estabelece velocidades mínimas e máximas de escoamento em galerias pluviais fechadas (tubos ou canais enterrados) com base em critérios hidráulicos, operacionais e estruturais. O objetivo é garantir a eficiência do escoamento, a durabilidade das estruturas e a segurança das obras. Abaixo, estão listados os principais motivos para essa limitação:

MOTIVOS PARA DELIMITAÇÃO DE VELOCIDADES

Velocidade Mínima ($\geq 0,8$ m/s):

Para evitar acúmulo de sólidos e garantir autolimpeza da galeria.

- Evita sedimentação de areia, folhas, lixo e outros detritos.
- Reduz entupimentos e manutenção frequente.
- Garante eficiência hidráulica ao longo da vida útil.

Abaixo de 0,8 m/s, o escoamento pode ser muito lento para arrastar os sólidos transportados pela água da chuva.

Velocidade Máxima (≤ 5 m/s):

Para evitar erosão interna da galeria e danos estruturais.

- Preserva o material da galeria, como concreto ou PEAD.
- Evita ruptura de juntas, desgaste e deslocamento de tubos.
- Minimiza ruídos e vibrações em áreas urbanas.
- Garante segurança hidráulica em áreas com declive acentuado.



Acima de 5 m/s, o fluxo pode se tornar muito agressivo, causando erosão do fundo da galeria, deterioração do material e até rompimento. (Manual de Instruções Técnicas, 2019)

Ao considerar a implementação de soluções urbanísticas, viárias ou técnicas dentro de comunidades informais como a Vila Parque da Cidade, emerge um debate sensível sobre a viabilidade do cumprimento de parâmetros técnicos previstos em normas — entre eles, as velocidades mínimas e máximas de escoamento ou circulação.

Normas técnicas são projetadas, em sua maioria, a partir de condições ideais de urbanização, infraestrutura regular e solo preparado. No entanto, no contexto de comunidades informais, o relevo acidentado, a ausência de planejamento urbano prévio e a ocupação consolidada ao longo do tempo impõem restrições físicas e sociais que podem inviabilizar a aplicação literal desses parâmetros.

Surge, assim, uma tensão entre a técnica normativa e a realidade social. De um lado, há o risco de se comprometer a funcionalidade e a durabilidade das soluções ao flexibilizar exigências como a velocidade de escoamento em redes de drenagem ou de trânsito em vias estreitas. De outro, ignora-se a possibilidade de avanço se se mantiver uma rigidez normativa que desconsidera a especificidade do território.

A reflexão ética recai sobre a seguinte questão: é preferível realizar uma intervenção adaptada e imperfeita, ou abster-se da ação por impossibilidade de cumprimento pleno das normas? Em muitos casos, a resposta prática tem sido a de intervir de forma contextualizada, mesmo que fora dos padrões formais, como forma de garantir benefícios imediatos à população local. Trata-se de uma abordagem que valoriza a dignidade humana e o direito à cidade, ainda que em tensionamento com a técnica.

Do ponto de vista social, essa escolha pode ser lida como uma afirmação da equidade territorial, na qual comunidades historicamente marginalizadas passam a ser incluídas nas políticas públicas — ainda que por vias alternativas. Ao mesmo tempo, tal prática exige constante vigilância crítica, para que a flexibilização não se torne sinônimo de precariedade, mas sim de adaptação responsável e transparente.



Em última instância, o debate não é sobre ignorar normas, mas sim sobre como reinterpretá-las à luz das realidades urbanas plurais, sem perder de vista a função original da norma: proteger, organizar e viabilizar o uso coletivo do espaço urbano. Portanto, qualquer solução fora do parâmetro deve vir acompanhada de justificativas técnicas, estudos de impacto e, sobretudo, escuta comunitária.

3.6.2 *Relação de enchimento (Y/D)*

As galerias serão projetadas como condutos livres e deverão ser obedecidas em projeto as seguintes condições (Tabela 3):

Tabela 3. **Relação de enchimento admissível para diferentes tipos de condutos em sistemas de drenagem.**

<i>Tipo de conduto</i>	<i>Relação de enchimento</i>
Galerias e ramais circulares	$Y/D \leq 0,85$
Galerias retangulares fechadas	$Y/D \leq 0,90$
Canaletas retangulares abertas	$Y/D \leq 0,80$
Canaletas circulares abertas (meia calha)	$Y/D \leq 0,30$

Fonte: (Manual de Instruções Técnicas, 2019)

No dimensionamento de condutos livres, a relação de enchimento y/d — onde y representa a altura da lâmina d'água e d o diâmetro interno do tubo — é um parâmetro fundamental para garantir o bom funcionamento de sistemas de drenagem e esgotamento.

No entanto, quando o contexto é o de comunidades informais como a Vila Parque da Cidade, onde as redes são frequentemente inseridas de forma adaptada a terrenos irregulares, com restrições de espaço, cotas desfavoráveis e ocupação consolidada, a adoção irrestrita desses parâmetros pode se tornar impraticável.

Levanta-se, então, uma questão ética e técnica central: é melhor manter o sistema subdimensionado, porém existente, mesmo com um y/d acima do ideal — ou abdicar de executar qualquer infraestrutura por inviabilidade de atender às normas?



Esse dilema coloca em perspectiva a necessidade de flexibilização consciente. Em muitos casos, uma relação de enchimento mais elevada pode ser tolerada, desde que o sistema seja estável, monitorado e planejado com margens operacionais e manutenções regulares. Nesse sentido, o “não ideal” pode ser socialmente mais justo do que a ausência de solução.

Sob o ponto de vista social, a adoção de um sistema fora dos padrões normativos pode ser compreendida como uma estratégia de inclusão urbana, permitindo que populações historicamente negligenciadas tenham acesso a serviços básicos, mesmo que por meio de sistemas “não convencionais”. Tal postura exige, contudo, que haja transparência técnica, acompanhamento posterior e justificativa clara no projeto.

Do ponto de vista ético, o desafio está em evitar que essa flexibilização seja usada para justificar soluções improvisadas e precárias. A diferença entre adaptação técnica responsável e negligência projetual é tênue, e deve ser tratada com rigor crítico.

Por fim, a análise da relação y/d neste contexto demonstra que a norma não deve ser abandonada, mas reinterpretada sob a ótica da realidade urbana complexa. O papel do profissional é mediar entre os princípios técnicos e as condições de aplicação concreta, sempre com o compromisso de promover soluções funcionais, seguras e socialmente justas.

3.6.3 Profundidade mínima

Segundo Manual da Rio Águas, a profundidade mínima (h) admissível para a geratriz inferior interna do tubo é definida da seguinte maneira:

$$h = \phi + \frac{\phi}{2} + 0,40$$

onde:

h = profundidade mínima admissível (m);

ϕ = diâmetro da tubulação (m).

Caso esta condição não seja atendida poderá ser considerado no projeto a utilização de tubos PA2 ou PA3, como previsto no Manual Técnico da Rio Águas.



A profundidade mínima para assentamento de tubulações, geralmente busca garantir proteção estrutural contra cargas externas, estabilidade da instalação, manutenção da declividade e prevenção contra danos superficiais.

Contudo, ao aplicar esse parâmetro em comunidades de ocupação informal como a Vila Parque da Cidade, surge novamente o conflito entre a técnica normativa e as limitações do território real. A escavação profunda, embora desejável do ponto de vista técnico, representa uma série de obstáculos nesse contexto:

- Custos elevados de escavação e transporte de material, especialmente em áreas com difícil acesso para maquinário.
- Risco de instabilidade de taludes ou fundações de habitações próximas, agravado pela natureza íngreme do terreno.
- Falta de espaço físico para execução de valas largas e profundos recuos para segurança de trabalhadores.
- Dificuldade de escoramento adequado ou operação manual segura em escavações muito profundas.

Diante disso, surge a questão: é factível adotar profundidades menores, da ordem de 1,0 m a 1,20 m, mesmo que fora do padrão normativo? E mais: como esse posicionamento se sustentaria diante da necessidade futura de expansão da rede, por exemplo, substituindo uma pequena galeria com 14 poços de visita (PVs) por uma galeria maior?

A resposta está menos em um "sim" ou "não" e mais na análise de viabilidade técnica contextualizada. Em projetos localizados como esse, onde a intervenção é restrita, a adoção de profundidades mínimas ligeiramente menores pode ser justificável, desde que acompanhada de:

- Proteção adicional das tubulações (com concreto magro, reforço de base ou uso de tubos de maior resistência).
- Planejamento de traçados que reduzam cargas concentradas.
- Priorização de vias de acesso ou servidões técnicas existentes.

Entretanto, o mesmo raciocínio pode não ser sustentável caso se pretenda aumentar significativamente o porte da galeria ou expandir o sistema para águas pluviais de maior vazão.



Tubulações maiores exigem declividades constantes, seções maiores e profundidades mais elevadas — o que implicaria uma reestruturação física do território que talvez não seja viável sem realocação de moradias ou intervenções urbanísticas amplas.

Assim, a discussão em torno da profundidade mínima é também uma discussão sobre escalabilidade e permanência da infraestrutura: projetar raso é uma solução prática para o agora, mas pode limitar a evolução do sistema. Por outro lado, projetar em profundidade pode tornar o projeto financeiramente ou tecnicamente inviável no presente.

Portanto, mais uma vez, a engenharia se vê diante do equilíbrio entre a norma e a necessidade, entre o “ideal técnico” e o “possível urbano”. Cabe ao projetista, com apoio da comunidade e dos órgãos públicos, ponderar riscos, custos, impactos e expectativas de futuro, de forma transparente e documentada.

3.6.4 *Transposição de interferências*

A norma técnica usualmente estabelece que, para a transposição de interferências (como redes de água, gás, energia, drenagem ou esgoto), deve-se garantir uma folga mínima de 0,20 m entre as geratrizes externas das tubulações e o objeto transposto. Esse afastamento visa assegurar a integridade estrutural de ambas as infraestruturas, permitir manutenção futura e minimizar riscos durante a obra.

Embora tecnicamente razoável, esse parâmetro torna-se especialmente desafiador em ambientes densamente ocupados, como é o caso da comunidade Vila Parque da Cidade. Nesses locais, o subsolo urbano frequentemente já está saturado por redes pré-existentes, muitas vezes executadas sem registro preciso, em diferentes profundidades, materiais e condições.

No espaço urbano formal, cumprir a folga de 0,20 m já exige planejamento detalhado e sondagens precisas. Na realidade comunitária, esse desafio se amplia exponencialmente por fatores como:

- Ausência de cadastro subterrâneo confiável;
- Sobreposição informal de redes (água e esgoto próximos, ou esgoto e energia em cruzamento);



- Espaço físico extremamente limitado para reposicionamento de traçados;
- Interferências inesperadas durante a execução da escavação, inclusive fundações de edificações precárias ou sistemas improvisados de drenagem e esgoto;
- Risco de interrupção de serviços essenciais da própria comunidade.

Nesse contexto, o cumprimento estrito da folga mínima pode simplesmente inviabilizar a obra. Mas a sua flexibilização, por outro lado, não deve ser feita de forma irresponsável, pois aumenta o risco de acidentes, falhas estruturais ou compromete a manutenção futura da rede.

Dessa maneira, mais uma vez se apresenta o dilema técnico-social: é melhor deixar de intervir por não ser possível manter 0,20 m de afastamento, ou realizar uma transposição com folga reduzida, mas tecnicamente justificada e cuidadosamente executada?

A resposta mais sensata parece estar no equilíbrio entre o risco e o benefício, priorizando:

- Levantamentos de campo detalhados, mesmo que por métodos visuais ou sondagens pontuais de baixo custo;
- Proteção mecânica reforçada em trechos críticos (como envelopamento com concreto ou defletores);
- Alteração pontual de cotas para viabilizar o cruzamento em desnível;
- Documentação clara de qualquer flexibilização adotada, com justificativa técnica.

Do ponto de vista ético, o projetista deve agir com total transparência técnica: nem subestimar os riscos da interferência nem sacrificar a funcionalidade geral do sistema por um critério que, naquele território, é materialmente impossível de cumprir.

A transposição de interferências, portanto, deixa de ser apenas um problema de projeto e passa a ser uma questão de mediação urbana e sensibilidade territorial. E reforça a necessidade de que as normas, ainda que imprescindíveis, sejam interpretadas com flexibilidade responsável, sempre tendo como norte a segurança, a viabilidade e a dignidade dos espaços populares.



3.6.5 Dimensões mínimas

As diretrizes técnicas apresentadas por Rio de Janeiro (2019) estabelecem em 0,40 m o diâmetro mínimo.

No presente projeto de implantação de galeria em trecho da comunidade Vila Parque da Cidade, todas as dimensões mínimas previstas em norma técnica — incluindo profundidade de assentamento, relação de enchimento, folgas para transposição de interferências e declividades mínimas — foram respeitadas. Esse resultado foi possível devido à escolha criteriosa do traçado, à escala relativamente reduzida da intervenção (14 poços de visita).

Contudo, é importante reconhecer que esse cenário não necessariamente se repete em outras áreas ou projetos semelhantes. A realidade das comunidades urbanas é marcada por grande diversidade topográfica, espacial e social, o que pode levar a situações em que o cumprimento pleno das normas técnicas se torna inviável sem comprometer a viabilidade técnica, econômica ou social do empreendimento.

Em contextos onde as dimensões mínimas não puderem ser plenamente atendidas, seja por restrição de espaço, excesso de interferências subterrâneas, risco geotécnico ou outras condicionantes, será necessário adotar soluções adaptadas, acompanhadas de análise técnica cuidadosa e justificativas formais. Exemplos dessas soluções incluem:

- Redução pontual da profundidade de assentamento, com uso de proteção mecânica reforçada;
- Transposição de interferências com folgas menores, compensadas por envelopamento ou sistemas de amortecimento;
- Ajuste na relação de enchimento, desde que a capacidade hidráulica seja garantida;
- Desvios de traçado em áreas críticas, mesmo que impliquem aumento de extensão.

É fundamental que tais decisões sejam tomadas com base em critérios técnicos rigorosos, nunca por improviso, e que sejam documentadas no projeto executivo e no memorial descritivo, com atenção à futura manutenção do sistema.



Adicionalmente, é importante destacar que a eventual não conformidade com uma dimensão mínima normativa não invalida o projeto como um todo, desde que a solução adotada seja segura, funcional e justificada. Esse entendimento permite que se evite uma rigidez excessiva que, na prática, pode impedir a realização de melhorias básicas em áreas de alta vulnerabilidade.

