



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS GURUPI
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

LUCAS DE FRANÇA MOTA

**DRENAGEM URBANA LOCALIZADO NO CRUZAMENTO DA RUA 21 COM A
AV. PERIMETRAL NO MUNICÍPIO DE FORMOSO DO ARAGUAIA – TO:
ESTUDO DE CASO**

**GURUPI - TO
2022**

LUCAS DE FRANÇA MOTA

**DRENAGEM URBANA LOCALIZADO NO CRUZAMENTO DA RUA 21 COM A
AV. PERIMETRAL NO MUNICÍPIO DE FORMOSO DO ARAGUAIA – TO:
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Campus Gurupi do Instituto Federal
do Tocantins, como exigência à obtenção do título de
Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: M.Sc. Edivaldo Alves dos Santos

GURUPI – TO

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

- M917d Mota, Lucas de França
Drenagem urbana localizado no cruzamento da Rua 21 com a Av.
Perimetral no Município de Formoso do Araguaia – TO : Estudo de caso /
Lucas de França Mota. – Gurupi, TO, 2022.
60 p.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
Gurupi, Gurupi, TO, 2022.
- Orientador: Me. Edivaldo Alves Dos Santos
- I. Urbano. 2. Macrodrenagem. 3. Escoamento. I. Alves Dos Santos,
Edivaldo. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e
pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a)
autor(a).

LUCAS DE FRANÇA MOTA

**DRENAGEM URBANA LOCALIZADO NO CRUZAMENTO DA RUA 21 COM A
AV. PERIMETRAL NO MUNICÍPIO DE FORMOSO DO ARAGUAIA – TO:
ESTUDO DE CASO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Coordenação do curso de Bacharelado em
Engenharia Civil do Campus Gurupi do Instituto Federal
do Tocantins, como exigência à obtenção do título de
Bacharelado em Engenharia Civil.

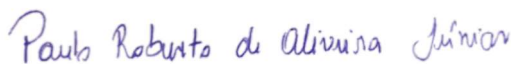
Orientador: M.Sc. Edivaldo Alves dos Santos

Aprovado em: 13/12/2022

BANCA EXAMINADORA



Prof. M.Sc. Edivaldo Alves dos Santos. Orientador
IFTO - Campus Gurupi



Prof. M.Sc. Paulo Roberto de Oliveira Junior. Examinador
IFTO - Campus Gurupi



Prof. M.Sc. Rodrigo Araujo Fortes. Examinador
IFTO - Campus Gurupi

AGRADECIMENTO

A Deus, que está ao meu lado em todos os momentos e me fortalece com o seu imensurável amor nos momentos bons e nos não tão bons.

Agradeço também aos meus pais, minha irmã e meu cunhado que me auxiliaram durante todo este tempo, sempre me dando a força necessária para seguir em frente, me apoiando em meus sonhos e se alegrando com as minhas conquistas.

Ao meu orientador Edivaldo que me ajudou ao máximo tanto em todas as matérias ministradas quanto no desenvolvimento desse Trabalho de Conclusão de Curso.

A banca, por aceitarem ler e contribuir para a melhoria desse trabalho.

E a todos, que direta ou indiretamente, contribuíram durante toda essa caminhada.

RESUMO

O processo de urbanização é um grande agente que contribui para a impermeabilização do solo. Essa questão promove a diminuição da taxa de infiltração e consequentemente o aumento do escoamento superficial, causando uma desordem no volume escoado. Quando esta situação é aliada a falta de um planejamento urbano, ocasionam-se grandes transtornos para a população em geral, que sofre com situações como alagamentos, inundações e enchentes. O local selecionado para o estudo é um trecho da Avenida Perimetral, localizada no município do Formoso do Araguaia- TO, cujo objetivo é analisar e determinar toda a área de contribuição e, posteriormente, toda vazão solicitante naquela passagem, além de propor soluções por meio de um sistema de macrodrenagem. Foram realizados levantamentos *in loco*, onde coletou-se dados da região e, seguidamente, executou-se um estudo bibliográfico para a realização de um projeto para o manejo de água pluvial que se acumulava no local. As informações obtidas foram trabalhadas no AutoCad, Google Earth, e em planilhas no Excel, onde foi possível determinar todo escoamento superficial naquela área. Verificou-se que o ponto em questão não conta com nenhum método ou sistema de drenagem urbana para conter toda água escoada. Logo, foi desenvolvido um projeto de macrodrenagem para evitar tais enchentes e inundações no final do estudo.

Palavras-Chave: Urbano. Macrodrenagem. Escoamento.

ABSTRACT

The urbanization process is a major agent that contributes to soil sealing. This issue promotes a decrease in the infiltration rate and consequently an increase in surface runoff, causing a disorder in the drained volume. When this situation is allied to the lack of urban planning, it causes great inconvenience to the general population, which suffers from situations such as floods, inundations and floods. The site selected for the study is a stretch of Avenida Perimetral, located in the municipality of Araguaia-TO, whose objective is to analyze and determine the entire contribution area and, subsequently, all the flow requesting that passage, in addition to proposing solutions through a macro drainage system. In loco surveys were carried out, where data were collected from the region and, then, a bibliographic study was carried out for the realization of a project for the management of rainwater that accumulated in the place. The information obtained was worked in Auto Cad, Google Earth, and in Excel spreadsheets, where it was possible to determine all surface runoff in that area. It was verified that the point in question does not have any method or urban drainage system to contain all the drained water. Soon, a macro drainage project was developed to avoid such floods and floods at the end of the study.

Key words: Urban. Macrodrainage. Flow.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

Figura 1 - Alagamento na Av. Perimtral	15
Figura 2 - Alagamento na Av. Perimetral	15
Figura 3 - Impactos da urbanização no ciclo hidrológico	19
Figura 4 - Visão geral do sistema de Drenagem	21
Figura 5 - Ciclo Hidrológico	23
Figura 6 - Representação de uma Bacia Hidrográfica	23
Figura 7 - Sarjeta	29
Figura 8 - Tipos de boca de lobo	31
Figura 9 - Área de estudo	34
Figura 10 - São apresentados exemplos de localização de caixa de ligação	34
Figura 11 - Fluxograma do procedimento de rede de Drenagem	36
Figura 12 - Av. Manoel Brandão	37
Figura 13 - Av. Cantidio Fernandes	39
Figura 14 - Av. Viturino Leite	39
Figura 15 - Av. Perimetral	40
Figura 16 - Perfil de Elevação da Av. Perimetral mais detalhado	41
Figura 17 - Perfil de elevação da Av. Perimetral	41
Figura 18 - Perfil de elevação da Av. Viturino Leite	41
Figura 19 - Perfil de elevação da Cantidio Fernandes	41
Figura 20 - Perfil de elevação da AV Manoel Brandão	42
Figura 21 - Perfil de elevação da RUA 19 e 20	42
Figura 22 - Perfil de elevação da Rua 21 e 22	42
Figura 23 - Perfil de elevação do Trecho da Av. Rio Formoso	43
Figura 24 - Área de contribuição	43
Figura 25 - Declividade da Br – 242	44
Figura 26 - Inclinação da Br – 242	45
Figura 27 - Bueiro e Canaleta que escoam a água proveniente da Br – 242	45
Figura 28 - Seção da sarjeta com o pavimento	47
Figura 29 - Microbacias	50
Figura 30 – Tapete de enrocamento à saída de uma passagem hidráulica	56
Quadro 1 - Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana	19
Quadro 2 - Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana	26

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tempo de Retorno Para Sistemas Urbanos	25
Tabela 2 - Coeficientes de Runoff	27
Tabela 3 - Fatores de redução de escoamento das sarjetas	30
Tabela4 - Fatores de redução de escoamento para boca-de-lobo	32
Tabela 5 - Espaçamento dos poços de visita	34
Tabela 6 - Coeficiente de rugosidade	48
Tabela 7 - Quantidade de boca-de-lobo por área de contribuição	52
Tabela 8 - Declividade mínima	55

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 PROBLEMATIZAÇÃO.....	14
3 JUSTIFICATIVA.....	16
4 OBJETIVOS.....	17
4.1 Objetivo Geral.....	17
4.2 Objetivo Específico.....	17
5 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
5.1 Urbanização e Drenagem.....	18
5.1.1 Microdrenagem.....	20
5.1.2 Macrodrenagem.....	20
5.2 Gestão da drenagem urbana no Brasil.....	21
5.3 O ciclo hidrológico em bacias hidrográficas.....	22
5.4 Precipitação.....	24
5.5 Tempo de Recorrência.....	24
5.6 Tempo de Concentração.....	25
5.7 Escoamento e Vazão.....	26
5.8 Intensidade de precipitação.....	27
5.9 Sistema de Drenagem.....	28
5.9.1 Sarjetas.....	28
5.9.2 Bocas de lobo.....	30
5.9.3 Meio Fios.....	33
5.9.4 Galerias.....	33
5.9.6 Caixa de Ligação.....	34
6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	36
6.1 Diagnóstico da Área de Estudo.....	36
6.2 Análise dos sistemas de Drenagem.....	37
6.2.1 Parâmetros Hidrológicos.....	37
6.2.2 Parâmetros Hidráulicos.....	38
6.2.3 Critérios para Elaboração de Projeto.....	38
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
7.1 Análise do Local.....	39
7.2 Levantamento Planialtimétrico.....	40

7.3 Bacia de Contribuição	43
7.4 Tempo de Concentração	46
7.5 Intensidade Pluviométrica	46
7.6 Vazão de Escoamento Superficial	47
7.7 Capacidade da Sarjeta	47
7.7.1 Fator de Redução da Capacidade da Sarjeta	49
7.7.2 Velocidade da Lâmina D'água	49
7.8 Capacidade de Engolimento da Boca de Lobo	50
7.8.1 Eficiência da Boca de Lobo	50
7.9 Microbacias	50
7.9.1 Quantidade de Boca Lobo por Microbacias	51
7.10 Galeria	52
7.10.1 Cota da Geratriz Inferior do Conduto	52
7.10.2 Declividade do Trecho	52
7.10.3 Vazão da Bacia	53
7.10.4 Diâmetro do Tubo	53
7.10.5 Vazão com a Seção Plena	53
7.11 Declividade Mínima	55
7.12 Dissipador de Energia	55
7.13 Projeto Final	57
8. CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS	59

1. INTRODUÇÃO

Inúmeras cidades do país apresentam incessantes problemas relacionados à drenagem urbana de águas pluviais. O aumento da urbanização unido à falta de planejamento aumenta os riscos desses problemas.

A demanda de um planejamento urbano pertinente, principalmente, à drenagem urbana, acrescido às alterações que o meio sofre em decorrência do uso inadequado do solo, estabelecem constituintes congruentes à geração de problemas urbanos de soluções complexas, e, na maioria das vezes, que requerem medidas estruturais dispendiosas.

Grande parte das cidades brasileiras não possui normas de fiscalização referente à drenagem urbana. Pois segundo Tucci (2002), o Plano Diretor Urbano existe para que cada município introduza o uso do solo e as legislações ambientais, mas dificilmente aborda a drenagem urbana. Por conseguinte, o Município de Formoso do Araguaia – TO não possui plano diretor que é obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes.

O povoado de Formoso foi emancipado do município de Cristalândia em 1º de outubro de 1963, com o nome de Formoso do Araguaia. A partir de experimentos, percebeu-se que a região apresentava condições muito favoráveis para o cultivo do arroz irrigado, visto que depende apenas de obras para possibilitar a drenagem no período das águas e irrigação no período das secas. Segundo o IBGE, a população da cidade em 2010 era de 18.427 habitantes, na qual desse total 13.333 residiam em área urbana e 5.094 na zona rural. Estima-se que a população atual é de 18.358 pessoas.

O município possui um clima tropical úmido e quente, que é caracterizado por apresentar durante o verão uma intensidade de chuva elevada, em virtude disso surge nessa estação o alagamento de diversas áreas devido à chuva.

Um trecho que causa grandes transtorno aos cidadãos e não recebe intervenções de melhorias e desse modo evidencia inundação no período de intensas chuvas está localizado no cruzamento da Rua 21 com a Avenida Perimetral que fica próximo à Avenida Manoel Brandão. O ponto em questão conta com um tráfego bastante turbulento nos horários de pico, pois é uma relevante rota para a BR-242, e esta, por sua vez, dá acesso a cidades vizinhas importantes como Gurupi, além da zona rural da cidade. Ademais, essa via é um caminho para a população que se destina ao bairro Aliança, entre outros destinos de locomoção, sendo assim de extremo valor para o âmbito social.

