

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS

CAMPUS GOIÂNIA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

HERIQUI MEDEIROS DE OLIVEIRA

DRENAGEM URBANA – ESTUDO DE CASO DO RESIDENCIAL ITAMARACÁ

Goiânia, GO

2022



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Henrique Medeiros de Oliveira

Matrícula: 20191011050062

Título do Trabalho: DRENAGEM URBANA - ESTUDO DE CASO DO RESIDENCIAL ITAMARACA

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 11 / 01 / 23
Local Data

Henrique Medeiros de Oliveira
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Heriqui Medeiros de Oliveira

DRENAGEM URBANA – ESTUDO DE CASO DO RESIDENCIAL ITAMARACÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof.^a Me. Matilde Batista Melo

Goiânia, GO

2022

Ol41d Oliveira, Heriqui Medeiros de.

Drenagem urbana: estudo de caso do Residencial Itamaracá / Heriqui Medeiros de Oliveira. –
Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2022.
73 f.: il.

Orientadora: Profa. Me. Matilde Batista Melo.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal
de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.
Inclui anexo.

1. Rede de drenagem. 2. Drenagem pluvial. 3. Alagamentos. I. Melo, Matilde Batista
(orientadora). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.
III. Título.

CDD 627.4

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Karol Almeida da Silva CRB1/ 2.740
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

Heriqui Medeiros de Oliveira

DRENAGEM URBANA – ESTUDO DE CASO DO RESIDENCIAL ITAMARACÁ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Campus Goiânia, como parte dos quesitos necessários para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Membros da banca: **Me. Matilde Batista Melo (orientadora)**, **Me. Marcela Leão Domiciano**, **Dra. Liana de Lucca Jardim Borges**.

Aprovado em 22 de Dezembro de 2022.

Documento assinado eletronicamente por:

- **Liana de Lucca Jardim Borges, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO**, em 23/12/2022 21:39:23.
- **Marcela Leao Domiciano, PROF ENS BAS TEC TECNOLOGICO-SUBSTITUTO**, em 23/12/2022 12:57:41.
- **Matilde Batista Melo, COORDENADOR DE CURSO - FUC1 - GYN-CCBEC**, em 23/12/2022 12:56:20.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 23/12/2022. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 360061
Código de Autenticação: d5eb41fd1a



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Rua 75, nº 46, Centro, GOIÂNIA / GO, CEP 74055-110
(62) 3227-2736 (ramal: 2736)

DEDICATÓRIA

A Deus, minha família e em especial
à minha mãe, Sônia Maria Medeiros.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus, por mais difíceis que fossem os desafios, não me deixou desistir.

Minha família, que sempre me motivou e comemorou junto minhas conquistas.

Em especial a minha mãe, Sônia, a pessoa que mais me apoiou e impulsionou desde o início.

Aos meus amigos Gabriel Abadio e Francisco Junior, que fizeram parte integralmente dessa jornada.

Aos professores e servidores em geral do Instituto, pela dedicação e compromisso.

EPÍGRAFE

“A dor é inevitável, mas o sofrimento é opcional.”

(Sidarta Gautama – O Buda)

RESUMO

DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO RESIDENCIAL ITAMARACÁ

AUTOR: Heriqui Medeiros de Oliveira

ORIENTADOR: Matilde Batista Melo.

Após chuvas intensas, é comum a exibição de reportagens sobre alagamento, enchentes e fortes enxurradas nos grandes centros urbanos, lugares onde existem infraestrutura e que, teoricamente, deveriam suportar esse tipo de evento. Como exemplo nessa situação, tem-se o Bairro Residencial Itamaracá, em Goiânia- GO, o qual é objeto de estudo deste trabalho, a fim de analisar o sistema de drenagem pluvial e complementar os estudos publicados sobre este sistema, entre eles o de Falcão (2021). Nesse sentido, este estudo buscou caracterizar a rede de galerias pluviais, em especial sobre o dimensionamento e eficiência quanto às cargas de vazão superficial. Utilizando de pesquisas bibliográficas e visitas ao local de estudo realizou-se a caracterização da área de estudo e os elementos do sistema de drenagem. E a partir do manual de dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana de Ulysses m. a. de Alcântara verificou-se a eficiência dos poços de visita das redes de galerias do residencial e utilizando o método de cálculo apresentado no manual de Drenagem de Rodovias, (DNIT 2006) verificou-se também as bocas de lobo. A análise dos resultados obtidos indicou que há ineficiência do sistema de drenagem instalado. A inspeção no local indicou que há falta de manutenção do sistema de drenagem superficial, o que intensifica prejuízo ao sistema de captação superficial existente.