Assim, a experiência deste projeto serve como referência, mas não como modelo rígido: o sucesso no atendimento aos parâmetros mínimos foi uma conquista do processo de planejamento, mas cada intervenção em comunidades urbanas exige avaliação individualizada, com equilíbrio entre norma, território e função social da infraestrutura.

3.6.6 *Espaçamento de Poços de Visita*

O espaçamento entre poços de vista (PV) deverá estar compreendido entre 30,0m e 40,0m, independentemente do diâmetro da tubulação, de acordo com a norma técnica.

No entanto, ao transportar essa exigência para áreas urbanas informais e densamente ocupadas, como a comunidade Vila Parque da Cidade, surgem restrições práticas que podem inviabilizar o cumprimento literal desse parâmetro. São comuns, nesses territórios:

- Vias estreitas, sinuosas ou interrompidas, que dificultam o traçado retilíneo ideal entre PVs;
- Presença de moradias e obstáculos físicos que impedem a implantação de PVs nos pontos desejáveis;
- Resistência social à instalação de estruturas em locais visíveis ou de passagem;
- Orçamento restrito e execução manual, que limita a quantidade de estruturas possíveis por metro de rede.

Diante dessas limitações, o projetista e a equipe técnica frequentemente enfrentam a seguinte questão prática: é melhor instalar os PVs com espaçamentos fora da norma — por exemplo, com distâncias superiores a 50 m ou inferiores a 20 m —, ou abandonar a implantação do sistema por inviabilidade física ou social?

Do ponto de vista técnico ideal, o não cumprimento do espaçamento normativo acarreta riscos importantes, como:



- Dificuldade de acesso para manutenção e limpeza da rede, sobretudo em caso de entupimentos;
- Aumento da pressão interna e possíveis extravasamentos em trechos muito longos sem alívio;
- Comprometimento da ventilação, aumentando a concentração de gases e reduzindo a durabilidade dos materiais;
- Maior custo de manutenção corretiva ao longo do tempo.

No entanto, do ponto de vista social e ético, há um argumento igualmente forte: deixar de implantar a infraestrutura básica por não conseguir seguir à risca o espaçamento entre PVs é, na prática, aceitar a perpetuação da ausência de saneamento e drenagem em áreas vulneráveis.

Assim, flexibilizar o espaçamento pode ser uma solução responsável, desde que:

- A decisão seja tecnicamente justificada (por meio de cálculos hidráulicos, levantamento de campo, e análise de manutenção);
- Haja uso de PVs alternativos, como caixas de inspeção menores ou pontos de limpeza adicionais;
- Sejam adotadas soluções de reforço no traçado, como tubos de maior resistência ou sistemas auxiliares de inspeção por sondas;
- A rede seja implantada com declividades constantes e mínima variação de direção.

Esse tipo de solução exige, acima de tudo, uma atuação consciente do projetista, que deve equilibrar o dever técnico com o dever social, garantindo que a intervenção seja funcional, segura e viável dentro do contexto urbano real.

Portanto, o cumprimento do espaçamento normativo entre PVs é desejável — mas não pode ser um impeditivo absoluto para a realização de obras essenciais. Quando bem fundamentada e adequadamente registrada em projeto e memorial, a adaptação do espaçamento deixa de ser um erro e passa a ser uma estratégia legítima de inclusão urbana e engenharia socialmente consciente.

3.6.7 FAIXA NON AEDIFICANDI



Se trata da Faixa onde não é permitida edificação (sobre e sob), visando a proteção e manutenção das calhas dos cursos d'água e galerias de drenagem.

Para as galerias de drenagem subterrâneas a Rio-Águas tem adotado a exigência de 1,50 m de afastamento lateral em cada lado, a partir da face externa da galeria, garantindo espaço adequado para manutenção e operação do sistema.

No entanto, em áreas como a Vila Parque da Cidade — uma comunidade consolidada sobre topografia irregular e com ocupação espontânea —, a aplicação literal dessas FNAs torna-se impraticável.

A impossibilidade de respeitar tais afastamentos decorre de fatores como:

- Presença de edificações sobre ou imediatamente ao lado das redes, muitas vezes sem cadastro;
- Largura total das vielas inferior à própria faixa exigida pela norma;
- Ausência de reservas técnicas no tecido urbano — toda área é funcional para moradia, circulação ou serviços;
- Dificuldade política e social de remoções, ainda que parciais, para abertura de espaço técnico.

Assim, impõe-se uma reflexão fundamental: como projetar infraestrutura pública em áreas onde o solo disponível já está completamente ocupado? E mais ainda: vale a pena manter a exigência da FNA se ela inviabiliza o acesso a serviços básicos de saneamento e drenagem?

A resposta, mais uma vez, aponta para a flexibilização crítica e responsável. Não se trata de ignorar a importância das faixas de proteção, mas de compreender que o espaço urbano real nem sempre comporta a cidade normativa. O desafio técnico, então, passa a ser:

- Garantir acessibilidade mínima à rede, mesmo que lateralmente ou de forma vertical;
- Reforçar a estrutura das tubulações, prevendo sobrecargas geradas por edificações adjacentes;



- Mapear com precisão o traçado das redes, ainda que executadas fora da FNA, para evitar riscos futuros;
- Registrar e justificar tecnicamente a não aplicação das FNAs, em projeto e em eventual termo de responsabilidade técnica.

Do ponto de vista ético e urbanístico, negar o acesso ao saneamento sob o argumento da impossibilidade de cumprir a faixa de afastamento equivale a manter populações inteiras à margem do direito à infraestrutura básica. Já implantar sistemas seguros, ainda que fora dos afastamentos ideais, é reconhecer a complexidade da cidade real e atuar sobre ela com responsabilidade.

Dessa forma, o não cumprimento das FNAs em comunidades não deve ser encarado como um desvio técnico, mas como uma solução adaptativa frente a um problema urbano estrutural — desde que acompanhado de medidas compensatórias e de documentação técnica adequada.

No capítulo de Resultados será apresentada uma tabela que consiste em uma planilha de dimensionamento de drenagem pluvial urbana. Ela contém dados dos pontos de visita (PV) e realiza os cálculos necessários para determinar as vazões de projeto, dimensionamento hidráulico das galerias e tempos de concentração.

BLOCO 1: LOCALIZAÇÃO

- **PV:** Identificação do Poço de Visita (PV) ou caixa de passagem da rede de drenagem.
- **Situação Estaca:** Posição da estaca na planta (geralmente usada para localizar em campo).
- **Cota Terreno (m):** Altitude do terreno no ponto.
- **Fundo (m):** Cota do fundo da tubulação (nível inferior do tubo). Usada para calcular altura de água, declividades, profundidades de escavação etc.

BLOCO 2: BACIA LOCAL

- **N.A (m):** Nível de água ou nível adotado de análise (talvez referência do terreno).
- **Área (ha):** Área de drenagem que contribui para o PV, em hectares.



- **Coef. Imper.:** Coeficiente de impermeabilização (entre 0 e 1), representa a parte da área que é impermeável.
- **Área Total (ha):** Área equivalente impermeabilizada = Área × Coef. Imper.
- **Coef. Distr.:** Coeficiente de distribuição — geralmente igual a 1 para áreas totalmente contribuindo.

BLOCO 3: CONTRIBUIÇÃO LOCAL

- **Tempo Concentração (min):** Tempo necessário para que toda a água da bacia chegue ao PV.
 ◆ **Por que 7 minutos no PV1?**
 O tempo de concentração inicial (PV1) é muitas vezes **arbitrado como valor mínimo admissível** (usualmente 5 a 10 min, de acordo com a norma da cidade — no caso do Rio de Janeiro, 7 minutos é comum). Isso evita superdimensionamento em áreas pequenas.
- **Int. Pluv. (mm/h):** Intensidade da chuva associada ao tempo de concentração, obtida da curva IDF (Intensidade × Duração × Frequência) do pluviômetro (Jardim Botânico).
 Exemplo: para 7 min e TR = 10 anos, a intensidade é 152,7 mm/h.
- **Coef. Defluv.:** Fator que considera perdas no escoamento (ex: infiltração, armazenamento). Pode ser calculado como média ponderada dos coef. imperm. com outros fatores.
- **Defl. Local (l/s):** Vazão local gerada pela bacia.
 Fórmula padrão:

$$Q = C \cdot I \cdot A$$

Onde:

- Q = vazão (l/s)
- C = coef. de deflúvio
- I = intensidade da chuva (mm/h)
- A = área total (ha)
- **Defl. a Escoar (l/s):** Vazão total que chega naquele PV (soma da local com as anteriores).

BLOCO 4: GALERIA DE JUSANTE

- **F:** Fator de forma para cálculo hidráulico.
- **Declividade Calculada (mm/m):** Diferença de cotas / comprimento entre PVs (em milímetros por metro).
- **Declividade (m/m):** Mesma declividade, mas em metros por metro.
- **Dimensões (m):** Diâmetro ou dimensões da galeria (provavelmente circular).



- **Altura d'água Normal (m):** Altura estimada da lâmina de água na galeria, resultante da vazão.
- **Y/D (%):** Relação entre altura de água e diâmetro (Y/D), importante para checar se o tubo está parcialmente cheio.
- **Prof mont. jus (m):** Profundidade da galeria montante e jusante (provavelmente diferença de cotas).
- **Velocidade (m/s):** Velocidade média da água no trecho da galeria.
- **Comprimento (m):** Extensão entre PVs.
- **Tempo de Perc. (min):** Tempo que a água leva para percorrer o trecho (Comprimento / Velocidade).
- **Tempo Total Perc. (min):** Soma dos tempos de percurso acumulados. Utilizado para atualizar o tempo de concentração nos próximos PVs.

RESUMO: Por que usar 7 minutos?

- Em áreas pequenas e com alta declividade, o **tempo de concentração real pode ser inferior a 7 minutos**, o que levaria a intensidades de chuva muito altas na curva IDF e, por consequência, **superdimensionamento das galerias**.
- Por isso, **normas urbanas** (como as do Rio de Janeiro) **impõem um tempo mínimo arbitrado (ex: 7 min)** para o ponto inicial (PV1), garantindo consistência no dimensionamento.

4 ESTUDO DE CASO

Nesse capítulo será apresentada a caracterização da Vila do Parque da Cidade, o histórico de ocupação, a descrição do sistema de drenagem e os motivos que culminam na implantação de um novo sistema de drenagem.

4.1 Caracterização da área de estudo

O presente tópico apresentará a caracterização da área de estudo situada no bairro da Gávea, no Rio de Janeiro. A Vila Parque da Cidade, localizada nos contrafortes da Gávea, apresenta um cenário urbano que combina a beleza cênica típica da Zona Sul e as fragilidades de infraestrutura comuns a ocupações informais. A seguir, detalham-se os aspectos de saneamento, caracterização cadastral, topografia e hidrologia da área, embasados em levantamentos e dados recentes.

4.1.1 Localização

A vila do Parque da Cidade, está no Parque Natural Municipal da Cidade, Figura 3 e 4. A Figura 5 apresenta a localização da Rua Tenente Francisco Mega na qual será desenvolvido o projeto de drenagem urbana a nível conceitual.