Contudo pode-se observar que a cidade dispõe de outras áreas que se comparam a essa, a adversidade é de tal ordem que é incerto à previsão do sistema para planejamento e controle. O modelo presente deve ser analisado e estudado para implantação de soluções adequadas. O presente trabalho tem como objetivo propor possíveis medidas estruturais para atenuação dos problemas de drenagem urbana nesse cruzamento de vias.

2 PROBLEMA DE PESQUISA

Quando o sistema de drenagem urbana é sobrecarregado ou ineficaz no manejo das águas superficiais, e há a impermeabilização do solo devido a urbanização, os efeitos no meio são a diminuição do tempo de concentração, a aceleração do escoamento superficial, o arraste de sedimentos e vazões maiores levando ao acúmulo de água e, conseqüentemente, a enxurradas, enchentes, alagamentos de áreas e inundações de locais próximos a corpos d'água (MARTINS, 2017; TASCA et al., 2018).

Para Portela et al., (2020), as inundações, alagamentos e o arraste de sedimentos são problemas que atingem, majoritariamente, comunidades onde os habitantes são mais vulneráveis, acarretando avarias econômicas, ambientais e sociais (Souza et al., 2010). No entanto, além desses problemas, também são responsáveis por causar danos à saúde da população, visto que são vetores de contaminação de doenças de veiculação hídrica, ou seja, atuam como veículos de patógenos ou como meio de desenvolvimento deles. Baseado nesse contexto define-se a problemática.

Com relação aos impactos ambientais estes podem ser definidos de acordo com Artigo 1º da Resolução CONAMA No 01 de 1987 como:

“qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam:

- I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - as atividades sociais e econômicas;
- III - a biota;
- IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente;
- V - a qualidade dos recursos ambientais” (CONAMA, 1987).

Diante disso entende-se que a definição a respeito dos impactos ambientais é bem clara enfatizando que são alterações nas propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, sendo que isso pode ser resultado principalmente da ação humana, ou seja, o homem é visto como o principal responsável por esses impactos. Nesse contexto temos a seguinte problemática:

Diante disso temos a seguinte problemática: É difícil a previsão do sistema para planejamento e controle? O sistema atual deve ser estudado para implantação de soluções adequadas?

Como podemos observar nas imagens abaixo:

Figura 1- Alagamento na Av. Perimetral



Fonte: Daniel Farias, 2017.

Figura 2 – Alagamento na Av. Perimetral



Fonte: Daniel Farias, 2017.

3 JUSTIFICATIVA

A crescente preocupação com o meio ambiente e com as consequências provocadas nele pertinente a ações dos seres humanos, leva a engenharia a procurar maneiras de viver em equilíbrio com o ecossistema sem agredir ou sofrer com os impactos ambientais. Uma das atividades que mais ocasionam danos a natureza é o processo de urbanização, pois em inúmeras situações ela é realizada sem qualquer planejamento e isto agrava o cenário de forma exponencial.

Assim como muitas cidades do país, Formoso do Araguaia também sofre com problemas devido a sua urbanização. Com o índice pluviométrico elevado e um alto crescimento populacional, a cidade começa a sofrer com diversos problemas de drenagem de água pluvial, mais especificamente no trecho recém-revitalizado da Av. Perimetral. Sendo assim, é necessário o desenvolvimento e dimensionamento de uma rede de macrodrenagem para essa área, com o intuito de acabar com os viés causados devido a falta de um sistema de drenagem, além de proporcionar uma vida melhor a população local.

Desse modo podemos citar como exemplo a Bacia do Tietê que possui uma área de drenagem de 5.650 km. Em 2014, encontrava-se em implantação a primeira etapa do projeto, que abrange o trecho limitado entre a Barragem da Penha e a foz do córrego Três Pontes (limite municipal entre São Paulo e Itaquaquecetuba). Na sua fase final, o projeto será estendido até Salesópolis. Logo, nota-se que ela conta com um vasto sistema de macrodrenagem que, por sua vez, é bastante importante para região, visto que acaba com toda água escoada naquela região.

4. OBJETIVOS

Dando continuidade e para respaldar a pesquisa foram traçados objetivos que cooperam para a efetivação do estudo em questão, sendo que dessa maneira foi possível visualizar com mais precisão a contribuição do mesmo para o meio acadêmico e para a sociedade como um todo, tendo em vista que se trata de uma problemática que atinge a todos de um modo geral. A seguir trazemos o objetivo geral e os objetivos específicos:

4.1 Objetivo Geral

Analisar o ponto crítico de acúmulo de água localizado no cruzamento da Rua 21 com Av. Perimetral na cidade de Formoso do Araguaia - TO, identificando causas e sugerir possíveis soluções em termos de projeto de drenagem.

4.2 Objetivos Específicos

- ✓ Analisar o índice pluviométrico da cidade de Formoso do Araguaia – TO;
- ✓ Explorar todas as características fisiográficas da bacia de contribuição;
- ✓ Calcular a área do escoamento superficial, que contribui para o ponto crítico de alagamento e calcular a vazão solicitante;
- ✓ Avaliar a eficiência dos métodos de micro drenagem executadas na área e indicar as ações que possam solucionar os problemas de alagamento;
- ✓ Analisar todo perfil de elevação da bacia de contribuição;
- ✓ Dimensionar a sarjeta e bocas de lobo para atender a região de estudo;
- ✓ Calcular a quantidade de bocas de lobo por microbacias;
- ✓ Dimensionar um sistema de macrodrenagem que atenda todo escoamento superficial da bacia;
- ✓ Calcular a declividade mínima de cada trecho;
- ✓ Desenvolver o projeto de sistema de macrodrenagem da área.

5. REVISÃO DE LITERATURA

5.1 Urbanização e drenagem

Nas últimas décadas, o crescimento populacional e a migração para as cidades, juntamente com a rápida urbanização, mudaram a forma como os diferentes grupos socioculturais se distribuem nas áreas urbanas (ZWIER; VAN HAM; MANLEY, 2018). O que tem sido observado empiricamente em algumas cidades que grupos desfavorecidos em bairros de baixa renda se beneficiaram menos de investimentos e serviços de infraestrutura (COLLINS et al., 2019).

A urbanização no Brasil se impulsionou por volta segunda metade do século XX, compreendendo no período de 1950 a 2010 perfazendo um acréscimo da população vivendo em cidades (DRUMOND, 2012). O crescimento de áreas urbanas é normalmente aliado a impactos ao meio ambiente e, na grande maioria das vezes, as ameaças escusas exercidas no meio refletem sobre a população, mesmo que isso venha sendo considerado unívoco de progresso (VILLANUEVA et al., 2011).

A carência do planejamento urbano na ampla maioria das cidades brasileiras traz incontáveis problemas para a população, em consequência dos impactos da urbanização sobre o meio ambiente. Pode-se citar tipos como: os problemas relativos às enchentes urbanas, que podem desabrigar inúmeras de pessoas, o que gera danos econômicos e o desenvolvendo doenças pela propagação hídrica, como a leptospirose e malária, além daqueles relativos à produção e transportes de cargas propagadas de poluição que podem prejudicar as nascentes d'água (PORTO, 2001).

A impermeabilização do solo, faz com que uma parcela da água que infiltrava passe a aumentar o escoamento superficial. Ou seja, a urbanização elimina os pontos de retenção natural existentes, diminuindo a rugosidade da bacia. Os poucos canais existentes não arranjo natural são modificados pela tubulação de drenagem (TUCCI, 1995).

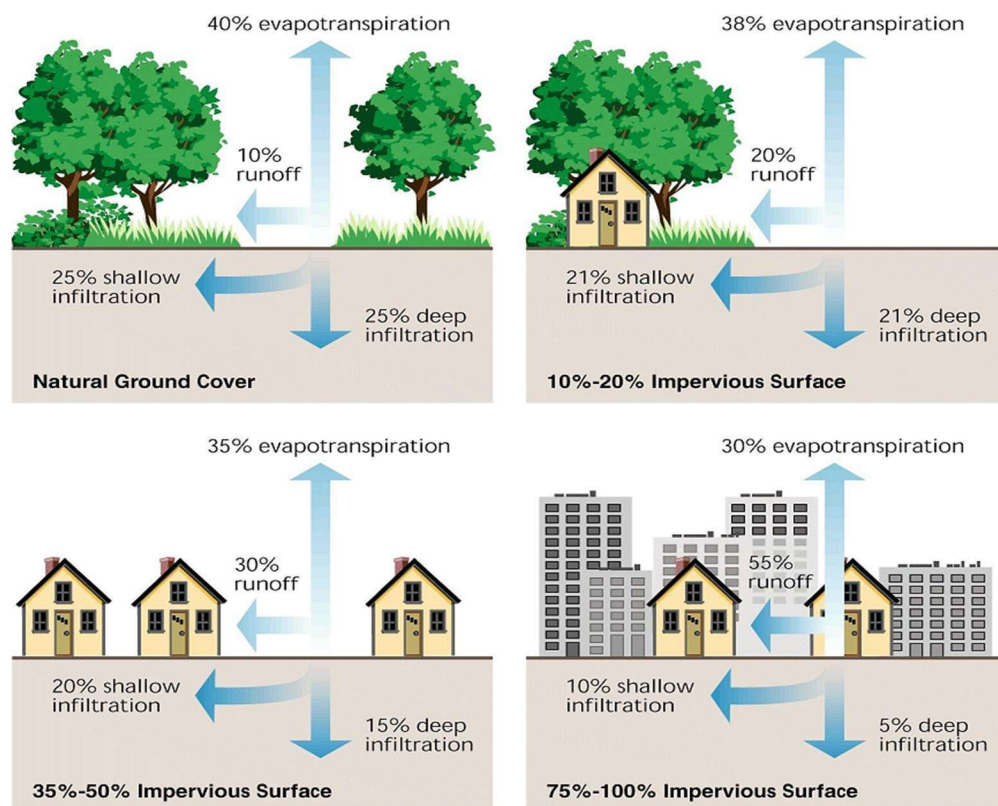
De acordo com Tucci (2012, p. 26), o instrumento legal de gestão das águas pluviais é o Plano Diretor de Drenagem Urbana, que é elaborado de acordo com outros planos da cidade, como o Plano Municipal de Saneamento e o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano. Sua estrutura é dividida em 5 eixos conforme o quadro 1.

Quadro 1 — Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana.

Política de águas pluviais	É o conjunto de objetivos, princípios, metas e estratégias que são estabelecidas para o plano da cidade.
Medidas:	Estruturais e não estruturais
Produtos:	Resultados obtidos pelas medidas tomadas, isto é, compreende a legislação, os planos de bacia, a definição dos programas e o manual de drenagem urbana que orienta os planejadores urbanos.
Programas	Ações a longo prazo que visam complementar as medidas
Informações	Base de conhecimentos que possibilitam a criação dos tópicos anteriores. Dizem respeito aos dados hidrológicos, dados físicos e legislação relacionada com os sistemas de infraestrutura

Fonte: Adaptado Tucci (2012).

No Brasil o sistema de drenagem urbana é composto pela macrodrenagem e microdrenagem, além de medidas estruturais e não estruturais que podem ser utilizadas para o manejo de águas pluviais. A microdrenagem é definida como o sistema de drenagem que recolhe e afasta as águas pluviais do meio urbano, por meio de estruturas hidráulicas como sarjetas, bocas de lobo, rede de conduto e galerias, poços de visita e drenos (TUCCI, 2015).

Figura 3 - Impactos da urbanização no ciclo hidrológico

Fonte: Paz, 2004.

5.1.1 Microdrenagem

A microdrenagem é parte do sistema que compõe o sistema de drenagem urbana e tem como função coletar e conduzir a água pluvial até o sistema de macrodrenagem, além de contribuir para o escoamento da água dos pavimentos das vias públicas, de modo a minimizar os riscos de alagamentos e reduzir danos (KAMURA, 2005).

Os projetos de microdrenagem devem ser fundamentados no conceito do escoamento lento das águas de chuva, a fim de prolongar o tempo de permanência dessas águas no sistema de drenagem urbana, de modo a evitar pontos de concentração das mesmas a jusante, os quais causam inundações e aumento das vazões de pico da bacia (FUCHS, 2011).