Palavras-chave: Rede de drenagem. Alagamentos. Galerias. Vazão superficial.

ABSTRACT

DRENAGEM URBANA: ESTUDO DE CASO RESIDENCIAL ITAMARACÁ

AUTHOR: Heriqui Medeiros de Oliveira

ADVISOR: Matilde Batista Melo.

After heavy rains, it is common to see reports about flooding, floods and heavy rains in large urban centers, places where there are infrastructures that, theoretically, should withstand this type of event. As an example in this situation, there is the district Residencial Itamaracá, in Goiânia-GO, which is the object of study of this work, in order to analyze the rainwater drainage system and complement the studies published on this system, among them Falcão (2021). In this sense, this study sought to characterize the network of storm sewers, in particular on the dimensioning and efficiency in terms of surface flow loads. Using bibliographic research and visits to the study site, the characterization of the study area and the elements of the drainage system were carried out. And based on the hydraulic design manual for urban drainage systems by Ulysses m. an. of Alcântara, the efficiency of the manholes of the residential gallery networks was used, and using the calculation method presented in the Highway Drainage manual, (DNIT 2006) the manholes were also used. The analysis of the obtained results indicated that there is inefficiency of the installed drainage system. The failure at the site indicated that there is a lack of maintenance of the surface drainage system, or that it intensifies damage to the existing surface catchment system.

Key-words: drainage network. Flooding. Galleries. surface flow

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. ILUSTRAÇÃO DO EFEITO DA URBANIZAÇÃO SOBRE O CICLO HIDROLÓGICO (OS PERCENTUAIS SE REFEREM À PARCELA DA PRECIPITAÇÃO QUE “SEGUE” CADA UMA DAS FASES DO CICLO).	22
FIGURA 2. REGISTRO DE ALAGAMENTO NA CIDADE DE SÃO PAULO.	23
FIGURA 3. MEIO FIO COM SARJETA TRIANGULAR.....	27
FIGURA 4. TIPOS DE SEÇÃO DE BOCA DE LOBO.	28
FIGURA 5. EXEMPLO DE POÇO DE VISITA COM RAMAIS DE DIÂMETROS DIFERENTES.	29
FIGURA 6. EXEMPLO DE TUBULAÇÃO DENOMINADA GALERIA.....	29
FIGURA 7. ETAPAS E MATERIAIS QUE INTEGRAM O SISTEMA DE TELHADO.	31
FIGURA 8. TELHADO VERDE.	32
FIGURA 9. ELEMENTOS DE UM MICRORESERVATÓRIO.....	32
FIGURA 10. ESQUEMA DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS.	33
FIGURA 11. ILUSTRAÇÃO DE POÇO DE INFILTRAÇÃO.	34
FIGURA 12. ILUSTRAÇÃO DE VALA DE INFILTRAÇÃO.....	35
FIGURA 13. ESQUEMA FUNCIONAL DE TRINCHEIRA DE INFILTRAÇÃO.....	35
FIGURA 14. RESIDÊNCIA INVADIDA POR ENXURRADA.	41
FIGURA 15. DELIMITAÇÃO DA ÁREA DO RESIDENCIAL ITAMARACÁ.	42
FIGURA 16. IMAGENS DE SATÉLITE DO RESIDENCIAL ITAMARACÁ.	43
FIGURA 17. BOCA DE LOBO RUA SP 1, RESIDENCIAL ITAMARACÁ.	44
FIGURA 18. BOCA DE LOBO RUA RIT 1, RESIDENCIAL ITAMARACÁ.	45
FIGURA 19. TRECHO DA REDE 01, PV 1-3 DE DRENAGEM, RESIDENCIAL ITAMARACÁ.	46
FIGURA 20. TRECHO DA REDE 01, PV 1-4 E PV 1-5 DE DRENAGEM, RESIDENCIAL ITAMARACÁ. .	46
FIGURA 21. TRECHO DA REDE 01 PV 1-4 E PV 1-5 DE DRENAGEM, RESIDENCIAL ITAMARACÁ. ..	48
FIGURA 22. TRECHO DA REDE 01 PV 1-4 E PV 1-5 DE DRENAGEM, RESIDENCIAL ITAMARACÁ. ..	49
FIGURA 23. BOCA DE LOBO EM PONTO INTERMEDIÁRIO.	54
FIGURA 24. BOCA DE LOBO EM PONTO BAIXO DA SARJETA.....	55