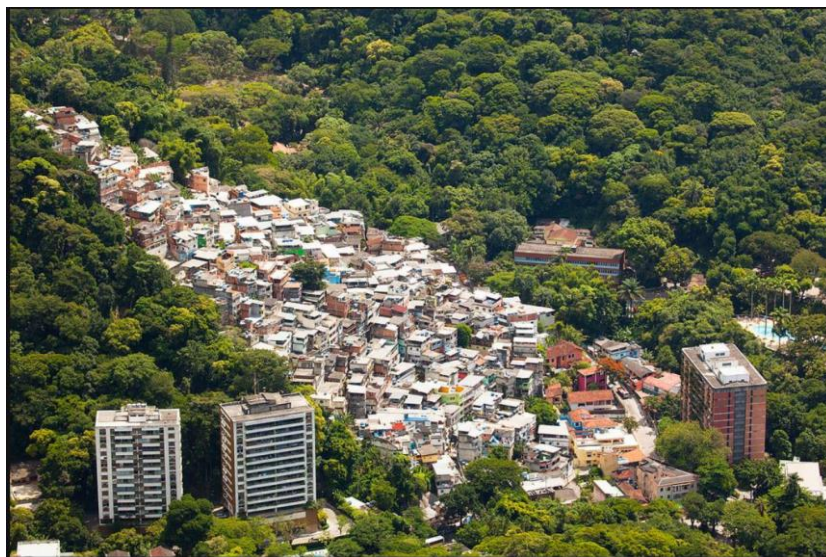


Figura 3: Vista aérea da Vila do Parque da Cidade

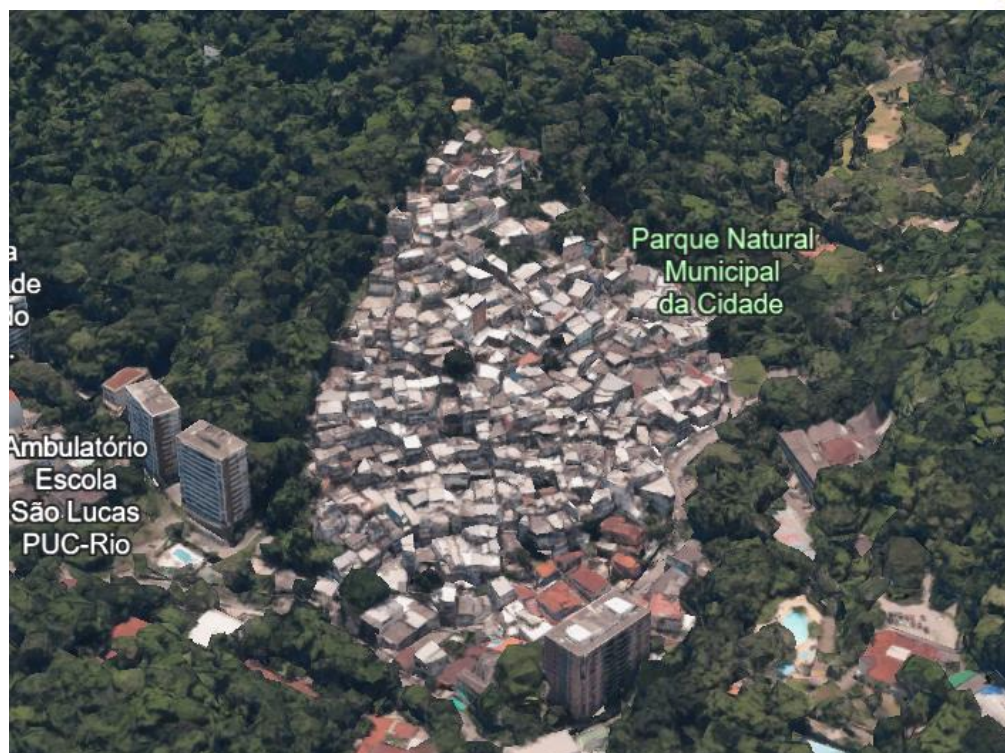


Figura 4: Imagem tridimensional da Vila do Parque da Cidade

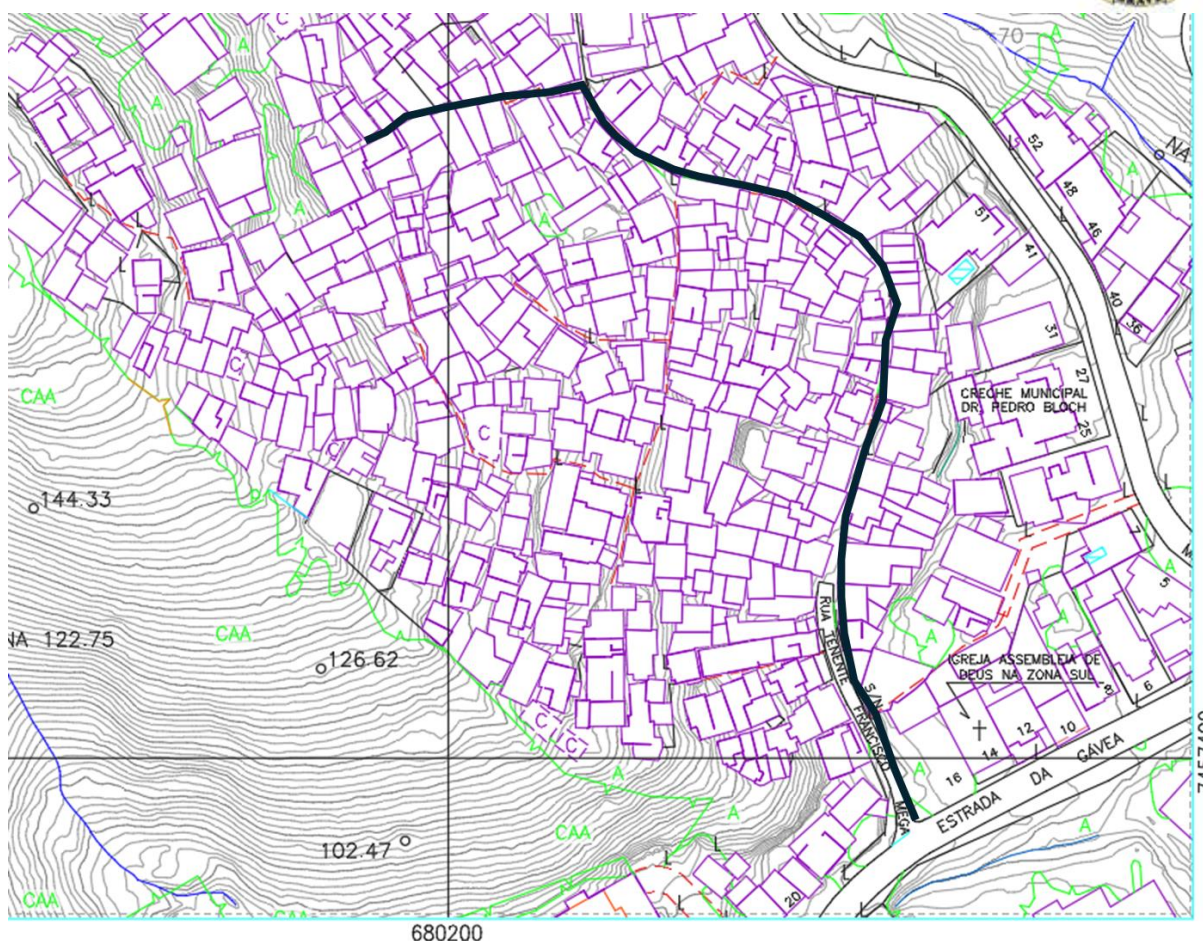


Figura 3. Localização da rua foco do presente projeto.

4.1.2 Saneamento

A comunidade possui redes de abastecimento, esgotamento sanitário e drenagem urbana muitas vezes insuficientes para atender à sua população. Registros apontam vazamentos frequentes, entupimentos e extravasamentos de esgoto, em especial durante chuvas intensas, assim como relata o ex aluno da PUC-RIO, Davison Coutinho no artigo a seguir: <https://www.jb.com.br/comunidade-em-pauta/noticias/2013/10/24/abandono-da-comunidade-vila-parque-da-cidade.html>.

Por meio de visitas técnicas realizadas na área de estudo, foi possível evidenciar a existência de múltiplas conexões entre as redes de esgotamento sanitário e de drenagem pluvial. Essas conexões irregulares favorecem a contaminação dos corpos d'água, seja pelo lançamento de esgoto nas galerias de águas pluviais, seja pelo extravasamento da rede de esgoto durante eventos de chuva, quando há sobrecarga hidráulica devido à contribuição indevida de águas pluviais. Essa dinâmica compromete a eficiência dos sistemas e expõe diretamente a população



ao contato com águas contaminadas, representando um risco significativo à saúde pública e ao meio ambiente.

A concessionária Águas do Rio ampliou intervenções no local, realizando ações como plantio de mudas e melhorias pontuais nas redes, com assistência direta à comunidade. Faltam ainda sistematização e infraestrutura mais robusta.

4.1.3 Dados topográficos e cadastrais

Estima-se que existam na comunidade cerca de 1.200 domicílios, abrigando aproximadamente 4.500 pessoas (SMUIH,2023). Essa expansão foi vertical — ocupação nas encostas — levando ao crescimento irregular das construções, sem planejamento urbano formal, o que impacta os serviços públicos básicos. Adicionando ao contexto topográfico. A comunidade está inserida no entorno do maciço da Tijuca — parte da Serra do Mar — a comunidade se desenvolve pelas encostas íngremes que se estendem até o Parque da Cidade. O terreno acidentado impõe desafios à construção: os edifícios informais são dispostos de maneira vertical e em inclinações acentuadas, o que dificulta o acesso e agrava a vulnerabilidade a deslizamentos.

4.1.4 Hidrografia

A região é cortada por alguns talvegues que atravessam o Parque da Cidade e desaguardam no Rio Rainha, se tornando o destino final das águas pluviais da comunidade. Com ausência de sistemas adequados de drenagem, a chuva transforma vielas em canais de escoamento, arrastando resíduos e agravando o risco de alagamentos e inundações em períodos de precipitação intensa.



5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente capítulo apresenta os resultados diante da aplicação da metodologia na área de estudo.

5.1 Diagnóstico da Visita de Campo

A visita técnica realizada na Vila do Parque da Cidade, localizada no bairro da Gávea – Rio de Janeiro, teve como objetivo avaliar as condições existentes da infraestrutura urbana, com foco específico nos sistemas de drenagem pluvial. A localidade caracteriza-se como uma área de ocupação informal, implantada em terreno de topografia acentuada, com ruas estreitas e traçado irregular.

Durante a inspeção, foram observados os seguintes aspectos relevantes:

- **Topografia:** A área apresenta forte declividade, com cotas variando significativamente entre os pontos mais altos e os mais baixos da comunidade. Essa condição favorece o escoamento superficial acelerado, contribuindo para processos erosivos e risco de formação de enxurradas em eventos de chuvas intensas.
- **Pavimentação:** Verificou-se que grande parte das vias encontra-se pavimentada com materiais simples (bloquetes ou concreto).
- **Sistema de Drenagem Existente:** O sistema é bastante precário e insuficiente. Identificou-se a presença de canaletas superficiais e tubulações improvisadas, muitas vezes subdimensionadas ou obstruídas. Parte da drenagem é feita de forma informal, com lançamento direto para talvegues, áreas verdes ou para a rede pública existente na Rua Marquês de São Vicente, quando disponível.
- **Pontos Críticos:** Foram identificados pontos recorrentes de alagamento e enxurradas, principalmente nas partes mais baixas da comunidade e nas interfaces com as vias públicas formais, onde o escoamento da água excede a capacidade dos sistemas existentes.



- **Obstáculos e Interferências:** A ocupação adensada, a presença de construções sobrepostas às redes, postes, escadarias e mobiliário urbano dificultam a implantação e manutenção de uma rede de drenagem convencional.
- **Aspectos Sociais:** A comunidade manifesta preocupação com os recorrentes problemas de alagamento e danos associados às chuvas, demonstrando interesse nas melhorias da infraestrutura de drenagem e saneamento.

As figuras a seguir ilustram aspectos fundamentais observados durante as visitas técnicas realizadas na Vila Lagoa, reforçando as dificuldades e especificidades da implementação de sistemas de drenagem e esgotamento sanitário em áreas de favela.

A Figura 6 mostra o acesso à comunidade, evidenciando a precariedade da infraestrutura viária e a dificuldade de entrada de equipamentos e equipes técnicas, fator que compromete tanto a implantação quanto a manutenção de sistemas de saneamento. Em complemento, a Figura 7 destaca os espaços extremamente reduzidos disponíveis para a instalação de redes técnicas, revelando o desafio físico de compatibilizar as diretrizes convencionais com o tecido urbano consolidado.

As Figuras 8, 9 e 10 exemplificam a dinâmica do escoamento pluvial e suas interferências nas redes existentes. A Figura 8 evidencia o problema recorrente das ligações cruzadas, nas quais as águas pluviais são lançadas indevidamente na rede de esgoto sanitário, causando sobrecarga e contribuindo para o extravasamento de efluentes. Já a Figura 9 demonstra que o escoamento das chuvas muitas vezes ocorre pelas escadarias, enquanto a Figura 10 mostra que o fluxo pluvial se dá majoritariamente pela superfície, o que amplia os riscos de erosão, acúmulo de resíduos e contaminação por contato direto com águas misturadas a esgoto.

Por fim, a Figura 11 apresenta cartazes e avisos produzidos pela própria comunidade, revelando uma consciência crescente sobre a importância do saneamento básico e a insatisfação com a situação atual.

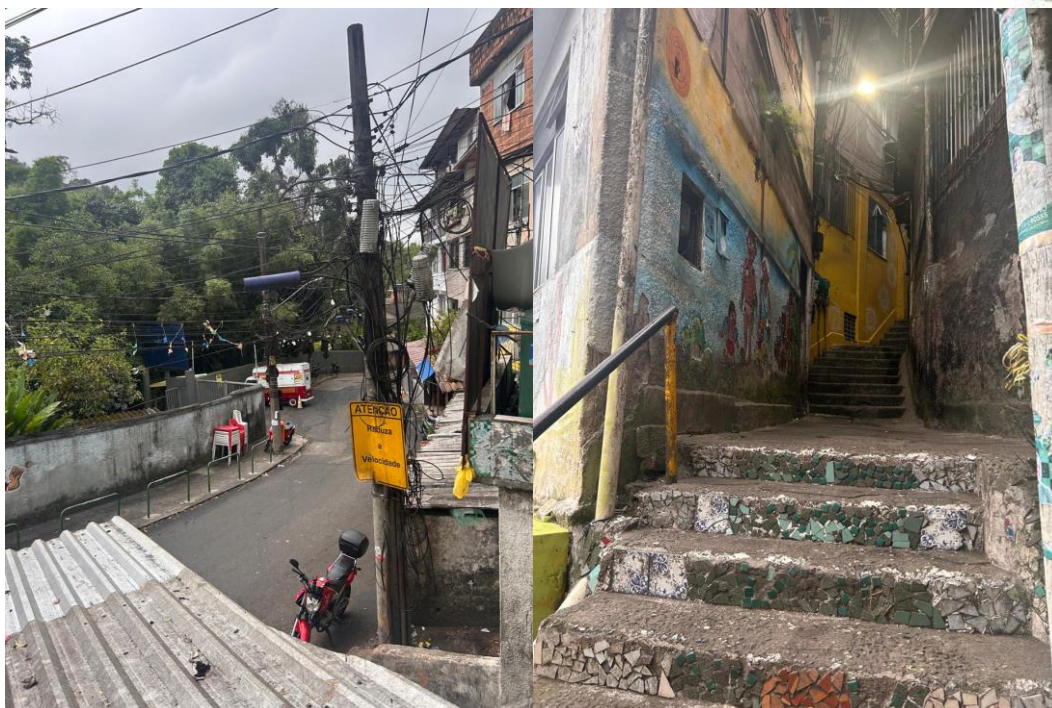


Figura 4. Acesso à comunidade.

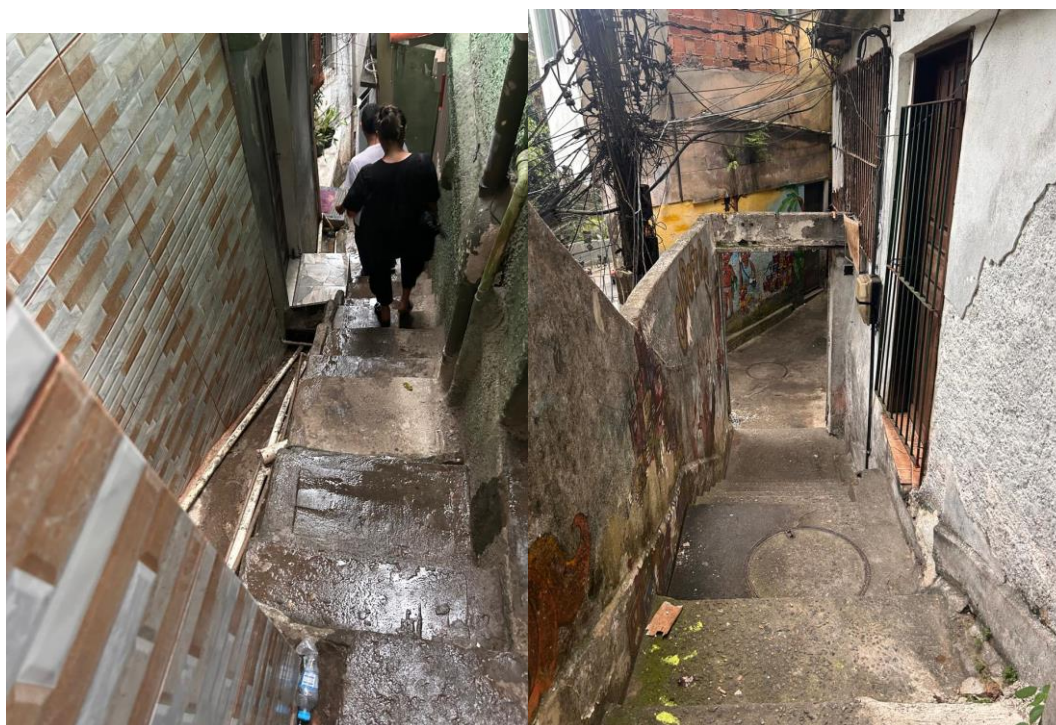


Figura 5. Espaços escassos na comunidade para implementação de redes.