5.1.2 Macrodrenagem

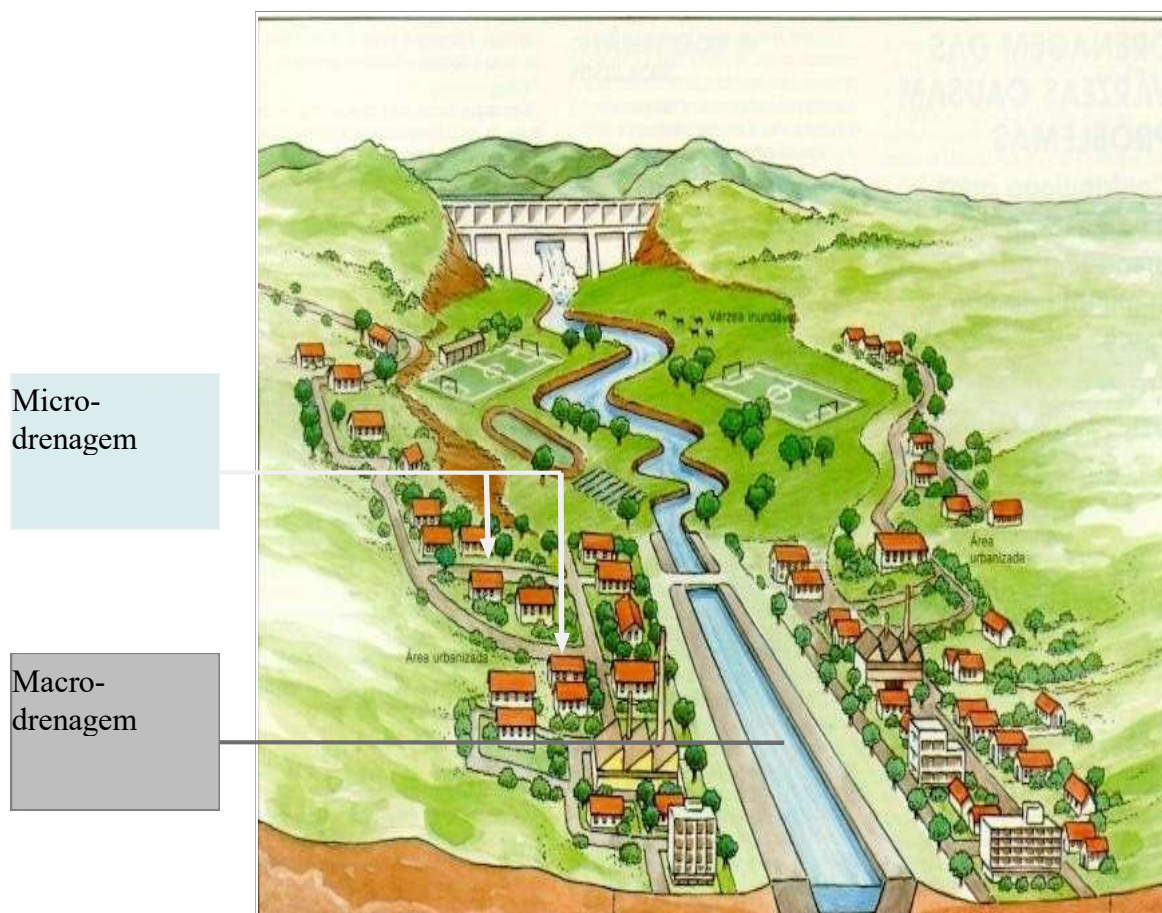
Os sistemas de Macrodrenagem são dimensionados para que suportem vazões de 25 a 100 anos de período de retorno. Do seu funcionamento adequado depende a prevenção ou minimização dos danos às propriedades, dos danos à saúde e perdas de vida das populações atingidas, seja em consequência direta das águas, seja por doenças de veiculação hídrica (PMSP, 1999).

Os sistemas de macrodrenagem são projetos que visam reduzir eventos mais críticos que os sistemas de microdrenagem, entretanto estes primeiros devem funcionar em conjunto com os sistemas de microdrenagem, pois eles podem retardar as águas de chuva, criando assim, uma relação de complementaridade. A macrodrenagem é essencial para evitar inundações em cidades urbanizadas, sendo ela uma medida estrutural dispendiosa e que deve ser precedida por bons sistemas de microdrenagem, a fim de se obter uma eficiência adequada (FUCHS, 2011).

Segundo Azevedo Netto & Fernandez (2015), a macrodrenagem é a parte do sistema que recebe água coletada pelos sistemas da microdrenagem, cuidando dos fundos de vales, sendo a que interessa mais a área total da bacia, seu escoamento natural, sua ocupação, a cobertura vegetal, os fundos de vale e os cursos de água urbana.

Assim podemos notar nas imagens a seguir:

Figura 4 - Visão geral do sistema de Drenagem



Fonte: Microdrenagem, 2017.

5.2 Gestão da drenagem urbana no Brasil

Segundo a Lei 11.445/2007, lei do saneamento básico, que institui a Política Nacional do Saneamento Básico (PNSB), a gestão e o manejo das águas pluviais urbanas consistem no conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana pluvial, de transporte, detenção ou retenção para amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas, entretanto não é considerado relevante o bastante como o abastecimento de água e a coleta de esgoto e poucos municípios possuem equipe técnica especializada, limitando ações a práticas trivial (BENINI, 2015).

Para Tucci (2012), no Brasil não é implantada a ideia de um programa pautado em controle das inundações, pois é observada apenas atividades separadas por parte de alguns municípios. E em suma a concentração é voltada às enchentes somente após as suas ocorrências.

Prontamente, toda bacia hidrográfica possui recursos de drenagem pluvial específicos, como: rios, riachos, córregos e várzeas, que se construíram devido às características físicas

locais e agem como equilíbrio e ocorrências de precipitações. Contudo, com o processo de urbanização e ocupação do solo, aumentam-se as áreas impermeáveis em determinado espaço, alterando essa dinâmica pela redução de infiltração da água no solo. Dessa maneira faz-se necessária a inserção de sistemas artificiais que contribuam para o reestabelecimento do controle das águas pluviais (MARTINS, 2012).

5.3 O ciclo hidrológico em bacias hidrográficas

Rocha e Santos (2018, p.2) estabelece que uma bacia hidrográfica como “um sistema físico onde a entrada é o volume de água precipitado e a saída é o volume de água escoado na saída da Bacia Hidrográfica.”. Nesse caso, verifica-se uma prática natural que conta, ainda, com as perdas pelo processo de evapotranspiração da água. Em alguns casos de bacias extensas, os efeitos climáticos também interferem fortemente no padrão de runoff no exutório, melhor dizendo, no volume escoado na saída do corpo hídrico.

Além dos fatores climáticos, a variação do fluxo nas bacias hidrográficas também se dá por características naturais, tais como solo, relevo e cobertura vegetal. Entretanto, são as ações antrópicas que representam os maiores intervenientes ao se pensar no sistema como um todo.

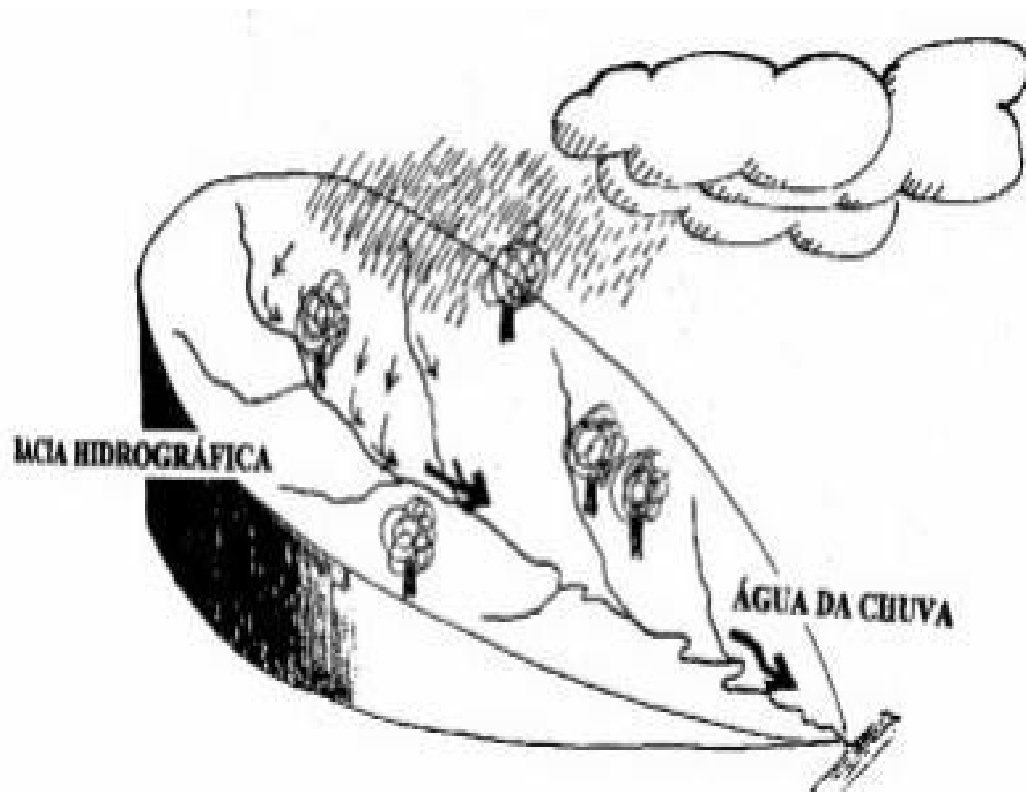
Segundo Tucci (2001), no trajeto em direção à superfície terrestre a precipitação já sofre evaporação. Já a água que cai sobre um solo com cobertura vegetal, parte do seu volume precipitado sofre interceptação em folha e caules, de onde evaporam. A movimentação de água se dá principalmente pela entrada contínua de radiação solar no sistema terrestre. Essa energia faz com que a água evapore, seja transportada pelo vento, condense e precipite. A água que se infiltra no solo, por sua vez é sujeita a evaporação direta para a atmosfera e é absorvida pela vegetação, que através da transpiração, retorna à atmosfera. Este processo chamado é chamado de evapotranspiração.

Figura 5 - Ciclo Hidrológico



Fonte: USGS (United States Geological Survey), 2019

Figura 6 - Representação de uma Bacia Hidrográfica



Fonte: Pedrazzi, 2003.

5.4 Precipitação

Para Pinto et al (1976) entende-se por precipitação a água proveniente do vapor de água da atmosfera depositada na superfície terrestre de qualquer forma, como chuva, granizo, orvalho, neblina, neve ou geada.

Segundo Tucci, (2001), as características principais da precipitação são o seu total, duração e distribuição temporal e espacial. A formação das precipitações atmosféricas ocorre através do ar quente e úmido que, elevando-se por expansão adiabática, se resfria até obter seu ponto de saturação. Uma parte deste vapor se condensa em aerossóis de gotículas de água formando as nuvens, essas gotículas são mantidas em suspensão pelo efeito da turbulência ou de correntes de ar ascendentes. Quando elas atingem tamanho necessário (gota) para vencer a resistência do ar, deslocam-se em direção do solo formando as precipitações (Villela e Mattos, 1975).

5.5 Tempo de Recorrência

Para Tucci (2001), tempo de recorrência é o número médio de anos em que se espera que uma precipitação seja igualada ou superada e o seu inverso é a probabilidade de um fenômeno igual ou superior ao analisado, ocorra em um ano qualquer.

Para as obras de engenharia a sua segurança e durabilidade frequentemente associam-se a tempo ou período de recorrência cujo significado refere-se ao espaço de tempo em anos onde provavelmente ocorrerá um fenômeno de grande magnitude pelo menos uma vez. No caso dos dispositivos de drenagem este tempo diz respeito a enchentes de projeto que orientarão o dimensionamento de modo que a estrutura indicada resista a estas enchentes sem risco de superação, resultando desta forma a designação usual de descarga de projeto. A escolha do tempo de recorrência da enchente de projeto de uma obra de engenharia, conseqüentemente, a vazão a ser adotada no projeto de uma determinada obra, depende da comparação do custo para sua implantação e da perspectiva dos prejuízos resultantes da ocorrência de descargas maiores do que a de projeto, levando-se em conta que quanto maior o tempo de recorrência mais onerosa será a obra, porém os prejuízos decorrentes da insuficiência a esta vazão serão menores, resultando menores despesas de reposição ou reparos.