FIGURA 25. NOMOGRAMA - CAPACIDADE DE ESGOTAMENTO DAS BOCAS-DE-LOBO SIMPLES EM PONTOS BAIXOS DAS SARJETAS.	56
FIGURA 26. DELIMITAÇÃO DAS DE DRENAGEM, RESIDENCIAL ITAMARACÁ.	58
FIGURA 27. DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO PARA OS PV1S.	59
FIGURA 28. IMAGEM DE UM TRECHO DA REDE DE DRENAGEM 01, RESIDENCIAL ITAMARACÁ.	62
FIGURA 29. PLANILHA COM OS RESULTADOS DO TRABALHO DE FALCÃO 2021.	63

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. TAXA DE URBANIZAÇÃO DAS REGIÕES BRASILEIRAS (%).....	21
TABELA 2. FASES DO DESENVOLVIMENTO DAS ÁGUAS URBANAS.....	30
TABELA 3. TEMPO DE RETORNO PARA SISTEMAS URBANOS.	37
TABELA 4. VALORES DE COEFICIENTE DE ESCOAMENTO PARA SUPERFÍCIES URBANAS.....	38
TABELA 5. VALORES DE COEFICIENTE DE MANNING.....	39
TABELA 6. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO PARA ÁREAS URBANIZADAS.....	51
TABELA 7. K EM FUNÇÃO DO ÂNGULO γ	57
TABELA 8. DIMENSIONAMENTO DA REDE DE GALERIAS 01.	60
TABELA 9.DIMENSIONAMENTO DA REDE DE GALERIAS 02.	61
TABELA 10.DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DAS BOCAS DE LOBO, REDE 01.....	65
TABELA 11. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO DAS BOCAS DE LOBO, REDE 02.....	66

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1. CONSEQUÊNCIAS SOBRE A SAÚDE PROVOCADAS PELAS ENCHENTES.....	24
QUADRO 1. CONTINUAÇÃO.....	25

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	115
1.1.	Problema	16
1.2.	Objetivo geral.....	17
1.3.	Objetivos específicos.....	17
1.4.	Justificativa	18
1.5.	Estrutura do trabalho	19
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	20
2.1.	Considerações sobre a urbanização no brasil	20
2.2.	Impermeabilização do solo	21
2.2.1.	Inundações.....	22
2.3.	Características dos sistemas de drenagem	25
2.4.	Macro drenagem.....	26
2.5.	Micro drenagem.....	26
2.5.1.	Meio fio.....	27
2.5.2.	Sarjetas.....	27
2.5.3.	Bocas de lobo	27
2.5.4.	Poços de Visita	28
2.5.5.	Galerias.....	29
2.6.	Drenagem de baixo impacto (sustentável).....	29
2.6.1.	Telhados Verdes	30
2.6.2.	Micro reservatórios	32
2.6.3.	Pavimento Permeável	33
2.6.4.	Poço de infiltração.....	33
2.6.5.	Valas de infiltração.....	34
2.6.6.	Trincheira de Infiltração	35
2.7.	DIMENSIONAMENTO EE SISTEMA DE MICRO DRENAGEM.....	36

2.7.1.	Precipitação (Curva IDF)	36
2.7.2.	Tempo de Retorno	37
2.7.3.	Método Racional	37
2.7.4.	Coeficiente de Escoamento	38
2.7.5.	Escoamento Uniforme em Condutos Livres	38
3.	METODOLOGIA.....	40
3.1.	Considerações sobre a área de estudo	41
4.	VISITA A ÁREA DE ESTUDO	44
5.	APLICAÇÃO DO MANUAL DE DIMENSIONAMENTO HIDAULICO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA DE ULYSSES M. A. DE ALCANTARA 498	
5.1.	Dados dos pv's.....	509
5.2.	Áreas de contribuição.....	50
5.3.	Tempo de concentração	500
5.4.	Tempo de recorrência	51
5.5.	Intensidade pluviométrica	51
5.6.	Coeficiente de deflúvio	52
5.7.	Distribuição espacial da chuva	52
5.8.	Deflúvio local (vazão de projeto).....	52
5.9.	Relação enchimento (y/d).....	53
6.	DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO – BOCA DE LOBO	54
6.1.	Boca de lobo em ponto baixo sarjeta	55
6.2.	Boca de lobo simples ponto intermediário da sarjeta	56
7.	ANÁLISE E RESULTADOS.....	57
7.1.	Avaliação da rede de galerias	60
7.2.	Avaliação da capacidade hidráulica das bocas de lobo.....	64
8.	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	67
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Neto (2005), o termo drenagem indica a ação de escoamento das águas provenientes de precipitações, onde naturalmente seu curso é em direção às cotas mais baixas, podendo ser alterado com a ajuda de bombas, porém seria economicamente ideal traçar o menor caminho entre a captação dessas águas e seu destino final, favorecendo sempre o escoamento por gravidade.