Figura 6. Águas pluviais contribuindo para a rede de esgoto sanitário

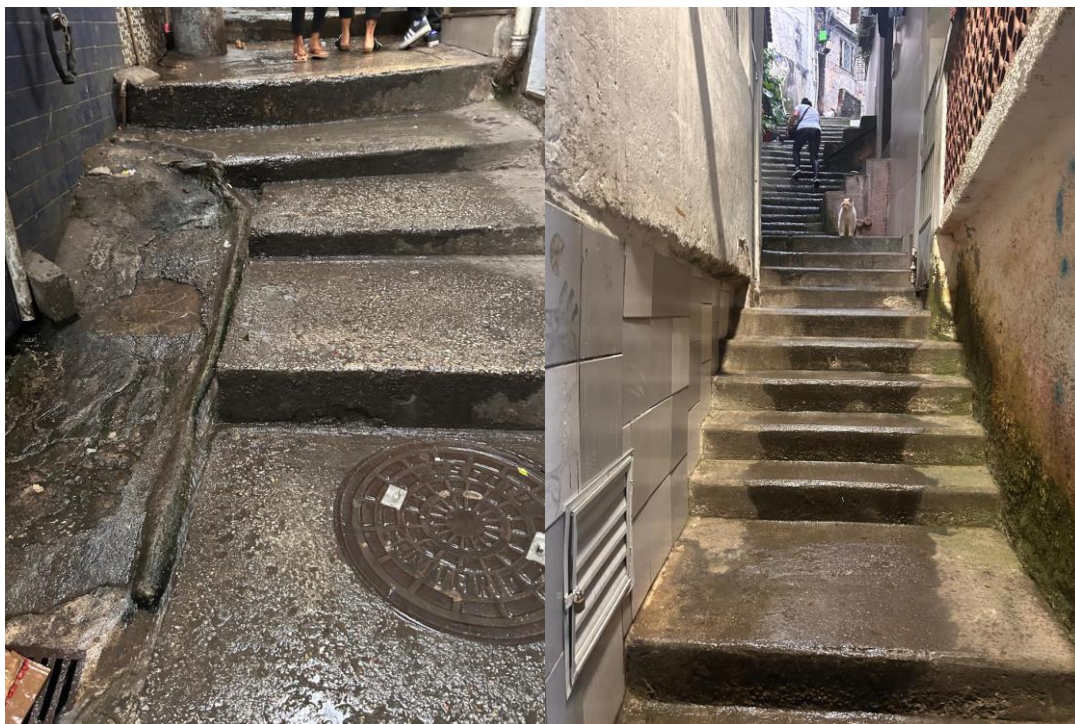


Figura 7. Escoamento pluvial ocorrendo pelas escadarias.



Figura 8. Escoamento pluvial ocorrendo principalmente pela superfície.

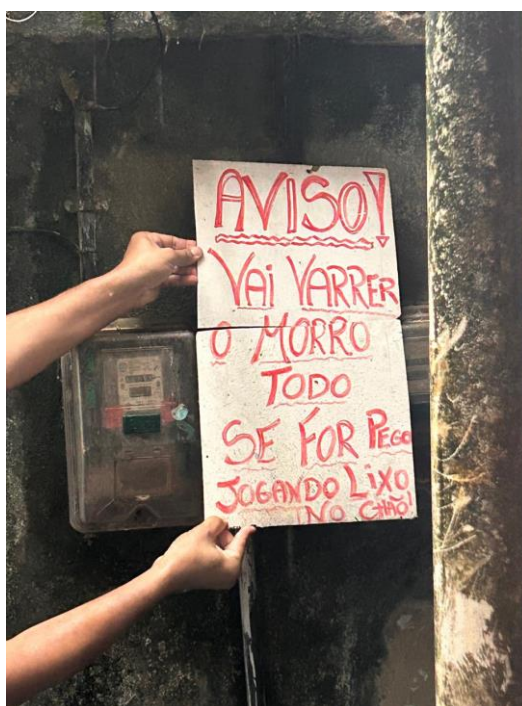


Figura 9. Avisos da comunidade que mostram preocupações com o saneamento básico

5.2 Mapa de Traçado da Rede

O mapa ilustra o traçado proposto para a rede de drenagem, com 14 PVs e 301,87 m de extensão (Figura 12 e Figura 13), com identificação dos pontos de captação, trechos de tubulações e conexões, de forma clara e legível.

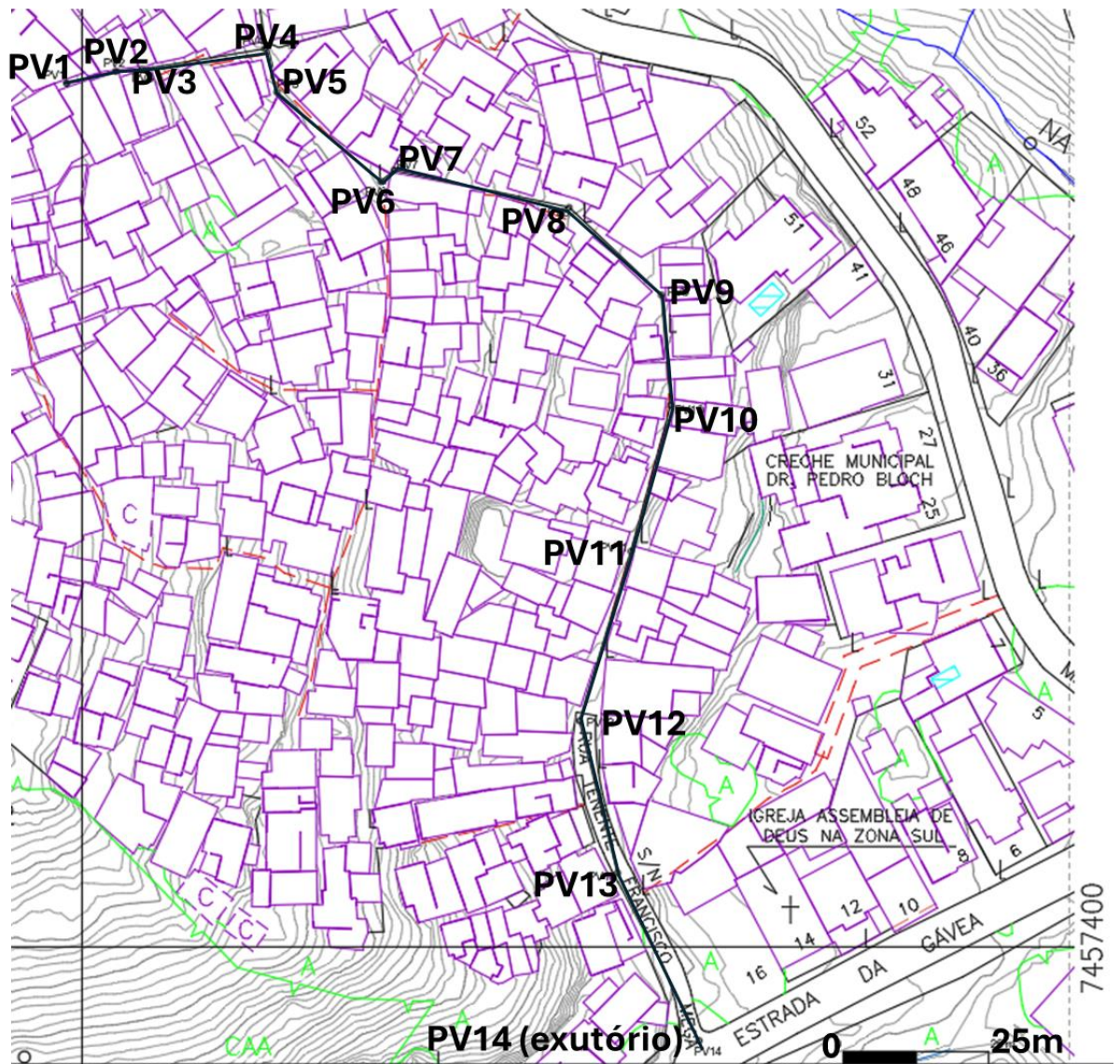


Figura 10. Traçado completo da rede proposta

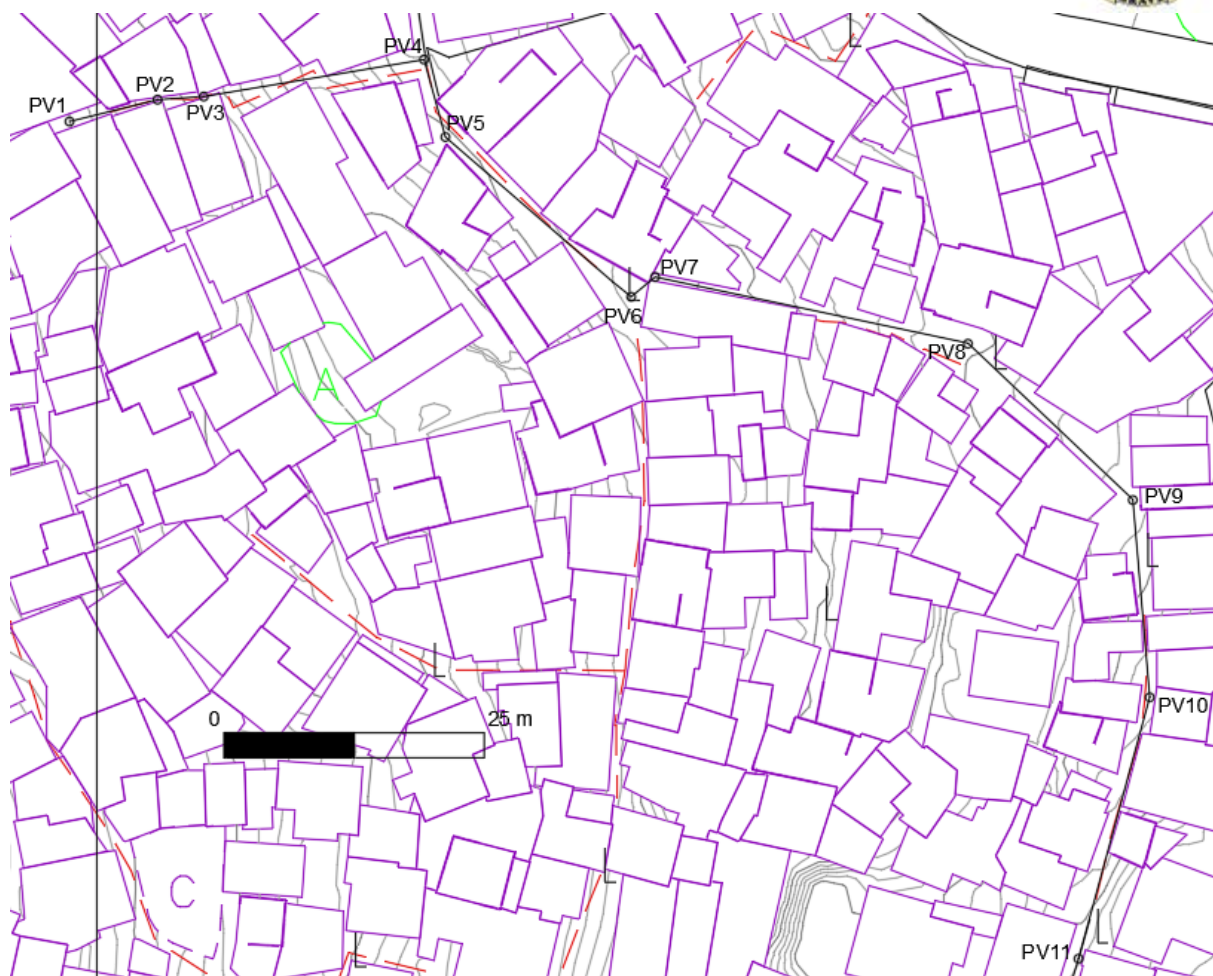


Figura 11. Traçado da rede na parte a montante.

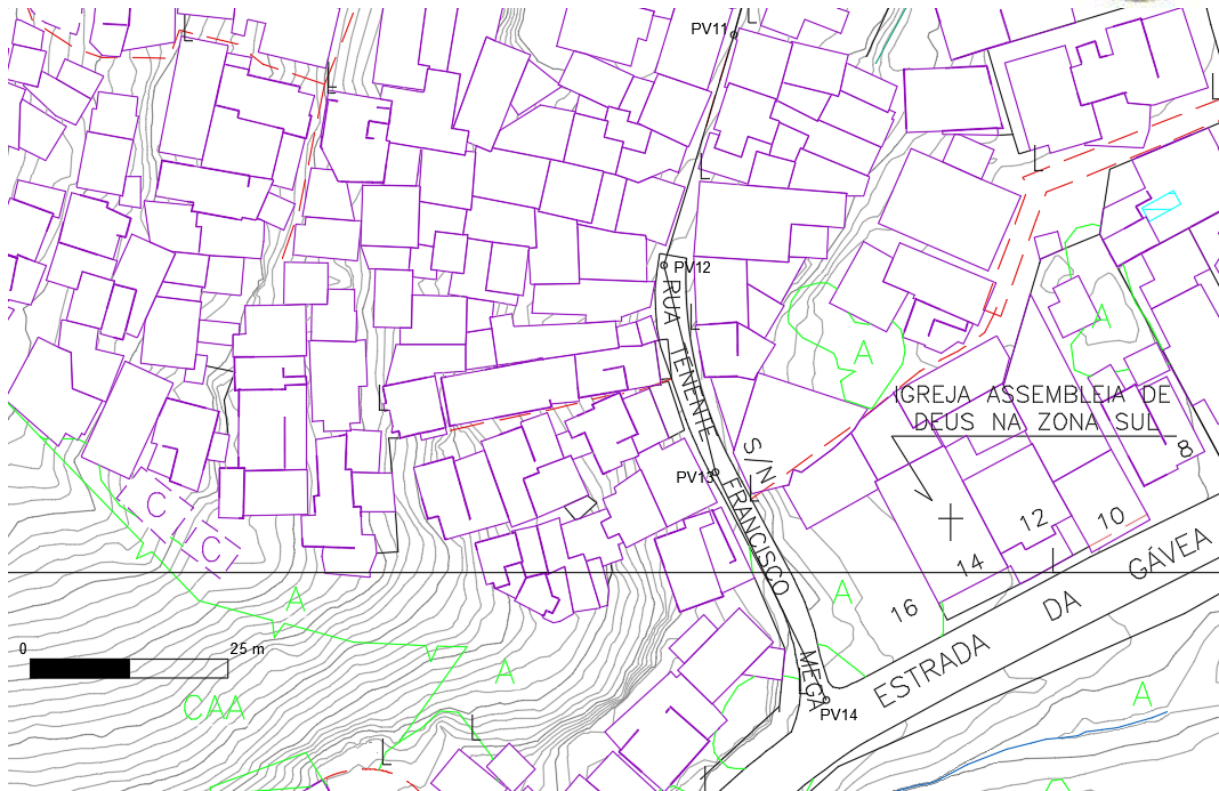


Figura 12. Traçado da rede na parte a jusante

5.3 Mapa de Delimitação das Bacias de Contribuição

Apresenta-se a delimitação das bacias que contribuem para cada trecho, todas as áreas de contribuição estão descritas na planilha de dimensionamento (Figura 16), da rede de drenagem, considerando as divisões topográficas, como demonstrada na Figura 15.