Em se tratando de obras de canalização de cursos d'água de pequenas bacias de drenagem para controle de inundação, como é o caso comum, os problemas são obviamente

pequenos e, portanto, o período de retorno a ser adotado será em geral, de acordo com a importância de obra, este período varia de 5 a 50 anos (Delgado, 2008).

Tabela 1- Tempo de Retorno Para Sistemas Urbanos

Sistema	Característica	Intervalo (anos)	Valor recomendado (anos)
Microdrenagem	Residencial	2-5	2
	Comercial	2-5	2
	Áreas de prédios públicos	2-5	2
	Áreas comerciais e Avenidas	2-10	2
	Aeroporto	5-10	5
Macro-drenagem		10-50	10
Zoneamento de áreas ribeirinhas		5-10	50

*Limite da área de regulamentação.

Fonte: Manual de microdrenagem 2008

5.6 Tempo de Concentração

Tempo de concentração relativo a uma seção de um curso de água é o intervalo de tempo contado a partir do início da precipitação para que toda a bacia hidrográfica correspondente passe a contribuir na seção em estudo.

Cada parcela será a soma do tempo de concentração do trecho anterior com a soma do tempo de permanência do trecho em estudo conforme equação 1.

$$T_c(i) = T_c(i - 1) + T_p(i) \quad (1)$$

Onde:

$T_c(i)$ = tempo de concentração (min);

$T_c(i-1)$ = tempo de concentração de trecho anterior (min);

$T_p(i)$ = tempo de percurso do trecho i (min).

O segundo tempo de concentração (tempo no interior das galerias) pode ser obtido através das características hidráulicas de fluxo, aplicando a equação de Manning (equação 2).

$$V = Rh^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} * n^{-1} \quad (2)$$

Onde:

V = velocidade (m/s);

R_h = Raio hidráulico (m);

S = declividade no trecho do canal;

n = coeficiente de Manning de acordo com o material do conduto.

Calculado a velocidade (equação 3) no trecho e sabendo o comprimento L do mesmo, aplico a equação do movimento retilíneo e uniforme para achar o tempo de escoamento do percurso.

$$V = \frac{L}{T_p} \quad (3)$$

Sendo:

V = velocidade de escoamento (m/s);

L = comprimento do trecho do canal (m);

T_p = Tempo de concentração no trecho.

5.7 Escoamento e Vazão

Segundo Tucci (2001), o escoamento superficial é a parcela do ciclo hidrológico em que a água se desloca na superfície da bacia até encontrar uma calha definida. O escoamento em bacias urbanas é gerido pela ação do homem por meio de superfícies impermeáveis e sistemas de esgotos pluviais.

Já a vazão, Segundo Pinto et al (1976) é o volume de água que escoa em uma unidade de tempo e em determinada seção de um conduto livre ou conduto forçado. Isto significa que a vazão é a rapidez com a qual um volume escoar.

Para a Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002), a transformação chuva-vazão, será realizado o Método Racional e consiste em 3 princípios básicos conforme o quadro 2.

Quadro 2 - Estrutura do Plano Diretor de Drenagem Urbana.

1º	A duração da precipitação máxima de projeto é igual ao tempo de concentração da bacia. Admite-se que a bacia é pequena para que essa condição aconteça, pois a duração é inversamente proporcional à intensidade.
2º	Adota um coeficiente único de perdas, denominado C , estimado com base nas características da bacia.

3 °	Não avalia o volume da cheia e a distribuição temporal das vazões
-----	---

Fonte: Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002)

Para compor esses princípios tem-se necessário uma equação (4) que norteia.

$$Q_{\max} = 0,278 * C * i_{\max} * A \quad (4)$$

Onde:

$Q_{\max}$ = vazão superficial máxima (m³/s);

C = coeficiente de escoamento médio superficial ponderado;

$i_{\max}$ = máxima intensidade da precipitação (mm/h);

A = área da bacia contribuinte não controlada por MCs (km²).

Tabela 02 – Coeficiente de Runoff

Descrição da área	Coeficiente de Runoff
Área comercial	
Central	0,70 a 0,95
Bairros	0,50 a 0,70
Área residencial	
Residências isoladas	0,35 a 0,50
Unidades múltiplas (separadas)	0,40 a 0,60
Unidades múltiplas (conjugadas)	0,60 a 0,75
Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70
Lotes com 2km² ou mais	0,30 a 0,45
Área Industrial	
Indústrias leves	0,50 a 0,80
Indústrias pesadas	0,60 a 0,90
Outros	
Parques, cemitérios	0,10 a 0,25
Playgrounds	0,20 a 0,35
Pátios de estradas de ferro	0,20 a 0,40
Áreas sem melhoramentos	0,10 a 0,30
Área com prédios de apartamentos	0,50 a 0,70

Fonte: (CETESB, 1980)

5.8 Intensidade de precipitação

A intensidade imediata de uma precipitação sobre um determinado pluviógrafo, a intensidade a ser considerada para a aplicação de método racional conforme equação 5, e é máxima média observada num certo intervalo de tempo para o período de recorrência fixado.

O intervalo de tempo que corresponde à situação crítica será igual ao tempo de concentração da bacia (PINTO et al., 1976).

$$i_{\max} = \frac{K * T_r^m}{(t + t_0)^n} \quad (5)$$

Onde:

$i_{\max}$ = máxima intensidade da precipitação (mm/h);

T_r = Tempo de Retorno (anos);

t = Duração da chuva (min);

K, m, n e t_0 = Constantes baseadas em dados locais, variando de acordo com a cidade.

5.9 Sistemas de Drenagem

Em sua função primordial, a drenagem em um trecho urbano deve eliminar a água que, sob qualquer forma, atinge o corpo estradal, captando-a e conduzindo-a para locais em que menos afete a segurança e durabilidade da via. As águas que escoam superficialmente pelas ruas são captadas por canaletas laterais chamadas de sarjetas. Para interceptar as águas que escoam pelas sarjetas e conduzi-las à tubulação pluvial, empregam-se as bocas de lobo. A sua utilização objetiva evitar o escoamento em cruzamentos de rua, então chamadas de pontos baixos, e evitar o aumento do escoamento acima da capacidade da sarjeta, aí chamadas de intermediárias. As águas captadas pela drenagem pluvial e pelas bocas de lobo são conduzidas a tubulação. As tubulações conduzem as saídas, que podem ser em galerias, podendo ter diversas formas, ou a canais a céu aberto, conhecidos como emissários.

5.9.1 Sarjetas

As sarjetas são faixas de via pública, paralela ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas e que elas escoam em trecho urbano, têm como objetivo conduzir as águas que se precipitam sobre a plataforma da rua e áreas adjacentes ao ponto de captação que normalmente é uma boca de lobo.

Segundo Tucci (2001), a capacidade de esgotamento de uma boca de lobo, sua localização e espaçamento, qualquer que seja o seu tipo, depende da altura d'água no trecho da sarjeta imediatamente a montante da boca de lobo, isto é, em suma, da capacidade de vazão da

sarjeta. Se esta estiver localizada em trecho de declividade uniforme, a altura d'água na sarjeta dependerá das suas características de escoamento como conduto livre. Tais características incluem a seção transversal, a declividade e a rugosidade da sarjeta e as superfícies do pavimento sobre as quais a água escoar.

Figura 7 - Sarjeta



Fonte: Tucci, 2001.

Com relação aos Fatores de redução da capacidade de escoamento: Compreende-se as capacidades de escoamento anteriormente citadas podem, segundo alguns autores, sofrer redução no valor calculado, a fim de aproximar o resultado teórico das limitações existentes nos casos reais.

No caso das sarjetas, uma vez calculada a capacidade teórica, multiplica-se o seu valor por um fator de redução, que leva em conta a possibilidade de obstrução de sarjetas de pequenas declividades por sedimentos. Na tabela são apresentados valores recomendados de fatores de redução. Uma vez calculada a capacidade teórica, multiplica-se o seu valor por um fator de redução que leva em conta a possibilidade de obstrução da sarjeta de pequena declividade por sedimentos.

Ela deve ser calculada multiplicando-se a capacidade teórica pelo fator de redução correspondente, em relação à declividade longitudinal. Esse fator de redução tem por objetivo levar em conta: a menor capacidade efetiva de descarga das sarjetas de pequena declividade, devido às maiores possibilidades de sua obstrução por material sedimentável; levar em conta os riscos para os pedestres, no caso de sarjetas com grande inclinação, em virtude das velocidades de escoamento elevadas.

Segue abaixo a tabela referente aso Fatores de Redução do Escoamento das Sarjetas;

Tabela 3 – Fatores de redução de escoamento das sarjetas (DAEE/CETESB, 1980)

Declividade da Sarjeta - %	0,4	1 a 3	5	6	8	10
Fator de Resolução	0,50	0,80	0,50	0,40	0,27	0,20

Fonte: Manual de drenagem urbana, 2017.

5.9.2 Boca de Lobo

Bocas de lobo são dispositivos especiais que têm a finalidade de captar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas para, em seguida, conduzi-las às galerias subterrâneas (TUCCI, 2001).

As bocas coletoras (bocas-de-lobo) podem ser classificadas em três grupos principais: bocas ou ralos de guias; ralos de sarjetas (grelhas); ralos combinados. Cada tipo inclui variações quanto a depressões (rebaixamento) em relação ao nível da superfície normal do perímetro e ao seu número (simples ou múltipla).

De acordo com Tucci (2001) a capacidade de engolimento das bocas de lobo pode ser determinada através da seguinte fórmula:

$$Q = 1,7 * L * y^{\frac{3}{2}} \quad (6)$$

Onde:

Q = vazão de engolimento (m³/s);

L = comprimento da soleira (m);

y = altura de água próximo à abertura na guia (m).

Esta fórmula é utilizada somente para os casos em que a altura da lâmina de água é menor que a da abertura da guia. Porém, para os casos em que esta altura se sobressai, ficando maior do que o dobro da abertura na guia, a vazão é calculada pela seguinte equação (TUCCI, 2001):

$$Q = 3,101 * L * h^{\frac{3}{2}} * \sqrt{\frac{2y - h}{2h}} \quad (7)$$

Onde:

Q = vazão de engolimento (m³/s);

L = comprimento da abertura (m);

h = altura da guia (m);

y = altura de água próximo à abertura na guia (m), a opção por outra fórmula para $h < y < 2h$, fica a critério do projetista.

As bocas de lobo com grelha, operam como vertedores de soleira livre, a sua vazão de engolimento é fornecido pela equação 7, substituindo L por P (perímetro do orifício em metros),

essa equação só pode ser utilizada para profundidade de lâmina até 12 cm. Quando esta profundidade é superior a 42 cm, a vazão é dada por (TUCCI, 2001):

$$Q = 2,91 * A * y^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

Onde:

Q = vazão de engolimento (m³/s);

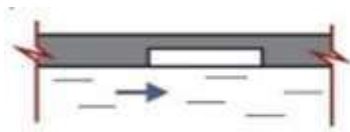
A = área da grade (m²);

y = altura de água próximo à abertura na guia (m).

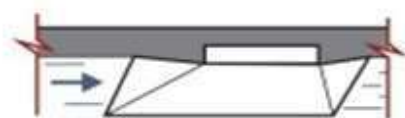
Segundo Tucci (2001) e Botelho (2006) algumas recomendações devem ser levadas em consideração na execução das bocas de lobo:

- a) As bocas de lobo não devem ser instaladas em frente as garagens;
- b) Serão locadas em ambos os lados da rua somente quando a saturação da sarjeta requisitar ou se as capacidades de engolimento forem ultrapassadas;
- c) Devem ser executadas nos pontos baixos da quadra;
- d) É recomendável que haja um espaçamento máximo de sessenta metros entre as bocas de lobo;
- e) É necessário realizar uma limpeza periódica nas bocas de lobos, principalmente antes dos períodos chuvosos;
- f) As bocas de lobo não podem ser instaladas no limite de cruzamentos, somente nas proximidades destes.