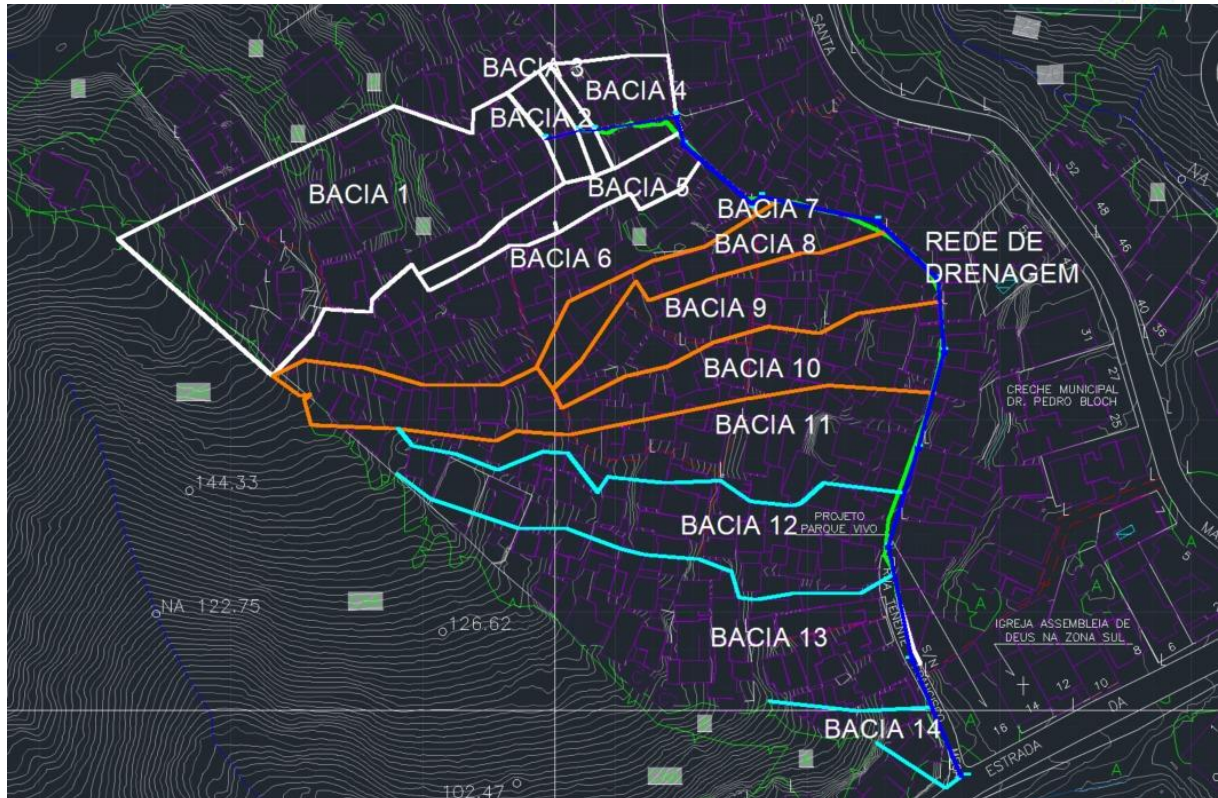


Figura 13: delimitação das bacias de contribuição

5.4 Planilha de Dimensionamento

A planilha, figura 16 contém os cálculos hidráulicos e hidrológicos utilizados no dimensionamento da rede, como:

- Áreas de contribuição
- Coeficientes de escoamento
- Intensidade de precipitação
- Vazões de projeto
- Dimensionamento dos condutos e velocidades do escoamento



FUNDAÇÃO RIO-ÁGUAS

PROJETO:
DATA:

PLUVIOGRAFO:	Indice Rodoviário
COEF. MANNING	n = 0.013 (concreto)
Tempo Recorrência	TR = 10 anos

POÇO DE VISITA		DEFLUVIOS A ESCOAR											GALERIA DE JUSANTE														OBS
LOCALIZACAO		BACIA LOCAL					CONTRIBUIÇÃO LOCAL					Defl. à Escorar (l/s)	F	Declividade greide (m/m)	Calculada (m/m)	Declividade (m/m)	Dimensões (m)	Altura d'água Normal (m)	Y/D (%)	Prof mont jus (m)	Velocidade (m/s)	Comprimento (m)	Tempo de Perc. (min)	Tempo Total Perc. (min)			
PV	Situação Estaca	Cotas Terreno (m)	Fundo (m)	N.A. (m)	Área (ha)	Coef. Imper.	Área Total (ha)	Coef. Distr.	Tempo Conc. (min)	Int. Pluv. (mm/h)	Coef. Defluv.															Defl. Local (l/s)	
1	0 + 0,00	117,000	116,000	116,08	0,40	0,90	0,40	1,00	7,09	152,7	0,67	113,3	113,3	0,025149	0,45455	0,45455	0,4545	0,40	0,08	19	1,00	6,84	8,80	0,02	0,02	Reforço	
2	0 + 8,80	113,000	112,000	112,08	0,03	0,90	0,43	1,00	7,02	152,6	0,67	8,5	121,8	0,027342	0,44444	0,44444	0,4444	0,40	0,08	20	1,00	6,91	4,50	0,01	0,03	-	
3	0 + 13,30	111,000	110,000	110,08	0,01	0,90	0,44	1,00	7,03	152,6	0,67	3,7	125,5	0,027958	0,46512	0,45116	0,4512	0,40	0,08	20	1,30	7,00	21,90	0,05	0,08	-	
4	1 + 14,80	101,000	100,000	100,08	0,06	0,90	0,50	1,00	7,08	152,4	0,67	17,3	142,8	0,084663	0,06369	0,05605	0,06037	0,40	0,14	35	1,06	3,47	7,85	0,04	0,12	-	
5	2 + 2,65	100,500	99,500	99,65	0,07	0,90	0,57	1,00	7,12	152,2	0,67	19,9	162,6	0,096334	0,06383	0,06383	0,06383	0,40	0,15	38,0	1,00	3,06	23,90	0,13	0,25	-	
6	3 + 6,15	99,000	98,000	98,15	0,25	0,90	0,82	1,00	7,25	151,7	0,67	71,0	233,6	0,060558	0,33333	0,33333	0,33333	0,40	0,12	29,0	1,00	6,23	3,00	0,01	0,26	-	
7	3 + 9,15	96,000	97,000	97,12	0,00	0,90	0,82	1,00	7,26	151,6	0,67	0,0	233,6	0,079151	0,19512	0,19512	0,19512	0,40	0,14	34,0	1,00	5,10	30,75	0,10	0,36	-	
8	4 + 19,90	92,000	91,000	91,14	0,10	0,90	0,92	1,00	7,36	151,2	0,68	28,4	262,0	0,091659	0,18307	0,18307	0,18307	0,40	0,15	37,0	1,00	5,12	21,85	0,07	0,43	-	
9	6 + 1,75	88,000	87,000	87,15	0,17	0,90	1,09	0,99	7,43	150,9	0,68	47,7	309,7	0,116971	0,15707	0,15707	0,15707	0,40	0,17	42,0	1,00	5,04	19,10	0,06	0,49	-	
10	7 + 0,85	85,000	84,000	84,17	0,25	0,90	1,34	0,96	7,49	150,7	0,68	68,1	377,8	0,128941	0,19231	0,19231	0,19231	0,40	0,18	44,0	1,00	5,72	26,00	0,08	0,57	-	
11	8 + 6,85	80,000	79,000	79,18	0,23	0,90	1,57	0,93	7,57	150,4	0,68	61,2	439,0	0,245490	0,07477	0,07148	0,07163	0,40	0,26	86,0	1,00	4,10	26,75	0,11	0,68	-	
12	9 + 13,60	78,000	77,000	77,26	0,27	0,90	1,84	0,91	7,68	149,9	0,68	70,2	509,2	0,208710	0,13333	0,14333	0,13333	0,40	0,24	59,0	1,00	5,37	30,00	0,09	0,77	-	
13	11 + 3,60	74,000	72,700	72,94	0,37	0,90	2,21	0,89	7,77	149,6	0,69	93,7	602,9	0,087596	0,12206	0,12206	0,1221	0,60	0,22	36	1,30	6,34	32,77	0,09	0,86	-	
14	12 + 16,37	70,000	68,700	68,92	0,05	0,90	2,26	0,88	7,86	149,2	0,69	12,6	615,5	0,171133	0,03333	0,00333	0,0333	0,60	0,31	52	1,30	3,92	30,00	0,13	0,98	-	
PV Existente		69,000	68,600																			20					

Figura 14 : Planilha de dimensionamento

5.5 Perfil da Rede de Drenagem Proposta

O perfil longitudinal demonstra as cotas do terreno, as cotas de assentamento dos tubos, as inclinações dos trechos, os poços de visita, além das profundidades e eventuais interferências. As figuras 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, demonstram o perfil proposto.

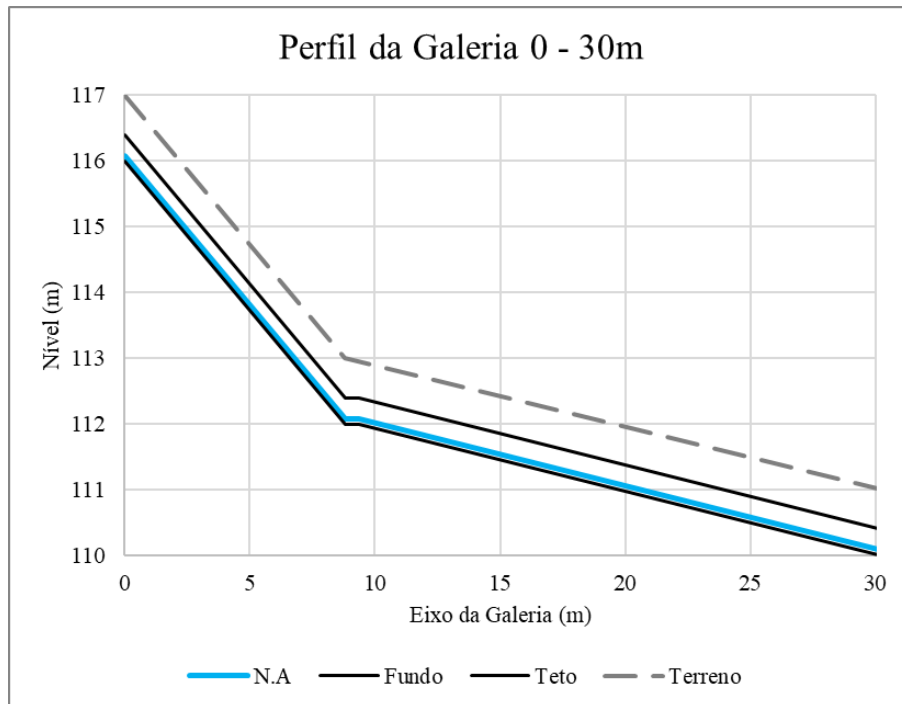


Figura 15: Perfil da Galeria 0-30

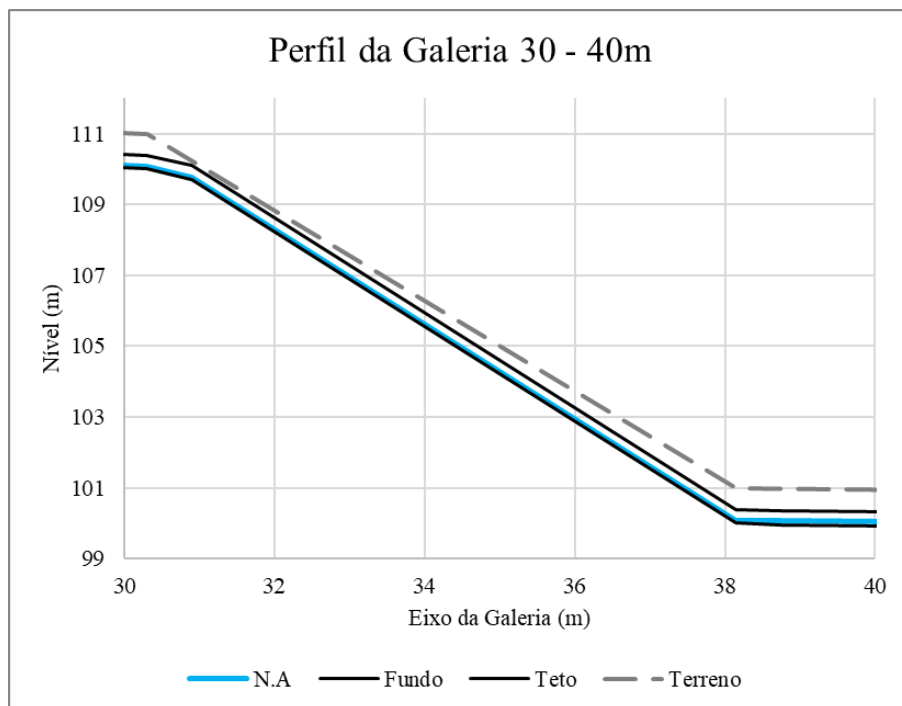


Figura 16: Perfil da Galeria 30-40

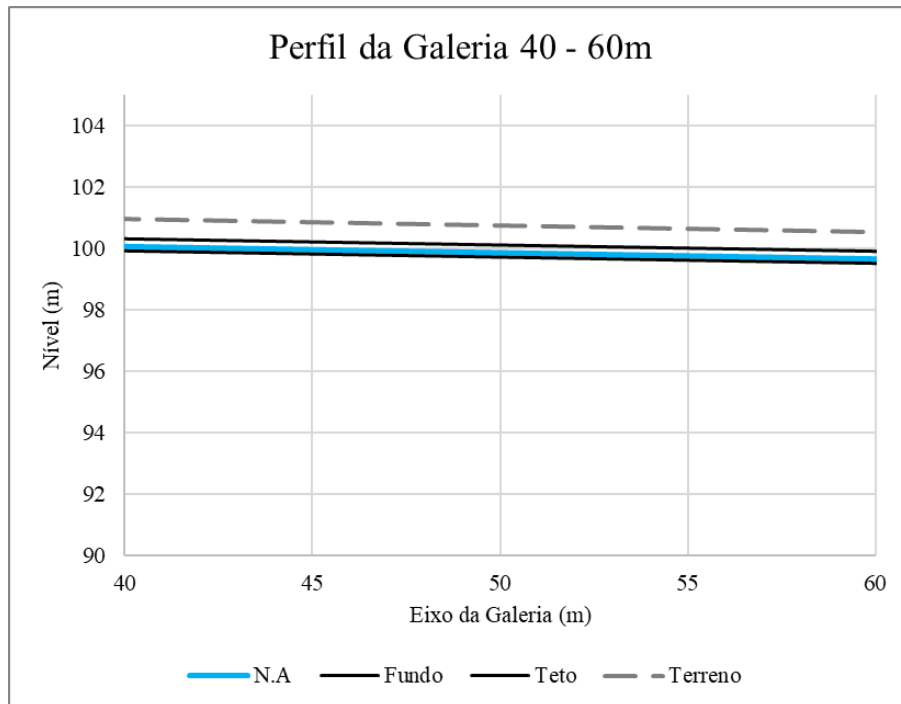


Figura 17: Perfil da Galeria 40-60

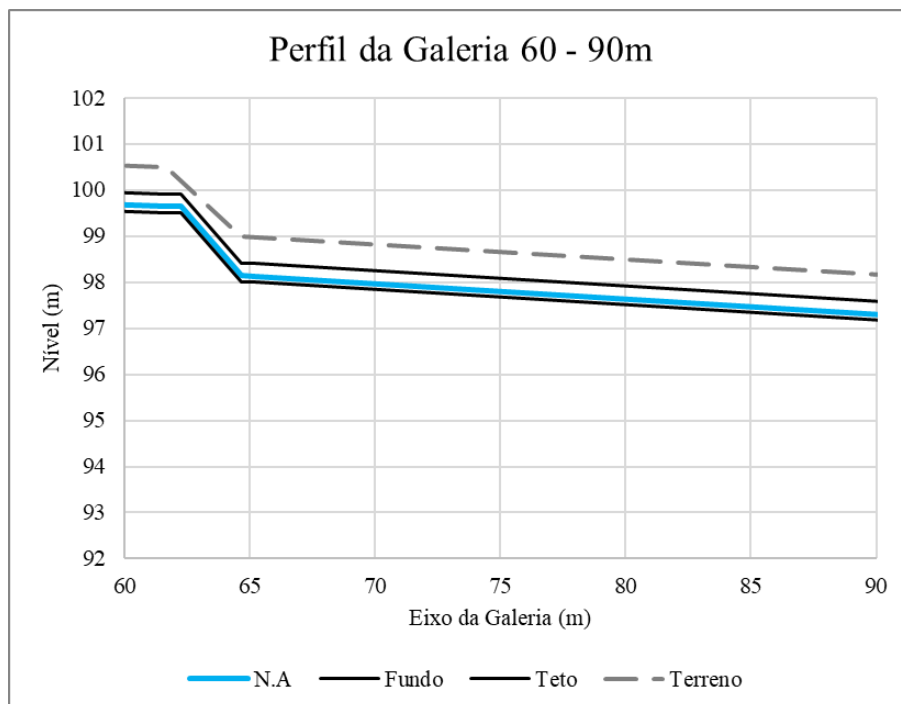


Figura 18: Perfil da Galeria 60-90

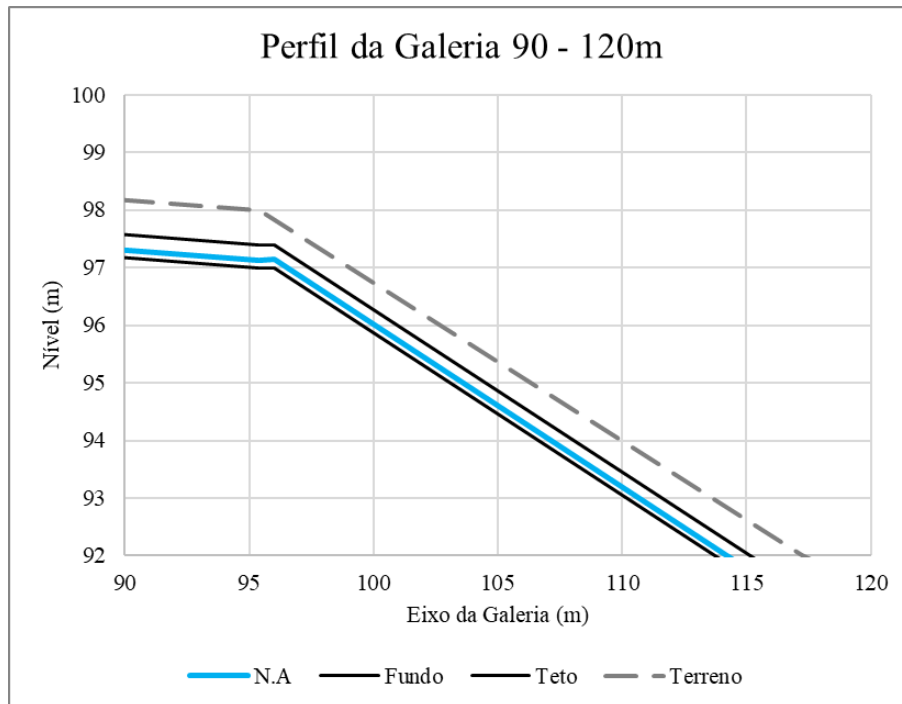


Figura 19: Perfil da Galeria 90-120

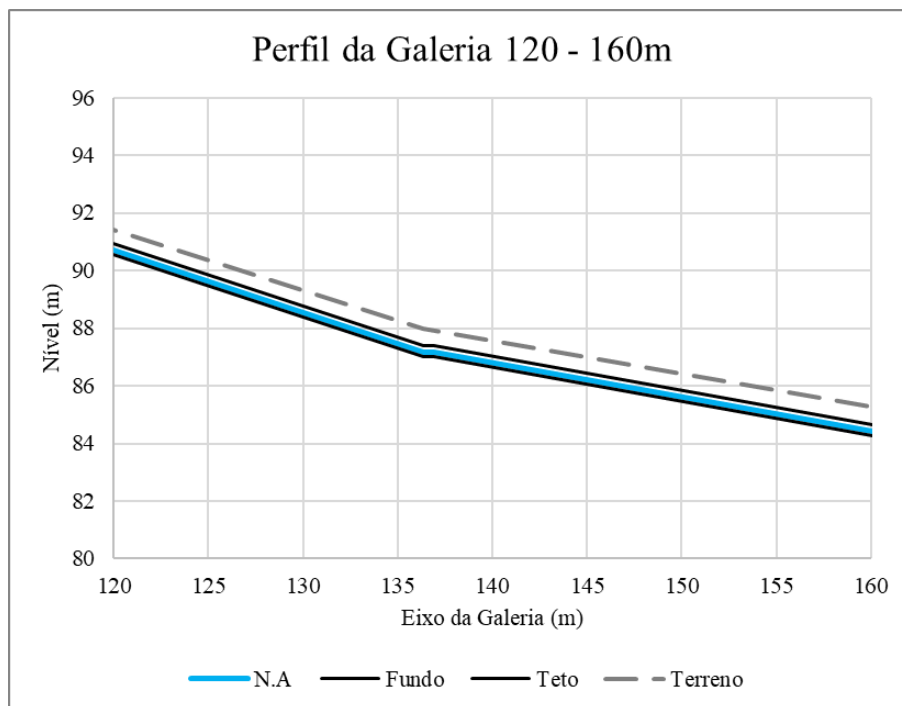


Figura 20 : Perfil da Galeria 120-160

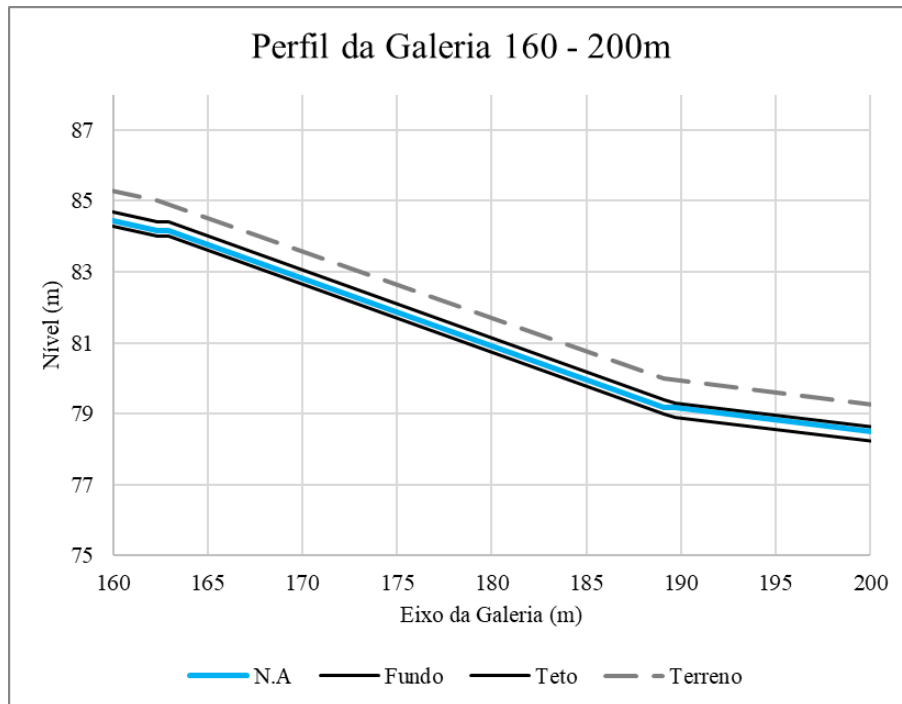


Figura 21: Perfil da Galeria 160-200

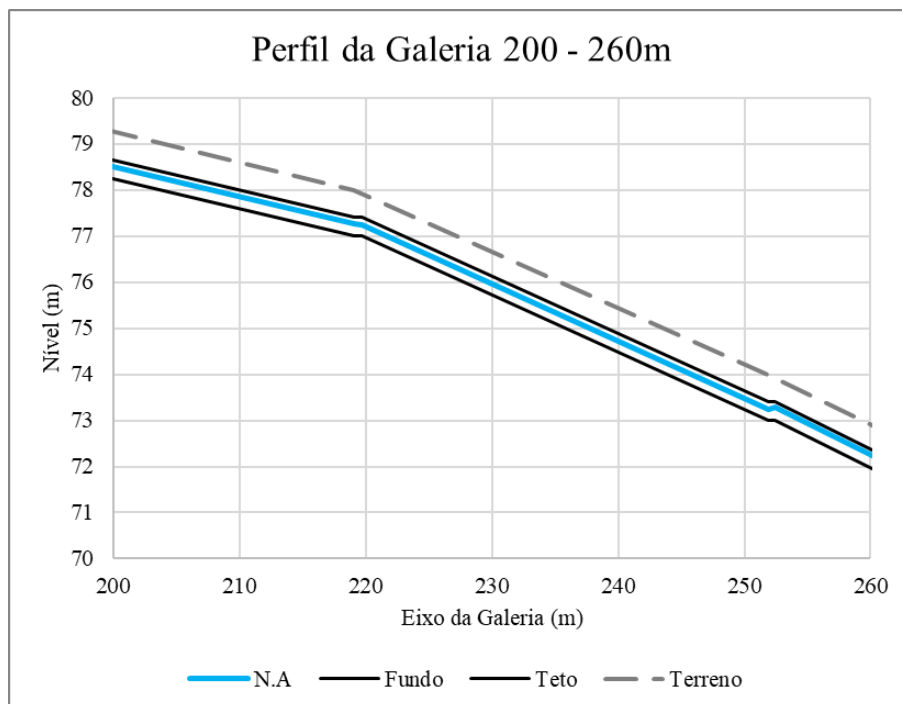


Figura 22: Perfil da Galeria 200-260

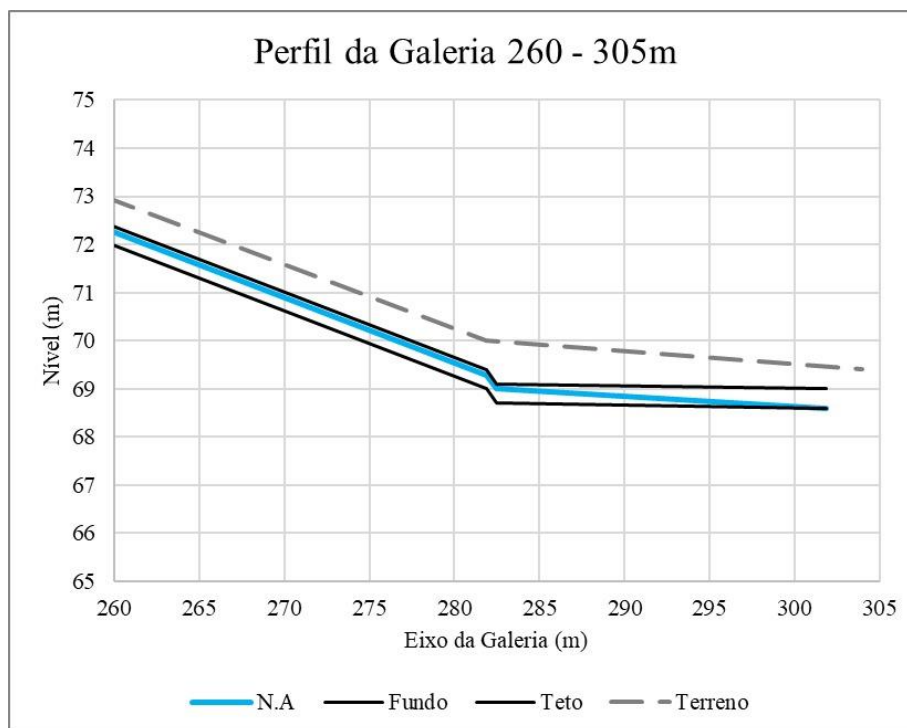


Figura 23: Perfil da Galeria 260-305

A seguir, apresenta-se a verificação do atendimento aos principais requisitos técnicos estabelecidos pelas normas da Fundação Rio-Águas no âmbito do projeto conceitual de drenagem pluvial para a Vila Parque da Cidade:

1. **Profundidade mínima de assentamento**

✓ **Atendido**

As tubulações foram projetadas com profundidades superiores a 1,0 metro, respeitando o valor mínimo recomendado.