Figura 8 - Tipos de boca de lobo



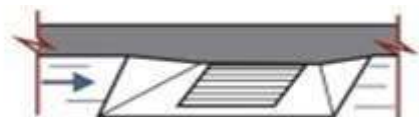
Boca de Lobo sem depressão



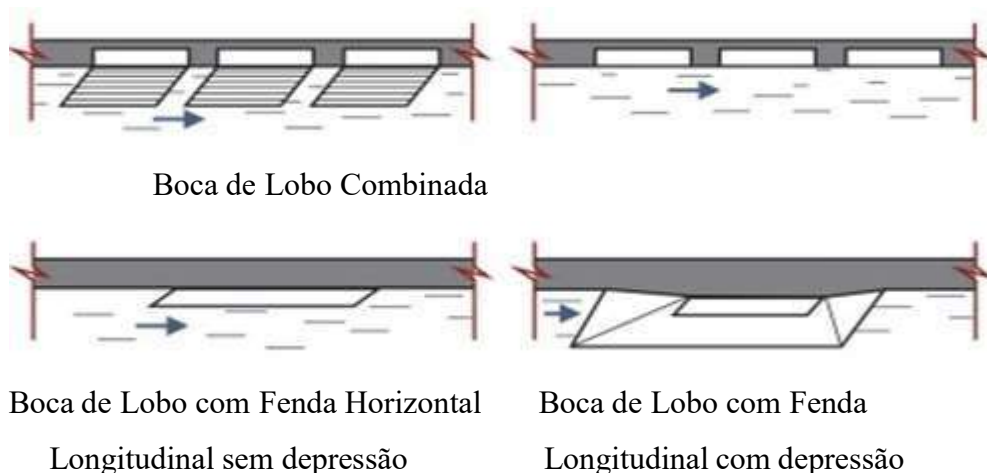
Boca de Lobo com Depressão



Boca de Lobo com Grelha sem depressão



Boca de Lobo com Grelha sem depressão



Fonte: Manual de Drenagem e manejo de águas pluviais: aspectos tecnológicos, diretrizes para projetos, São Paulo, 2012.

A capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo é menor que a calculada devido a vários fatores, entre os quais: obstrução causada por detritos, irregularidades nos pavimentos das ruas junto às sarjetas e alinhamento real.

A capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo é menor que a calculada devido a fatores como a obstrução causada por detritos e irregularidades nos pavimentos das ruas junto às sarjetas (DAEE/CETESB, 1980).

Segue abaixo a tabela referente ao Fator de Redução de Escoamento da Boca-de-Lobo:

Tabela 4 – Fatores de redução de escoamento para bocas-de-lobo (DAEE/CETESB, 1980)

Localização na sarjeta	Tipo de Boca-de-lobo	% Permitido sobre o Valor Teórico
Ponto Baixo	De guia	80
	Com grelha	50
	combinada	65
Ponto Intermediário	De guia	80
	grelha longitudinal	60
	grelha transversal ou longitudinal com barras transversais	50
	Combinadas (grelha longitudinal)	66
	Combinadas (grelha com barras transversais)	50

Fonte: Manual de drenagem urbana, 2017

5.9.3 Meios fios

Segundo Tucci; Porto; Barros (1995) Meios-fios são elementos de pedra o concreto, colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio.

5.9.4 Galerias

Segundo Tucci; Porto; Barros (1995) galerias são canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas. Os dimensionamentos de galerias, conforme a Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (2002), é feito com base nas equações hidráulicas de movimento uniforme, como a de Manning. O cálculo depende do coeficiente de rugosidade e do tipo de galeria. Esse cálculo segue a fórmula de Manning (equação 9):

$$Q = \left(\frac{\pi * D^2}{4n} \right) * \left(\frac{D}{4} \right)^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

Onde:

Q = Vazão da galeria (l/s);

D = Diâmetro da galeria (m);

n = rugosidade;

S = Declividade da seção (m/m).

Para o valor da rugosidade a norma ABNT NBR 9649:1986 é recomenda n= 0,013 para galerias de concreto. A declividade mínima recomendada pela norma é determinada pela equação 10:

$$I_0 = 0.0055 * Q^{-0,47} \quad (10)$$

Onde:

I₀ = Declividade mínima (m/m);

Q_i = Vazão inicial (l/s).

5.9.5 Poço de Visita (Pv's)

Os poços-de-visita são dispositivos especiais que têm a finalidade de permitir mudanças ou das dimensões das galerias ou de sua declividade e direção. São dispositivos também previstos quando, para um mesmo local, concorrem mais de um coletor. Têm ainda o objetivo de permitir a limpeza nas galerias e a verificação de seu funcionamento e eficiência.

Após o dimensionamento e localização das bocas-de-lobo e sarjetas, devem ser posicionados os poços de visita que atenderão às bocas-de-lobo projetadas e demais casos particulares, conforme descrito acima.

Os poços de visita permitem acesso às canalizações para limpeza e inspeção; Localização em pontos de mudanças de direção, cruzamento de ruas, mudanças de declividade, mudanças de diâmetro e quando existir diferenças superiores a 0,70 m de nível do tubo afluente e o efluente.

Tabela 5- Espaçamento dos Poços em Visita

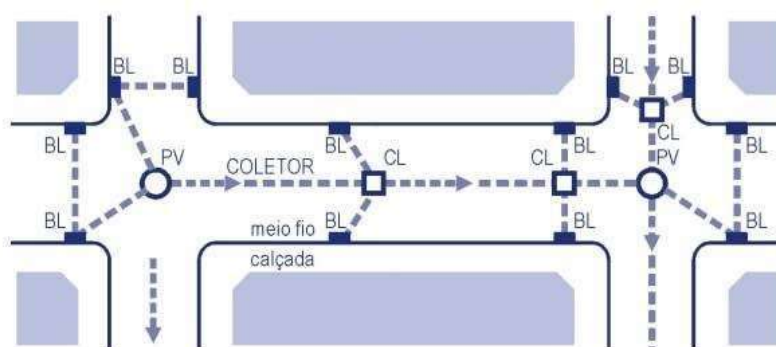
Diâmetro (ou altura do conduto) (m)	Espaçamento (m)
0,30	50
0,50 - 0,90	80

Fonte: (DAEE/ CETESB, 1980).

5.9.6 - Caixa de Ligação

As caixas de ligação são utilizadas quando se faz necessária a locação de bocas-de-lobo intermediárias ou para evitar-se a chegada, em um mesmo poço de visita, de mais de quatro tubulações. Sua função é similar à do poço de visita, dele diferenciam-se por não serem visitáveis.

Figura 9 - São apresentados exemplos de localização de caixa de ligação.



Fonte: Manual de Drenagem, 2002

De acordo com Azevedo Netto (2015) as caixas de ligação são estruturas, não visitáveis, que recebem tubos de ligação de bocas de lobo intermediárias, além disso elas também são responsáveis por evitar o excesso de ligações no mesmo poço de visita.

6. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

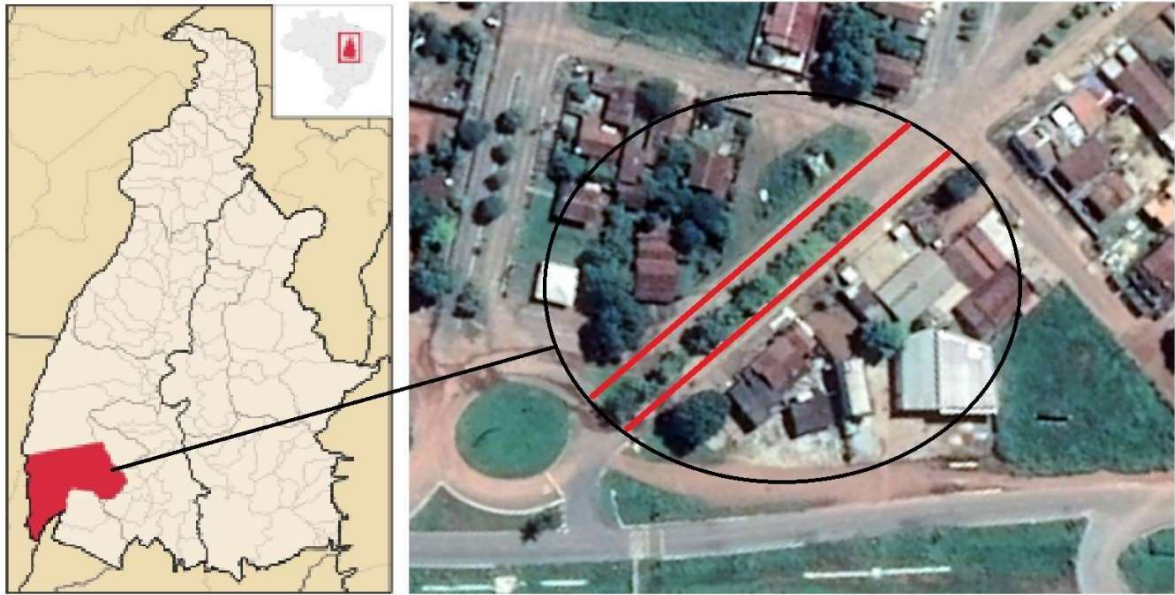
A pesquisa em tese, de feição qualitativo e quantitativo, foi realizada no trecho urbano do cruzamento da Rua 21 com a Av. Perimetral, localizado na cidade de Formoso do Araguaia – TO. O mecanismo para a execução da pesquisa foi dividido nas subseqüentes etapas: levantamento de dados, análise dos dispositivos de drenagem no local e proposta de solução.

Foram realizados levantamentos *in loco* no cruzamento da Rua 21 com a Av. Perimetral para coletar informações sobre a área. Efetuou-se registros fotográficos das Avenidas Manoel Brandão, Cantídio Fernandes e Vitorino Leite, que circulam o local de estudo (Figuras 11, 12 e 13). Como podemos verificar esta é uma área cercada por alguns comércios, mas é composto, pela sua maioria, de residências familiares. O local também possui bastante fluxo de pessoas e, principalmente, de transportes que tem como destino a cidade de Dueré, evidenciando que a área é constantemente frequentada tanto por moradores locais quanto por viajantes/turistas

6.1 Diagnóstico da Área de Estudo

A área de estudo em questão se refere a um trecho da Av. Perimetral, localizada na cidade de Formoso do Araguaia – TO (figura 1), nas coordenadas 11°48'36.38"S e 49°31'50.70"O (Google Earth, 2022). O município está localizado na região Sudoeste do estado do Tocantins, além de possuir uma área territorial de 13.431,861 km² e uma população estimada em 18.358 habitantes (IBGE, 2021).

Figura 10 – Área de estudo



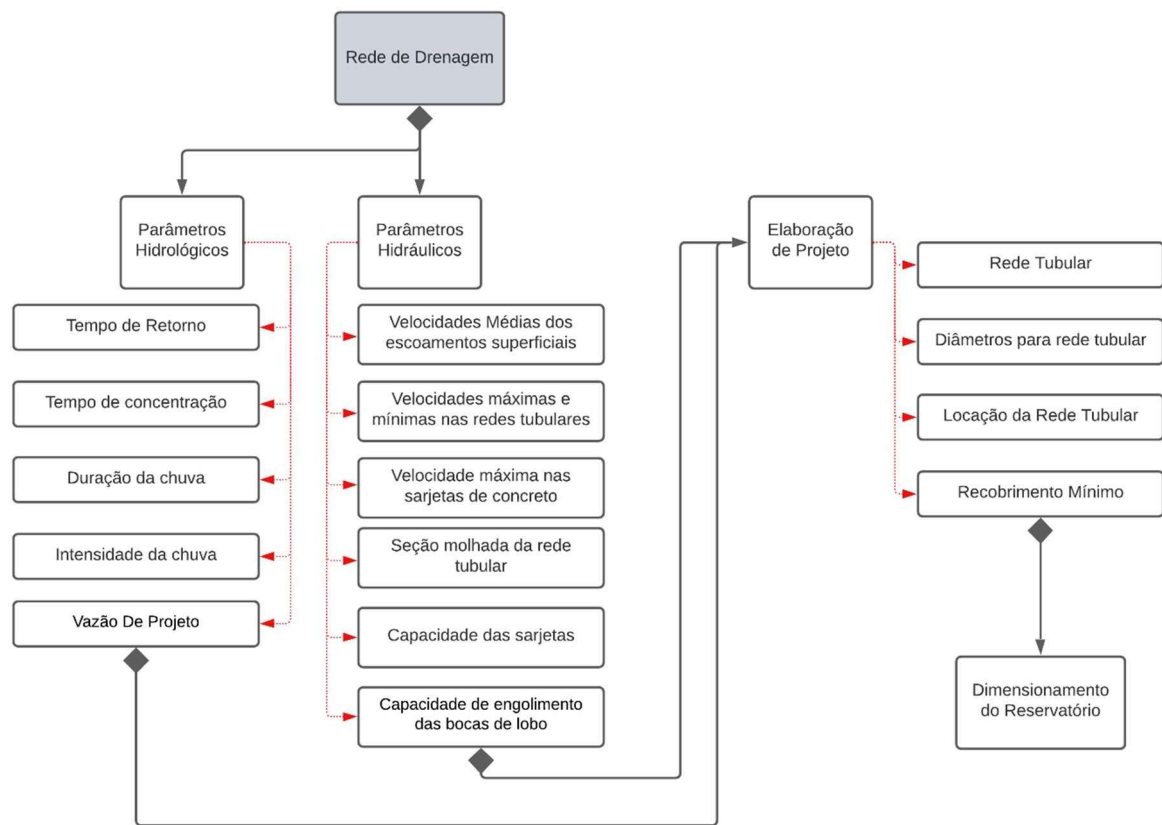
Fonte: Adaptado Google Earth, 2022

O trecho urbano de estudo é bastante transitado pelos moradores e turistas da região. Ela dá acesso a uma importante rodovia que é a BR – 242, onde interliga a cidade de Formoso do Araguaia a outros distritos ou até mesmo a zona rural do município. Ademais, ela é um dos principais caminhos para a chegada em outros bairros, logo existe um grande fluxo de carros, motos, caminhões e pedestres.