2. **Dimensões mínimas de tubulações**

✓ **Atendido**

Foram utilizados diâmetros de 0,40 m e 0,60 m, de acordo com os limites estabelecidos para redes de microdrenagem.

3. **Velocidade máxima de escoamento (≤ 5 m/s)**

✗ **Não atendido**

Foram identificadas velocidades superiores a 7 m/s em alguns trechos. Embora a solução ideal fosse a adoção de dissipadores ou aumento de seção, isso se mostrou inviável nas condições locais.

4. **Velocidade mínima de escoamento ($\geq 0,8$ m/s)**

✓ **Atendido**

Todas as velocidades permaneceram acima do valor mínimo, garantindo transporte adequado de sólidos.

5. **Relação de enchimento ($y/d \leq 0,80$)**

✓ **Atendido**

O enchimento calculado foi menor que 0,80, conforme os critérios de dimensionamento da galeria.

6. **Declividade mínima da rede**

✓ **Atendido**

A declividade adotada nos trechos projetados variou entre 0,50% e 3%, conforme as exigências normativas.

7. **Espaçamento entre Poços de Visita ($\leq 30\text{--}40\text{ m}$)**

✗ **Não atendido**

Em função da geometria urbana restrita, o espaçamento variou entre 12 m e 60 m, ultrapassando o limite máximo recomendado.

8. **Folga mínima para transposição de interferências ($\geq 0,20\text{ m}$ entre geratrizes)**

✗ **Não atendido**

Não foi possível garantir esse afastamento nos trechos críticos, devido à alta densidade de ocupação e interferências pré-existentes não mapeadas.

9. **Faixa Não Edificável (1,5 m de cada lado da tubulação)**

✗ **Não atendido**

A aplicação do offset no CAD demonstrou que essa condição não pode ser respeitada ao longo do traçado proposto. As Figuras 15 e 16 apresentam a demarcação da FNA considerando 3,4 m ($2 \times 1,5\text{ m} + 0,4\text{ m}$ de diâmetro das tubulações).

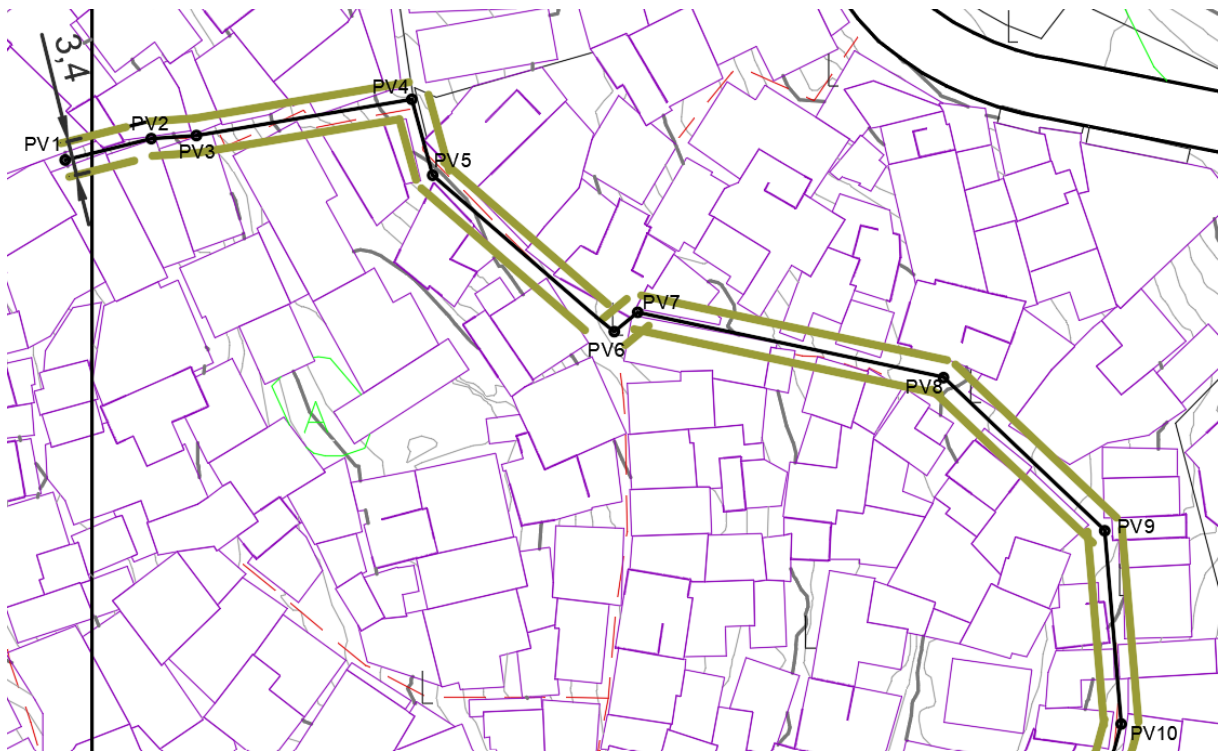


Figura 24. Indicação da FNA no trecho a montante da rede.

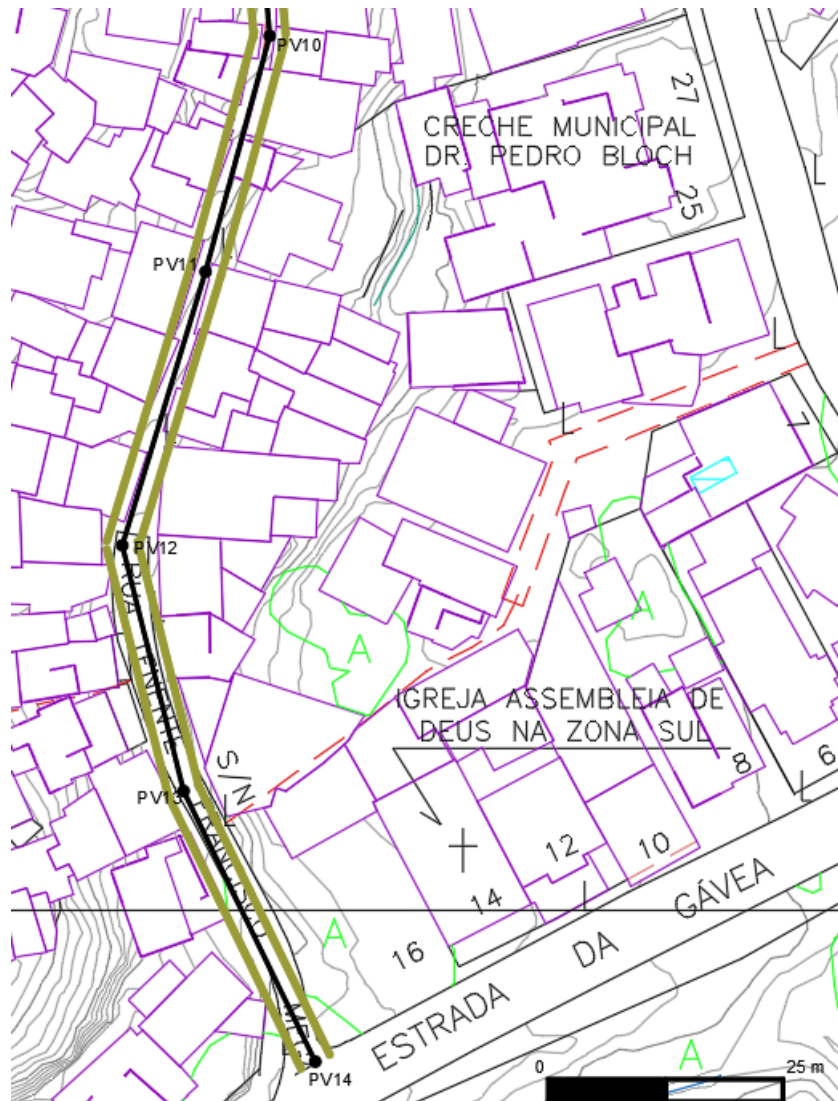


Figura 25. Indicação da FNA no trecho a jusante da rede.

5.6 Discussão Social dos Resultados Obtidos

Os resultados técnicos obtidos no estudo revelam que as diretrizes normativas e manuais técnicos de drenagem urbana — como os adotados no município do Rio de Janeiro — frequentemente não se aplicam diretamente à realidade da Vila do Parque das Cidades. A implantação da rede proposta, mesmo com adaptações, exige flexibilizações técnicas e espaciais, como distâncias menores entre poços de visita, uso de declividades acentuadas e ausência de recuos mínimos.

Essas inconformidades não são exceções em favelas: elas são a regra.



5.6.1 1. A Realidade Territorial e Social da Vila

A alta densidade habitacional, a ocupação desordenada e a escassez de espaço público tornam inviável a aplicação literal de normas pensadas para áreas formais. Na Vila do Parque das Cidades:

- Ruas estreitas e escadarias impossibilitam o uso de maquinário padrão;
- A Faixa Non Aedificandi não é respeitada, pois o território foi ocupado antes da legislação;
- O traçado das redes precisa "desviar" de edificações fixas, muitas vezes construídas em áreas de risco.

Esses fatores refletem não uma falha técnica, mas uma desigualdade estrutural: a infraestrutura urbana não chega de forma universal porque as normas foram feitas para espaços que essas comunidades não ocupam.

5.6.2 2. Saneamento como Justiça Social

A ausência de um sistema adequado de drenagem afeta diretamente a saúde pública, a segurança e a dignidade dos moradores. Alagamentos recorrentes, escoamento superficial pelas escadarias e infiltração de águas pluviais em redes de esgoto expõem a população a riscos sanitários e materiais, comprometendo:

- O acesso seguro à moradia;
- A mobilidade urbana;
- A qualidade da água;
- A integridade de bens e estruturas precárias.

A infraestrutura proposta no trabalho, mesmo conceitual, traduz uma tentativa de reparação urbana, usando o conhecimento técnico para responder à desigualdade socioespacial.

5.6.3 3. A Flexibilização das Normas como Ferramenta de Equidade

Ao demonstrar que a flexibilização criteriosa das normas permite a construção de redes viáveis e funcionais mesmo com inconformidades técnicas, o trabalho reforça a tese de que engenharia e justiça social podem caminhar juntas.

Essa flexibilização não significa perda de rigor técnico — ela representa uma adequação ao território real, considerando o saber local, as restrições físicas e a urgência por soluções de baixo custo, fáceis de implantar e manter.

5.6.4 4. Participação Comunitária e Apropriação das Soluções



A aplicação de um sistema de drenagem urbano eficiente passa também pela aceitação da comunidade, que precisa entender e se apropriar da solução. A presença de moradores, como mostrado no diagnóstico fotográfico, indicando por onde escoar a água ou alertando sobre riscos de alagamento, demonstra que o conhecimento do território não é apenas técnico — é vivido.

Projetos como este devem se apoiar em:

- Escuta ativa;
- Diagnóstico participativo;
- Simplicidade construtiva com foco na manutenção local;
- Engajamento das lideranças locais.

5.7 Conclusão da Discussão Social

Os resultados evidenciam a importância da adaptação normativa e da engenharia sensível ao contexto social. Em áreas como a Vila do Parque das Cidades, onde o traçado urbano não respeita as lógicas formais, o desafio técnico se torna um desafio ético: como garantir direitos sem excluir?

A drenagem urbana, nesse cenário, deixa de ser apenas uma questão de cálculo para se tornar um instrumento de inclusão socioambiental.



6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo principal propor, em nível teórico, um projeto para mitigação de alagamentos na Vila do Parque das Cidades, no Rio de Janeiro, com base na conciliação entre critérios técnicos normativos e as condições territoriais e sociais específicas da comunidade. O projeto procurou não apenas cumprir com as exigências técnicas, mas também refletir sobre os limites de sua aplicabilidade em contextos urbanos informais.

Entre os objetivos específicos, destacam-se o estudo crítico das normas técnicas de drenagem urbana, a análise de incompatibilidades práticas na realidade local, o desenvolvimento de um traçado funcional da rede de microdrenagem, a estimativa das vazões pluviais com base no Método Racional modificado e a verificação hidráulica das condições de escoamento nas galerias existentes. Todos esses objetivos foram devidamente alcançados ao longo da pesquisa.

A metodologia adotada incluiu etapas fundamentais, como: o diagnóstico topográfico e do uso do solo; a definição do traçado da rede; a delimitação das bacias de contribuição; a escolha da equação de intensidade-duração-frequência ($i \times d \times f$); a estimativa das vazões pelo critério de Fantolli; e a verificação do funcionamento hidráulico dos condutos projetados, respeitando, na medida do possível, as orientações técnicas da Rio-Águas.

Entre os principais resultados obtidos, destacam-se as vazões estimadas por sub-bacia, o dimensionamento das galerias com base nos percentuais de enchimento, as velocidades de escoamento dentro dos limites admissíveis, e a constatação de que a rede existente opera de forma parcial, exigindo intervenções pontuais para garantir sua eficiência. O traçado da nova rede proposta foi capaz de operar sob regime de escoamento livre, com condições adequadas de velocidade e enchimento, dentro dos parâmetros mínimos de segurança.

Apesar disso, o estudo apresenta limitações relevantes: não foi possível verificar a capacidade real do sistema receptor final (exutório) da rede projetada; o nível de detalhamento foi restrito a um projeto conceitual, sem desenvolvimento executivo.

Mesmo com essas limitações, o trabalho contribui significativamente para o planejamento urbano em áreas vulneráveis, oferecendo uma metodologia viável, realista e



tecnicamente embasada para intervenções em contextos informais. A proposta respeita as condições de topografia, ocupação e infraestrutura precária da Vila Parque da Cidade, mostrando que é possível compatibilizar técnica e realidade sem abrir mão da segurança e da funcionalidade.