6.2 Análise dos sistemas de Drenagem

O sistema de drenagem será composto por 3 etapas conforme o fluxograma (Figura 10).

Figura 11 – Fluxograma do procedimento de rede de Drenagem



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

6.2.1 Parâmetros Hidrológicos

Para os Parâmetros Hidrológicos serão considerados para o projeto o Tempo de Retorno (T) que é o período que um determinado evento hidrológico é igualado ou superado pelo menos uma vez.

Em seguida será analisado o Tempo de concentração (Tc), esse que vai ser calculado pelas fórmulas de *Kirpich*, representadas pela equação 11.

$$T_c = 57 * L^{1,155} * S^{-0,385} \quad (11)$$

Onde:

Tc = tempo de concentração (min);

L = comprimento do talvegue (km);

S = declividade do talvegue (m/m);

H = diferença entre as cotas da seção de saída e o ponto mais a montante da bacia (m).

Foi realizado estudos sobre a duração da chuva e Intensidade da chuva, esse que pode ser com base nas curvas IDF da bacia, que relacionam a intensidade, a duração, e a frequência

das chuvas na bacia. Cada região deve possuir uma curva IDF específica, que será utilizada para montar o hidrograma da mesma. E por fim determina a vazão de projeto, que entende-se como o valor instantâneo de pico (ou o hidrograma de cheia), calculado indiretamente a partir da transformação da chuva de projeto em vazão do escoamento superficial. Dessa forma, será utilizado o Método Racional.

6.2.2 Parâmetros Hidráulicos

Os Parâmetros Hidráulicos foram considerados as Velocidades Médias dos escoamentos superficiais (V) - Considerando os escoamentos como permanentes e uniformes, será utilizado a fórmula de Manning para cálculo das velocidades, sendo calculados as Velocidades máximas e mínimas tanto nas redes tubulares e nas sarjetas de concreto. Será calculado a Seção molhada da rede tubular, Capacidade das sarjetas e Capacidade de engolimento das bocas de lobo.

6.2.3 Critérios para Elaboração de Projeto

Também foi calculado a Rede Tubular, o Diâmetros para rede tubular, a Locação da Rede e por fim o Recobrimento Mínimo por fim o dimensionamento do reservatório.

7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Figura 12 – Av. Manoel Brandão



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 13 – Av. Cantidio Fernandes



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 14 – Av. Viturino Leite



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 15 – Av. Perimetral



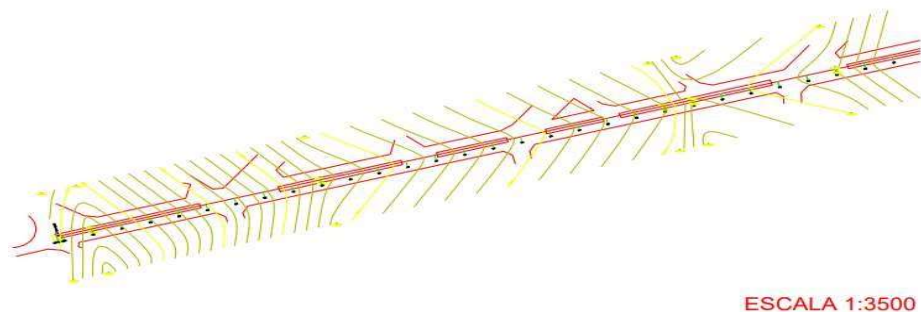
Fonte: Autoria própria, 2022.

Como pode ser verificado na Figura 14, a área de estudo não conta com nenhum sistema de microdrenagem e de macrodrenagem, por isso, é inevitável o alagamento da região em períodos chuvosos, tornando-a muitas vezes imprópria para a locomoção.

7.2 Levantamento Planialtimétrico

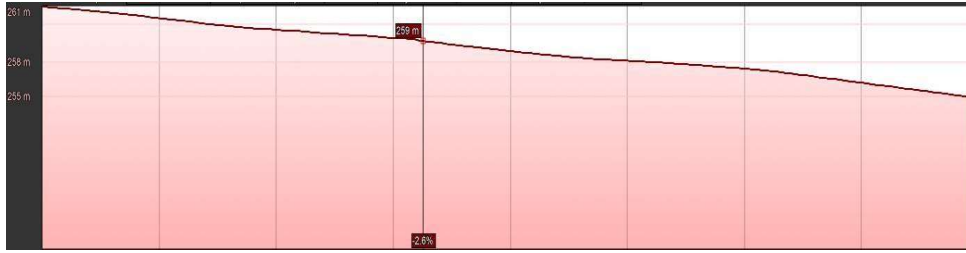
Para avaliação das condições topográficas, foram obtidos os dados de um levantamento já realizado pela Prefeitura de Formoso do Araguaia - TO para a revitalização da Av. Perimetral. Ademais, foram utilizados alguns softwares, como o Google Earth, que auxiliaram na localização e criação das curvas de nível do restante do terreno.

Figura 16 - Perfil de Elevação da Av. Perimetral mais detalhado



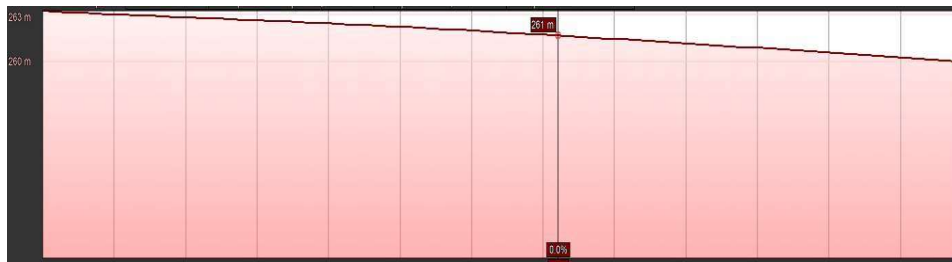
Fonte: Prefeitura de Formoso do Araguaia - TO, 2022.

Figura 17 – Perfil de Elevação da Av. Perimetral



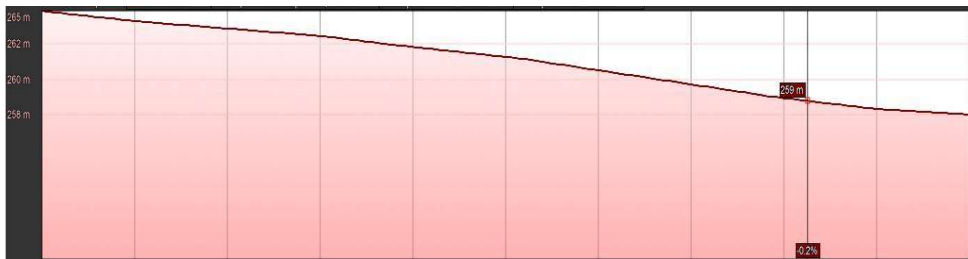
Fonte: Google Earth, 2022.

Figura 18 – Perfil de Elevação da Av. Viturino Leite



Fonte: Google Earth, 2022.

Figura 19 – Perfil de Elevação da Cantidio Fernandes



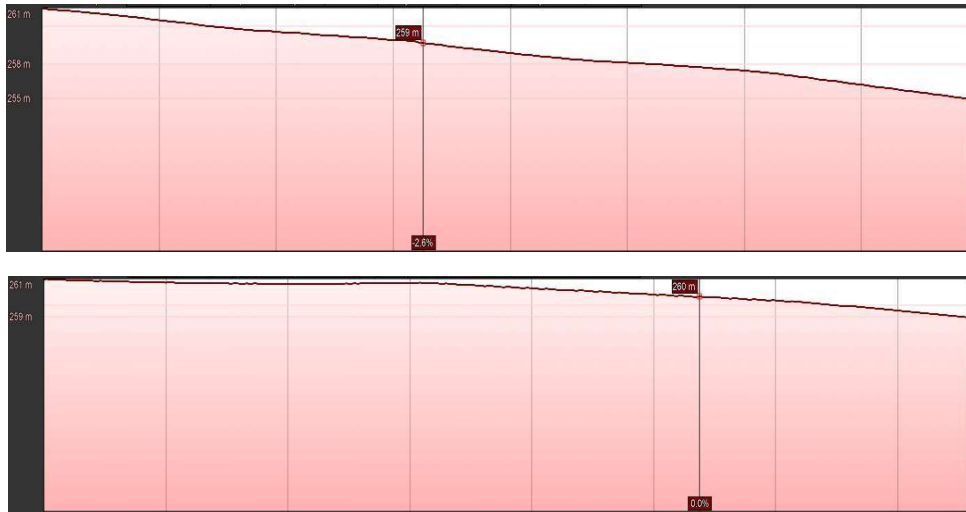
Fonte: Google Earth, 2022.

Figura 20 – Perfil de Elevação da AV Manoel Brandão



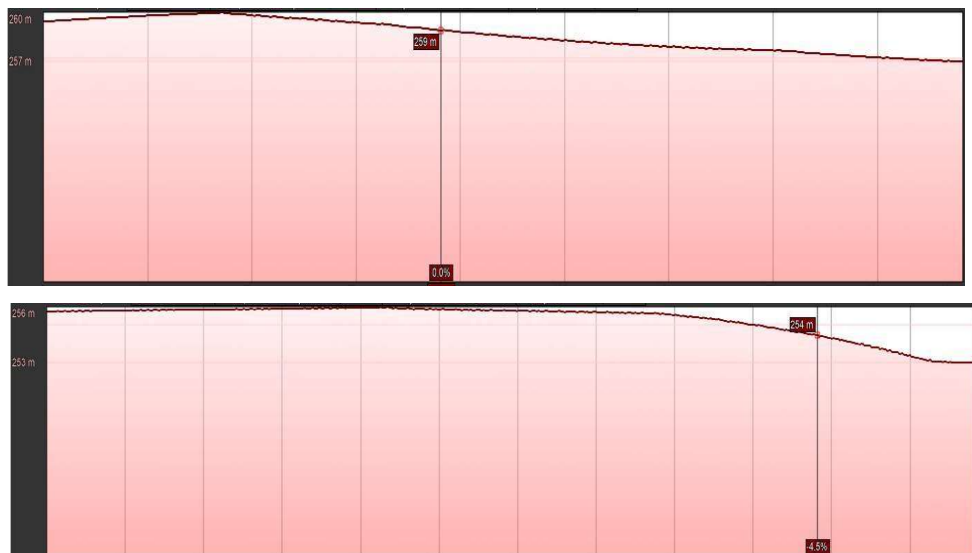
Fonte: Google Earth, 2022.

Figura 21 – Perfil de Elevação da RUA 19 e 20



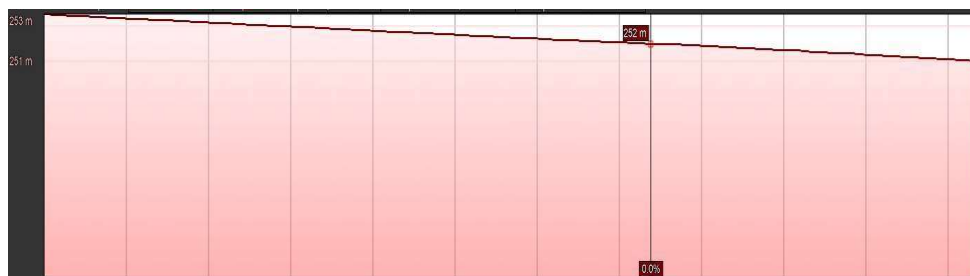
Fonte: Google Earth, 2022.

Figura 22 – Perfil de Elevação da Rua 21 e 22



Fonte: Google Earth, 2022.

Figura 23 – Perfil de Elevação do Trecho da Av. Rio Formoso ao Local de despejo d'água



Fonte: Google Earth, 2022.

Ao analisar o perfil de elevação de toda a área, compreende-se o desnível da área de contribuição, tanto das avenidas quanto das ruas. Logo toda água que cai naquela região tende a escoar para o ponto crítico em questão, ou seja, o cruzamento da Rua 21 com a Av. Perimetral.

Ademais, é importante salientar o desnível que se tem do trecho que sofre alagamento até o local onde toda água será despejada, sendo assim todo sistema de macrodrenagem poderá ser elaborado nas melhores condições possíveis.

7.3 Bacia de Contribuição

Utilizando o Google Earth e o AutoCAD foi possível delimitar e mensurar a área da bacia de contribuição da região de estudo (Figura 25).

Figura 24 – Área de contribuição



Fonte: elaborada pelo autor, 2022.

Os dados foram obtidos diretamente no AutoCAD e Google EARTH, onde foi diagnosticado os seguintes valores:

- ✓ Área da Bacia Contribuinte: $77720,7006 \text{ m}^2$ – $0,077721 \text{ km}^2$
- ✓ Comprimento da Bacia: $426,5 \text{ m}$ – $0,4265 \text{ km}$
- ✓ Ponto mais alto do talvegue / Saída da bacia: Cota Sup. (m) – $261,55 \text{ m}$ / Cota inf.(m) – $255,42 \text{ m}$ / Diferença de altitude (m) – $6,13 \text{ m}$.

Como podemos verificar, o cruzamento da Rua 21 com a Av. Perimetral é um ponto que possui uma bacia de contribuição bastante considerável. Este fato pode proporcionar a saturação

desta área, que é evidenciada pelos diversos problemas de inundações que foram encontrados no local.

Figura 25 – Declividade da Br – 242



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 26 – Inclinação da Br – 242



Fonte: Autoria própria, 2022.

Figura 27 – Bueiro e Canaleta que escoam a água proveniente da Br – 242



Fonte: Autoria própria, 2022.

Como pode ser observado nas Figuras 26, 27 e 28, a BR – 242 não contribui para vazão total da área de pesquisa em questão, ou seja, por se tratar de uma Rodovia Duplicada toda água que cai nesse local é escoada para o canteiro central.

7.4 Tempo de Concentração

Calculou-se o tempo de concentração pela Equação de Kirpich (Equação 11):

$$T_c = 57 * 0,4265^{1,155} * 6,13^{-0,385}$$

$$T_c = 10,6min$$

7.5 Intensidade Pluviométrica

Através do documento “Coletânea das Equações de Chuvas do Brasil”, obteve-se os seguintes coeficientes para o cálculo da intensidade pluviométrica da região. Tais coeficientes são propriamente específicos da cidade de Formoso do Araguaia.

$$K = 8740,42; m = 0,176; t_0 = 54,663; n = 1,078$$

A intensidade foi calculada através da equação 5, o tempo de retorno em anos utilizado foi de 10 anos.

$$i_{\max} = \frac{8740,42 * 10^{0,176}}{(10,6 + 54,663)^{1,078}}$$

$$i_{\max} = 144,98 \text{ mm/h}$$

7.6 Vazão de Escoamento Superficial

Para a área em estudo, o cálculo da vazão será pelo método racional, em conformidade com os autores citados.

A vazão total foi estimada pela Equação 4, sendo adotado um Coeficiente de Deflúvio (C) igual a 0,6, visto que é uma região basicamente formada por áreas residenciais, sendo unidades múltiplas separadas.

$$Q_{\max} = 0,278 * 0,6 * 144,98 * 0,077721$$

$$Q_{\max} = 1,87 \frac{m^3}{s} = 1870 \frac{l}{s}$$

7.7 Capacidade da Sarjeta

Seguindo a recomendação do manual da CETESB (1980, P.265), foi utilizada a fórmula de Manning, alterada por Izzard, com a ressalva de que a sarjeta será dimensionada considerando que a água será escoada apenas pela sarjeta, possuindo a configuração da Figura

Figura 28 – Seção da sarjeta com o pavimento



Fonte: Microdrenagem, 2017.

Equação de Izzard:

$$Q = \frac{0,375 * y^{\frac{8}{3}} * Z}{n} * I_L^{\frac{1}{2}} \quad (12)$$

Onde:

Q = vazão da sarjeta (m³/s);

y = altura da lâmina d'água na sarjeta (m);

I_L = declividade longitudinal da sarjeta (m/m);

Z = inverso da declividade transversal da sarjeta (m/m);

n = coeficiente de rugosidade de Manning.

Tabela 6 – Coeficiente de rugosidade (n)

Tipo de sarjeta ou pavimento	N
Sarjeta de concreto, bom acabamento	0,012
Pavimento de asfalto	
Textura lisa	0,013
Textura áspera	0,016
Sarjeta de concreto, com pavimento de asfalto	
Textura lisa	0,013
Textura áspera	0,015

Fonte: Nunes, 2016.

Primeiramente foi definido alguns parâmetros para a sarjeta, como:

Largura (L_s): 60 cm;

Declividade Transversal (I_T): 20% = 0,2 m/m, onde 20% ≤ I_T ≤ 25%;

Declividade Longitudinal (I_L): 1% = 0,01 m/m, onde 0,5% ≤ I_L ≤ 16%;

Coeficiente de rugosidade de Manning: 0,016.

Inverso da declividade transversal:

$$Z = \frac{1}{0,2 \text{ m/m}}$$

$$Z = 5$$

A altura da lâmina d'água na sarjeta foi determinada pela equação:

$$y = L_s * Z \quad (13)$$

Onde:

y = altura da lâmina d'água na sarjeta (m);

L_s = largura da sarjeta (m);

Z = inverso da declividade transversal da sarjeta (m/m).

Com isso, utilizando a Equação 13, temos que a altura da lâmina d'água é:

$$y = 0,6 * 0,2$$

$$y = 0,12\text{m} = 12\text{cm}$$

A altura da lâmina d'água não pode exceder que 15 cm, que é a altura da guia, como nesse caso resultou numa altura de lâmina d'água igual a 12 cm, está tudo dentro do planejado.

Com esses dados, é possível o desenvolvimento do cálculo para a capacidade das sarjetas que será em função da declividades longitudinal, conforme a Equação 12:

$$Q = \frac{0,375 * 0,12^{\frac{8}{3}} * 5}{0,016} * 0,01^{\frac{1}{2}}$$

$$Q = 0,041055 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 41,055 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

7.7.1 Fator de Redução da Capacidade da Sarjeta

Como já foi mencionado anteriormente, após o cálculo da capacidade teórica da sarjeta, é necessário multiplicar esse valor por um fator de redução, que é dado de acordo com a declividade longitudinal da sarjeta. Em concordância com a Tabela 3, a minoração que se deve levar em consideração é de 80%, logo:

$$Q = 0,041055 * 0,8$$

$$Q = 0,032844 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 32,844 \frac{\text{l}}{\text{s}}$$

7.7.2 Velocidade da Lâmina D'água

Pode-se determinar a velocidade da lâmina d'água na sarjeta através da equação:

$$v = 0,958 * \left(\frac{I_L}{n}\right)^{\frac{1}{2}} * \left(\frac{Q}{Z}\right)^{\frac{3}{4}} \quad (14)$$

Onde:

V = velocidade de escoamento na sarjeta (m/s);

Q = vazão da sarjeta (m³/s);

I_L = declividade longitudinal da sarjeta (m/m);

Z = inverso da declividade transversal da sarjeta (m/m);

n = coeficiente de rugosidade de Manning.

Logo, substituindo os valores na Equação 14, temos:

$$v = 0,958 * \left(\frac{0,01^{\frac{1}{2}}}{0,016}\right)^{\frac{3}{4}} * \left(\frac{0,032844}{5}\right)^{\frac{1}{4}}$$

$$v = 1,08 \text{ m}^3/\text{s}$$

A velocidade de escoamento da sarjeta tem que ser maior que 0,75 m/s e menor que 3,5 m/s, ou seja, $0,75 \text{ m/s} \leq V \leq 3,50 \text{ m/s}$. Logo, a velocidade está dentro dos parâmetros em questão.

7.8 Capacidade de Engolimento da Boca de Lobo

Previamente, foi determinado que seria, basicamente, utilizado boca de lobo de guia sem depressão e, quando necessário, bocas de lobo múltiplas.

Posteriormente são definidos algumas medidas para boca de lobo, como:

Altura da abertura da guia: 13cm;

Largura (L_s): 60 cm.

Como a altura da lâmina d'água é menor que a abertura da guia, a capacidade de engolimento da boca de lobo é definida por meio da Equação 6:

$$Q = 1,7 * 1,5 * 0,12^{\frac{3}{2}}$$

$$Q = 0,1062 \frac{m^3}{s} = 106,2 \frac{l}{s}$$

7.8.1 Eficiência da Boca de Lobo

Ulteriormente ao cálculo da capacidade teórica da boca de lobo, é necessário multiplicar esse valor por um fator de redução, que é definido segundo o tipo de boca de lobo e sua localização na sarjeta. De acordo com a Tabela 4, a minoração que vamos levar em consideração é de 80%, tanto para bocas de lobo em pontos baixos como em pontos intermediários, logo:

$$Q = 0,1062 * 0,8$$

$$Q = 0,085 \frac{m^3}{s} = 85 \frac{l}{s}$$

7.9 Microbacias

Foi realizada a divisão da área total de contribuição em microbacias para conhecer e determinar a parcela individual de cada região, como pode ser visto na Figura 30:

Figura 29 – Microbacias



Fonte: Autoria própria, 2022.

7.9.1 Quantidade de Boca Lobo por Microbacias

Tabela 7 – Quantidade de boca de lobo por área de contribuição

ÁREA DE CONTRIBUIÇÃO	ÁREA TOTAL	VAZÃO DA ÁREA DE CONT.	QUANTIDADE DE BL
Quant.	km ²	m ³ /s	Quant.
A1	0,011555	0,279	3,29
A2	0,001859	0,045	0,53
A3	0,007944	0,192	2,26
A4	0,002613	0,063	0,74
A5	0,005971	0,144	1,70
A6	0,002627	0,064	0,75
A7	0,002783	0,067	0,79
A8	0,014862	0,359	4,23
A9	0,002853	0,069	0,81
A10	0,001993	0,048	0,57
A11	0,002473	0,060	0,70
A12	0,001298	0,031	0,37
A13	0,001905	0,046	0,54
A14	0,001942	0,047	0,55
A15	0,002603	0,063	0,74
A16	0,00184	0,044	0,52
A17	0,000966	0,023	0,27
A18	0,004357	0,105	1,24
A19	0,004079	0,099	1,16
TOTAL			21,77

ÁREA QUE UMA ÚNICA BL COMPREENDE
m ²
3514,9

Fonte: Autoria própria, 2022.

Foi calculada a quantidade de bocas de lobo por microbacias com o objetivo de fazer a distribuição dessas por cada zonas com uma maior exatidão. Nota-se que em alguns trechos são necessários menos que uma boca de lobo para suprir a área. Logo, na maioria das vezes, uma boca de logo foi posicionada de modo que ela suprisse duas ou mais microbacias, isto é, até atingir sua capacidade de engolimento total.

7.10 Galeria

Para o dimensionamento da galeria foi levada em conta todos os dados coletados in loco e todas as informações já calculadas anteriormente, como a área de contribuição, a vazão total e a topografia local. O cálculo de toda rede de macrodrenagem foi realizado no software Excel, como podemos visualizar na Planilha 1.

As equações utilizadas para o dimensionamento da galeria, foram as seguintes:

7.10.1 Tempo de Percurso

O tempo de percurso é dado pela Equação 3.

7.10.1 Cota da Geratriz Inferior do Conduto

$$G_i = C_T - R_c - (2 * E_c) \quad (15)$$

Onde:

G_i = cota da geratriz inferior do conduto (m);

C_T = cota do terreno (m);

R_c = recobrimento do conduto (m);

E_c = espessura da parede do conduto (m).