Como sugestões para trabalhos futuros, destaca-se a necessidade de uma avaliação estrutural mais profunda da rede existente, a realização de simulações hidrodinâmicas para avaliação de cenários extremos, e a integração com soluções baseadas na natureza, como jardins de chuva e reservatórios modulares, capazes de atuar como dispositivos auxiliares de retenção e infiltração. Além disso, sugere-se que os manuais técnicos municipais sejam atualizados a partir das limitações enfrentadas por projetos como este, ampliando o escopo de soluções aceitáveis para áreas informais consolidadas.

Por fim, este estudo reafirma que projetos tecnicamente viáveis, ainda que conceituais, desempenham um papel estratégico como base para ações futuras de engenharia urbana. Eles funcionam como instrumentos de apoio à formulação de políticas públicas, contribuindo para ampliar o acesso à infraestrutura básica em áreas onde a rigidez normativa poderia impedir qualquer avanço. Em contextos de desigualdade urbana como o da Vila Parque da Cidade, intervir com responsabilidade, mesmo fora da norma, é muitas vezes a única forma ética e socialmente justa de garantir o direito à cidade.

Aprofundando-se nos resultados obtidos, a proposta conceitual de drenagem para a Vila Parque da Cidade apresentou resultados expressivos, especialmente ao se considerar as severas limitações físicas e urbanísticas da área. O projeto buscou respeitar os critérios normativos vigentes, mas também reconheceu que, em diversos aspectos, a realidade local impõe adaptações técnicas inevitáveis.

6.1 Vazões e Velocidades

As vazões de projeto foram estimadas com o Método Racional modificado, utilizando parâmetros de tempo de concentração, coeficientes de escoamento e intensidade de precipitação adequados às condições locais. A partir disso, foram dimensionados trechos de galeria com diâmetros de 0,40 m e 0,60 m, que garantem o atendimento às dimensões mínimas normativas para redes de microdrenagem.



Entretanto, durante a verificação hidráulica, observou-se que as velocidades de escoamento em alguns trechos atingiram valores superiores a 7,0 m/s, ultrapassando o limite máximo recomendado de 5,0 m/s conforme as diretrizes da Rio-Águas. Em situações ideais, esse problema poderia ser solucionado por meio de:

- Aumento do diâmetro das tubulações, reduzindo a velocidade;
- Uso de dissipadores de energia ao final dos trechos com maior inclinação;
- Introdução de caixas de transição ou quedas internas para quebrar a energia cinética do fluxo.

Todavia, considerando as características extremamente restritas do local — como vielas estreitas, becos sem recuo e declividades impostas pelo terreno natural —, tais soluções são de difícil, quando não inviável, aplicação prática. Assim, admite-se que, em contextos comunitários, a presença de velocidades superiores pode ser tolerada, desde que acompanhada de reforço estrutural dos tubos e um plano de manutenção preventiva.

6.2 Profundidade e Espaço Urbano

O projeto conseguiu respeitar a profundidade mínima de assentamento, com valores superiores a 1,0 metro, conforme recomendações técnicas. No entanto, esse resultado exige escavações mais profundas, caras e trabalhosas, o que representa um desafio logístico importante. Como demonstrado nas imagens de visita técnica ao local, o ambiente urbano é composto por passagens extremamente estreitas, muitas vezes inferiores à largura de uma vala de escavação segura com escoramento.

6.3 Transposição de Interferências e Faixa Não Edificável (FNA)

Apesar de não terem sido realizadas medições exatas das interferências existentes, é possível afirmar que, dadas as condições locais, respeitar as faixas mínimas de afastamento para transposição de interferências (geralmente 0,20 m entre geratrizes) é praticamente impossível. A visualização do traçado por meio do recurso de offset no CAD evidencia, por exemplo, que a Faixa Não Edificável (FNA) de 1,5 metros em cada lado da tubulação não pode ser cumprida em diversos trechos.



Embora isso vá contra a norma, entende-se que a execução com afastamentos reduzidos, associada a técnicas compensatórias, como envelopamento da tubulação com concreto, uso de marcadores de localização, ou reforço estrutural do tubo, pode ser mais viável e justa do que a não realização da obra. Afinal, manter a rigidez normativa nesses casos significaria negar o acesso a uma infraestrutura essencial à população local.

6.4 Poços de Visita e Relação de Enchimento

O espaçamento entre os poços de visita também não pôde seguir a norma, que recomenda distâncias máximas de 30 a 40 metros. Devido à malha urbana altamente fragmentada, foi necessário implantar PVs com distâncias variando entre 12 e 60 metros, conforme a disponibilidade de espaço.

Para minimizar o desgaste e os riscos associados ao maior espaçamento, podem ser consideradas soluções alternativas como:

- Utilização de câmaras de inspeção compactas em locais com menor acesso;
- Introdução de elementos de limpeza (bicos de descarga ou registros de inspeção lateral);
- Criação de poços de visita verticais tipo “shallow”, de menor profundidade e diâmetro, quando o espaço for extremamente restrito.

Por fim, vale destacar que a relação de enchimento (y/d) dos trechos projetados ficou dentro dos limites aceitáveis, com valores entre 0,60 e 0,80, permitindo o escoamento em regime livre com margens de segurança para extravasamento e ventilação.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCÂNTARA, U. M. A. Manual de Hidráulica. Roteiro para o projeto de galerias pluviais de seção circular. Rio de Janeiro: Revista de Engenharia Sanitária, 1962.

ANDRADE, M. H. Análise da implantação do sistema viário e de drenagem na urbanização de favelas. 2011.

AQUAFLUXUS. Sistema de microdrenagem urbana. 2013. Disponível em: <https://www.aquafluxus.com.br>. Acesso em: jun. 2025.

BRASIL. Lei nº 11.445, de 05 de janeiro de 2007. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 jan. 2007.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 11.445/2007. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 16 jul. 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Águas – ANA. Resolução nº 245, de 17 de março de 2025. Estabelece a Norma de Referência nº 12/2025. Brasília: ANA, 2025a.

BRASIL. Ministério das Cidades. Manual de Drenagem Urbana. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

CARULLI, E. E.; FERRARA, L. N.; MACHADO, É. C. M.; GRACIOSA, M. C. P. A dimensão ambiental na urbanização de favelas: visão crítica sobre drenagem nos estudos de caso das bacias do Ponte Baixa e Sapé, São Paulo. 2021.

CESSA – Centro de Estudos em Saneamento e Saúde Ambiental. Módulo 5: Saneamento e saúde ambiental. 2020.

CONEN. Esquema dos quatro componentes do saneamento. 2022.

CONSÓRCIO HIDROSTUDIO – FUNDAÇÃO CTH. Plano Diretor de Manejo de Águas Pluviais do Município do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Secretaria Municipal de Obras/Rio Águas, 2006.

DOS SANTOS, R. B.; MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; MASCARENHAS, F. C. B.; SERPA, M. C. Soluções alternativas para sistemas de drenagem urbana integrando áreas de favelas com a cidade formal. 2013.



ABIKO, Alex et al. Urbanização de favelas: aspectos técnicos, sociais e econômicos. São Paulo: FAPESP, 2003.

ANDRADE, Vera Regina T. de. Urbanização de Favelas: análise crítica e perspectivas. São Paulo: Annablume, 2011.

BIDERMAN, Ciro; LINDOSO, Eduardo. Urbanização de Favelas no Brasil: desafios e possibilidades. Brasília: IPEA, 2007.

BRASIL. Ministério das Cidades. Manual de Drenagem Urbana. Brasília: Ministério das Cidades, 2007.

JACOBSEN, M. et al. The Future of Water in African Cities: Why Waste Water? Washington, DC: World Bank, 2012.

UN-HABITAT. The Challenge of Slums: Global Report on Human Settlements 2003. London: Earthscan, 2003

GUIMARÃES, V. C. Ocupações irregulares e vulnerabilidade frente às inundações. 2016.

MENDES, J. C. Políticas públicas e drenagem urbana: desafios de governança. 2016.

MIGUEZ, M. G.; VERÓL, A. P.; REZENDE, O. M. Drenagem urbana: fundamentos e aplicações. Rio de Janeiro: UFRJ, 2015.

MORAES, L. R. S. Saneamento básico: definições e abrangência. Brasília: Ministério da Saúde, 1994a.

OLIVEIRA, A. K. B. et al. Evaluating the role of urban drainage flaws in triggering cascading effects on critical infrastructure, affecting urban resilience. Infrastructures, v. 7, n. 11, p. 153, 2022.

PONTE, J. P. X.; BRANDÃO, A. J. D. N. Urbanização de favelas e drenagem urbana na Região Metropolitana de Belém. 2014.

PORTO, S. M. C. et al. Drenagem urbana e a relação com alagamentos e erosões. São Paulo: Oficina de Textos, 2001.

PREFEITURA DO RIO DE JANEIRO. Fundação Instituto das Águas do Município do Rio de Janeiro – RIO-ÁGUAS. Manual de Instruções Técnicas para Elaboração de Estudos



Hidrológicos e Dimensionamento Hidráulico de Sistemas de Drenagem Urbana. Rio de Janeiro, 2019.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. Manual de Drenagem Urbana – Versão 3. São Paulo: SMDU, 2012.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Urbanismo e Licenciamento. Manual de Drenagem Urbana – Versão atualizada. São Paulo, 2024. ROLNIK, R. Democracia no fio da navalha: limites e possibilidades para a implementação de uma agenda de reforma urbana no Brasil. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais, v. 11, n. 2, p. 31–31, 2009.

SILVA, G. R.; MENDES, J. C.; LIMA, A. M. Soluções baseadas na natureza no planejamento urbano. 2020.

TUCCI, C. E. M. Gestão de águas pluviais urbanas. Porto Alegre: ABRH, 2009.

TUCCI, C. E. M. Drenagem urbana sustentável. Porto Alegre: UFRGS Editora, 2006.

YAZAKI, M. et al. Manual de Drenagem Urbana. São Paulo: Blucher, 2018.

ANEXO 1

TABELA COM DADOS NUMÉRICOS PARA O CÁLCULO DO ESCOAMENTO EM GALERIAS CIRCULARES PARCIALMENTE CHEIAS

$\frac{y}{d}$	C_1	C_2	C_3	C_4	$\frac{y}{d}$	C_1	C_2	C_3	C_4
0,15	0,0739	0,0152	0,0237	2,4311	0,52	0,4130	0,1665	0,2654	2,5408
0,16	0,0811	0,0174	0,0269	2,3901	0,53	0,4230	0,1719	0,2751	2,5610
0,17	0,0885	0,0197	0,0304	2,3813	0,54	0,4330	0,1773	0,2853	2,5892
0,18	0,0961	0,0221	0,0340	2,3669	0,55	0,4430	0,1828	0,2955	2,6131
0,19	0,1039	0,0246	0,0377	2,3486	0,56	0,4530	0,1883	0,3059	2,6390
					0,57	0,4620	0,1930	0,3157	2,6755
0,20	0,1118	0,0273	0,0418	2,3444	0,58	0,4720	0,1986	0,3263	2,6994
0,21	0,1199	0,0302	0,0461	2,3302	0,59	0,4820	0,2038	0,3374	2,7407
0,22	0,1281	0,0331	0,0504	2,3185					
0,23	0,1365	0,0361	0,0549	2,3127	0,60	0,4920	0,2095	0,3486	2,7689
0,24	0,1449	0,0394	0,0597	2,2959	0,61	0,5020	0,2149	0,3599	2,8046
0,25	0,1535	0,0427	0,0646	2,2888	0,62	0,5120	0,2202	0,3717	2,8493
0,26	0,1623	0,0462	0,0698	2,2826	0,63	0,5210	0,2251	0,3828	2,8920
0,27	0,1711	0,0498	0,0752	2,2800	0,64	0,5310	0,2305	0,3949	2,9351
0,28	0,1800	0,0535	0,0805	2,2640	0,65	0,5400	0,2354	0,4062	2,9777
0,29	0,1890	0,0573	0,0862	2,2630	0,66	0,5500	0,2410	0,4189	3,0213
					0,67	0,5590	0,2461	0,4312	3,0698
0,30	0,1982	0,0613	0,0921	2,2574	0,68	0,5690	0,2510	0,4444	3,1347
0,31	0,2074	0,0653	0,0981	2,2569	0,69	0,5780	0,2561	0,4570	3,1844
0,32	0,2167	0,0694	0,1044	2,2629					
0,33	0,2260	0,0735	0,1107	2,2683	0,70	0,5870	0,2607	0,4700	3,2501
0,34	0,2355	0,0777	0,1174	2,2828	0,71	0,5960	0,2659	0,4831	3,3008
0,35	0,2450	0,0818	0,1242	2,3052	0,72	0,6050	0,2705	0,4967	3,3716
0,36	0,2546	0,0864	0,1312	2,3058	0,73	0,6140	0,2751	0,5108	3,4477
0,37	0,2642	0,0910	0,1383	2,3098	0,74	0,6230	0,2798	0,5249	3,5194
0,38	0,2739	0,0955	0,1455	2,3210	0,75	0,6320	0,2845	0,5400	3,6028
0,39	0,2836	0,1002	0,1530	2,3314	0,76	0,6400	0,2881	0,5543	3,7018
					0,77	0,6490	0,2928	0,5689	3,7885
0,40	0,2934	0,1050	0,1604	2,3336	0,78	0,6570	0,2970	0,5851	3,8809
0,41	0,3032	0,1098	0,1683	2,3492	0,79	0,6660	0,3011	0,6020	3,9972
0,42	0,3130	0,1148	0,1762	2,3556					
0,43	0,3229	0,1198	0,1844	2,3691	0,80	0,6740	0,3047	0,6185	4,1205
0,44	0,3328	0,1246	0,1926	2,3892	0,81	0,6810	0,3079	0,6348	4,2506
0,45	0,3428	0,1298	0,2014	2,4074	0,82	0,6890	0,3115	0,6526	4,3890
0,46	0,3527	0,1347	0,2098	2,4258	0,83	0,6970	0,3151	0,6714	4,5403
0,47	0,3627	0,1401	0,2185	2,4323	0,84	0,7040	0,3183	0,6898	4,6963
0,48	0,3727	0,1451	0,2276	2,4605	0,85	0,7120	0,3212	0,7106	4,8943
0,49	0,3827	0,1506	0,2368	2,4724	0,86	0,7190	0,3243	0,7279	5,0378
					0,87	0,7250	0,3263	0,7527	5,3213
0,50	0,3930	0,1559	0,2464	2,4980	0,88	0,7320	0,3287	0,7767	5,5833
0,51	0,4030	0,1612	0,2558	2,5179	0,89	0,7380	0,3300	0,8017	5,9020

Observações: Dimensões no sistema MKS d = diâmetro da galeria — Q = descarga

Fonte: ALCANTARA (1962)