7.10.2 Declividade do Trecho

$$I_Y = \frac{C_{TM} - C_{TI}}{L} \quad (16)$$

Onde:

I_Y = declividade do trecho (m/m);

C_{TM} = cota do terreno a montante (m);

C_{TI} = cota do terreno a jusante (m);

L = distância entre os trechos (m).

7.10.3 Profundidade do Conduto

$$P_c = C_T - G_i \quad (17)$$

Onde:

P_c = profundidade do conduto (m);

G_i = cota da geratriz inferior do conduto (m);

C_T = cota do terreno (m).

7.10.4 Vazão da Bacia

A vazão da bacia foi estipulada pelo método racional, ou seja, pela Equação 4.

7.10.5 Diâmetro do Tubo

O diâmetro do tubo é dado pela equação de Manning, logo, pela Equação 9.

7.10.6 Vazão com a Seção Plena

A vazão da seção plena foi definida pela fórmula de Manning, ou seja, pela Equação 9.

Seguidamente, foi calculada a relação entre a vazão da bacia (Q) e a vazão com a seção plena (Q_p). Após o valor encontrado, foi consultado o quadro 2.18 “Condutos circulares parcialmente cheios - Relações baseadas na equação de Manning”. Através da divisão Q/Q_p , pode ser encontrado a relação entre a lâmina d’água e o diâmetro do tubo (y/D), além da relação entre a velocidade real de escoamento e a velocidade de escoamento a seção plena (V/V_p).

De acordo com as diretrizes do DNIT (2006), devem ser seguidas algumas recomendações, como:

A velocidade de escoamento não deverá ser superior a 4,5 m/s, devido à resistência a erosão do tubo de concreto, nem inferior a 1,0 m/s, visando facilitar a autolimpeza.

A altura d’água calculada não deverá ser inferior a 20 % nem superior a 85 % do diâmetro do coletor. Sendo assim, $0,2 \leq y/D \leq 0,85$.

Percebe-se que as velocidades de todos os trechos estão dentro dos parâmetros conforme as Diretrizes do DNIT (2006), ou seja, entre 1,0 m/s e 5,0 m/s. Ademais, nota-se, que a relação entre a altura da lâmina d'água e o diâmetro do tubo de cada trecho estão dentro da orientação proposta pelo DNIT (2006), isto é, menor que 0,85.

Foi ponderado um Coeficiente de Manning igual a 0,015, normalmente é esse valor atribuído para áreas e vias públicas. O recobrimento do conduto é de 1,0 m, na qual é o mínimo considerado. A profundidade do conduto e a determinação da Geratriz Inferior dos condutos foi feita conforme a cota de cada trecho e o diâmetro de cada tubo. Ademais, foi adotado um Coeficiente de Runnof igual a 0,6, pois trata-se de uma área com mais residências, poucos comércio e, ainda, com uma quantidade considerável de áreas verdes.

7.11 Declividade Mínima

A declividade mínima foi calculada para conferência de cada trecho, ou seja, se cada extensão estava no mínimo permitido, conforme pode ser constatado na Tabela 8. As que não estavam, foram alteradas para a declividade mínima possível e, posteriormente, a vazão e o diâmetro foram recalculados. Ela foi calculada considerando 0,5% da vazão total do trecho em questão, conforme a norma ABNT NBR 9649:1986.

Tabela 9 – Declividade mínima

Trecho	T	1-2	2-3	3-4	4-6	5-6	6-7	7-11	8-10	10-11	11-12	12-13	13-18	14-16	16-18	18-20	20-21	21-Á. Verde
Declividade Mínima	I (m/m)	0,01752	0,01759	0,01762	0,01274	0,01265	0,00916	0,01383	0,01265	0,01761	0,02063	0,01234	0,01496	0,01752	0,01764	0,01601	0,01601	0,01601

7.12 Dissipador de Energia

Segundo DNIT (2006), dissipadores de energia são dispositivo que visam promover a redução da velocidade de escoamento nas entradas, saídas ou mesmo ao longo da própria canalização de modo a reduzir os riscos dos efeitos de erosão nos próprios dispositivos ou nas áreas adjacentes.

Com isso, foi adotado um dissipador de energia na área em que a água de todo projeto foi despejada. O dissipador adotado foi o tapete de enrocamento, onde são colocados blocos pedras naturais em uma superfície plana, são posicionados no final da canalização.

Os blocos de enrocamento são colocados de acordo com a morfologia do meio natural e sem a utilização de ligantes, constituindo assim uma solução flexível e não monolítica capaz de se adaptar a eventuais deformações. Esta solução apresenta ainda a vantagem de, perante quaisquer modificações ou deteriorações, ser facilmente reparada com a colocação de novos blocos (Ramos, 2010).

Conforme Ramos (2010), os blocos deverão ter massa volúmica aparente superior a 25 kN/m³, porosidade inferior a 5%, absorção de água inferior a 1% e resistência à rotura superior a 8 kN/cm².

Na figura abaixo pode-se vê como é um tapete de enrocamento:

Figura 30 – Tapete de enrocamento à saída de uma passagem hidráulica



Fonte: FEMA, 2010.

7.13 Projeto Final



ESCALA 1:1750

Fonte: Autoria própria, 2022.

O projeto final foi desenvolvido com o objetivo de atender toda demanda de água escoada nessa bacia, além de ter sido elaborado visando uma futura rede de drenagem em toda cidade. Foram adotados tubos de concreto com diâmetros de 300 e 400 mm.

Observa-se que toda água foi conduzida para a Av. Rio Formoso e de lá foi despejada em uma área verde. Nota-se que a água não foi despejada do ponto crítico ao outro lado da Br-242, essa medida foi tomada pois a diferença de cota é bem acentuada nesse trecho o que seria necessário uma escavação maior o que faria com que minha obra onerasse. Ademais, no outro lado da Br-242 trata-se de áreas privadas, como fazendas, casas, o que prejudicaria os moradores locais, caso a água fosse despejada naquela região.

8 CONCLUSÕES

A cidade de Formoso do Araguaia - TO sofre com problemas gerados pela falta de planejamento urbano, como foi verificado, o município não conta com nenhum dispositivo de drenagem, sobretudo, na área de estudo da pesquisa. Por este motivo, aliado a uma área de contribuição considerável, o trecho examinado sofre com constantes alagamentos, proporcionando situações adversas para os moradores da região.

Com isso, foi desenvolvido um projeto de drenagem para região com o objetivo de solucionar o problema. As sarjetas e bocas de lobo foram dimensionadas considerando 80% da sua capacidade teórica. Estas foram distribuídas conforme a demanda de cada microbacia. Ao todo foram necessárias 22 bocas de lobo para suprir toda área contribuinte.

As galerias foram dimensionadas conforme a área de contribuição e a topografia local. Em grande parte dos trechos foram adotados tubos de concreto com diâmetros iguais a 300 mm e a 400 mm. Os poços de visitas foram locados considerando um espaçamento máximo de 150 m. Em todas as extensões foi considerado um recobrimento mínimo referente a 1 m. A água de toda rede foi coletada e despejada em uma área verde, próximo da Br – 242. Todo projeto foi elaborado pensando numa possível rede de macrodrenagem desenvolvida em toda cidade de Formoso do Araguaia

Em suma, os objetivos da pesquisa foram alcançados, de modo que foi calculado e verificado qual a vazão total solicitante que causa o alagamento do trecho em estudo e a elaboração de um projeto que atendesse todo escoamento presente naquela região. Diante disso, ficou evidente a importância dos dispositivos de drenagem nessa área para que se tenha um desenvolvimento urbano mais sofisticado, proporcionando uma vida melhor para os moradores locais.

REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 9649 **Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro, 1986.

AZEVEDO NETTO, J. M. D., FERNÁNDEZ, M. F. **Manual de Hidráulica**, São Paulo: Blucher. 2015.

BENINI, S. M. **Infraestrutura verde como prática sustentável para subsidiar a elaboração de planos de drenagem: estudo de caso da cidade de Tupã/SP**. 2015. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências e Tecnologia. Presidente Prudente, 2015.

BRASIL. **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico, cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico, altera a Lei nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979, a Lei nº 8.036, de 11 de maio de 1990, a Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993, e a Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978 (Redação dada pela Medida Provisória nº 844, de 2018). Brasília, DF, 2007.

CETESB, Drenagem Urbana: Manual de projeto. 2ªed. São Paulo: ETESB/ASCETESB, 1980.

CONAMA - **Conselho Nacional do Meio Ambiente**, Resolução CONAMA Nº 6, de 16 de setembro de 1987. Disponível em: Ministério do Meio Ambiente — Português (Brasil) (www.gov.br). Acesso em: 20 de outubro de 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES- DNIT. **Manual de Hidrologia Básica para Estruturas de Drenagem**. 2 ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2005.

DRUMOND, P.de. P. **Estudo da influência da preservação de águas pluviais em lotes no município de Belo Horizonte, MG**: Avaliação hidráulica e hidrológica. 2012. Dissertação. (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012.

FEMA, 2010. Technical Manual: Outlet Works Energy Dissipators. Best Practices for Design, Construction, Problem Identification and Evaluation, Inspection, Maintenance, Renovation, and Repair.

FUCHS, B.E., **Desenvolvimento de um sistema de Cálculo automatizado para projetos em drenagem urbana** (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil. 2011.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Brasileiro de 2020**. Rio de Janeiro: IBGE, 2021.

KAMURA, D.T. Microdrenagem nas grandes cidades: problemas e soluções (Doctoral dissertation, Dissertação (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Sanitária) -EPUSP/SP, São Paulo, 2005.

MARTINS, J. R. S. Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente? **Artigo Científico**, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2012.

MARTINS, L. C. . “O planejamento da drenagem urbana em cidades médias do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba”. **Sustentabilidade em Debate**, v. 9, p. 120 – 133, 2017.

NUNES, M. Portal do Projetista. Dimensionamento de sarjeta para drenagem superficial, 2016. Disponível em: <<http://portaldoprojetista.com.br/dimensionamento-de-sarjeta-paradrenagem-superficial/>>. Acesso em: 15 junho 2019.

PORTELA, F. C.; KOBIYAMA, M.; GOERL, R. F. “Panorama brasileiro da relação entre leptospirose e inundações”. **Geosul**, v. 35, p. 711 – 734, 2020.

PINTO, N. L. S., HOLTZ, A. C. T., MARTINS, J. A., GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia básica**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher. 1976.

PMSP. Prefeitura do Município de São Paulo. **Diretrizes Básicas para projetos de Drenagem Urbana**. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica. 1999.

RAMOS, Carlos Matias, 2010. **Drenagem em Infra-Estruturas de Transportes e Hidráulica de Pontes**. Lisboa, Portugal : LNEC.

SOUZA, D. L. G. de; NETO, J. A. H.; LOPES, J. R.; FERREIRA, L. B.; GUIMARÃES, M. E. S.; BARBOSA, Z. H. C. “Drenagem, comunidade e saúde: a má utilização da lagoa dos potiguares em morro branco – Natal/RN”. **Holos**, v. 1, p. 83 - 91. 2010.

SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL – SUDERHSA. **Plano diretor de drenagem para a bacia do rio Iguaçu na região metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 2002.

TASCA, F. A.; POMPEO, C. A.; FINOTTI, A. R. “Evolução da gestão da drenagem urbana na bacia hidrográfica do rio Itajaí Açu”. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 7, p. 264 – 283, 2018.

TUCCI, C. E. M. ; PORTO, R. L. (Org.) ; BARROS, M. T. (Org.) . **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora da Universidade (UFRGS) e ABRH Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 1995.

TUCCI, C. E. M., **Hidrologia Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora da Universidade(UFRGS),2001.

_____.TUCCI, C. E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**, 4a edição. Porto Alegre, editora da UFRGS/ABRH, 2015.

_____.TUCCI, C. E. M. Gestão da drenagem urbana. **CEPAL**, Brasília, 2012. (Textos para Discussão CEPAL-IPEA, 48).

ZWIERS, Merle; VAN HAM, Maarten; MANLEY, David. Trajectories of ethnic neighbourhood change: Spatial patterns of increasing ethnic diversity. **Population, Space and Place**, [s. l.], v. 24, n. 2, 2018. Disponível em: Acesso at: 31 May 2022