Conforme Champs (2009), para um bom funcionamento de um sistema de drenagem urbana, é necessário saber que ele funcionará como um auxílio à drenagem natural e terá seu funcionamento não contínuo, pois irá variar conforme a frequência de precipitações.

Deve-se dividir nos dois sistemas distintos, micro e macro drenagem, que o produto a ser drenado será formado por água e por sólidos, que os canais naturais têm duas calhas de escoamento, a primeira para vazões de base e a segunda para vazões de cheia e por fim que o sistema viário urbano compõe parte da infraestrutura da micro drenagem (CHAMPS, 2009).

O sistema de drenagem urbana nos grandes centros de aglomeração das cidades, é um recurso indispensável e o seu mal funcionamento tem impacto no desenvolvimento social, principalmente quanto às questões sanitárias e de segurança.

Pela Constituição Brasileira é garantido que o cidadão tenha o direito ao saneamento básico, isso inclui o acesso ao abastecimento de água e esgotamento sanitário, dentre esses serviços englobam atividades como distribuição de água, coleta, tratamento e disposição final de esgotos, drenagem e manejo de águas pluviais, limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos. Essas atividades garantem que o cidadão tenha condições dignas de habitação, cuidado e manutenção da saúde e preservação do meio ambiente (IBGE, 2020).

O crescimento urbano no Brasil se apresentou de forma significativamente rápida, no que se diz em relação à infraestrutura, o país não estava preparado para esse crescimento acelerado. Com isso uma série de problemas se desenvolveu em paralelo ao crescimento urbano, como o aumento da impermeabilização do solo, aumento do escoamento superficial, aumento na geração de lixo e resíduos contaminantes dos recursos hídricos. A combinação desses fatores pode ocasionar problemas como

alagamentos, enxurradas, prejuízos materiais e à saúde da população (ALMEIDA, 2020).

1.1. PROBLEMA

Os levantamentos das características topográficas desse bairro apresentam declividade média de 6,7%, considerado íngreme, o que favorece problemas com escoamento superficial da água. Sempre em tempos de chuvas intensas, há registro de problemas relacionados a drenagem, sendo que este bairro foi colocado como área de riscos de alagamentos pelo Órgão de Defesa Civil da Cidade de Goiânia-GO.

O sistema de drenagem é um mecanismo importante para o bom funcionamento urbano, neste trabalho vamos verificar as possíveis falhas dos dispositivos de drenagem do Residencial em estudo, fazendo uma análise da rede existente, a partir de informações do órgão municipal e levantamentos no local, todos os cálculos aqui apresentados foram feitos com equações e parâmetros recomendadas em manuais de drenagem urbana, visando fazer uma análise do dimensionamento das galerias executadas, afim de verificar sua eficiência hidráulica quanto as demandas de vazão pluvial solicitadas em tempos de chuvas intensas. Com isso espera-se chegar ao fim deste trabalho com possíveis soluções para tais problemas de drenagem.

Através do tema proposto e da condição observada, surge a seguinte problemática, quais os problemas com o sistema de drenagem existente do Setor Residencial Itamaracá e o que contribui para o mal funcionamento?

1.2. OBJETIVO GERAL

Este trabalho teve como objetivo principal analisar o sistema de drenagem existente do Setor Residencial Itamaracá, localizado no município de Goiânia-GO, e verificar os pontos críticos do sistema.

1.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS

Tem-se como objetivos específicos:

- obtenção de dados relevantes sobre a área de estudo: sistema de drenagem, topografia e hidrologia do Residencial Itamaracá;
- identificação da rede e os elementos do sistema de drenagem existente a partir de informações do órgão municipal e levantamentos no local.
- análise da capacidade de escoamento pluvial da rede de galerias do sistema, por meio de cálculos de vazão;
- identificação das interferências no sistema, que causam prejuízo à eficiência na drenagem existente.

1.4. JUSTIFICATIVA

Este trabalho sobre drenagem urbana busca justificar três aspectos importantes a respeito para a escolha do tema, a primeira é a relevância acadêmica, existem muitos trabalhos relacionados a drenagem urbana, essas bibliografias disponíveis trazem muitas informações relevantes, por este motivo a importância em deixar uma contribuição para a academia, para que outras pessoas também possam desfrutar desses conhecimentos.

A segunda é a relevância pessoal, durante toda graduação, este tema sempre chamou a atenção, despertando então uma curiosidade pessoal sobre.

E por último a terceira relevância é a social, para que profissionais da área possam utilizar dos dados dessa pesquisa para soluções do cotidiano, como é um estudo de caso essa pesquisa pode ser de grande importância para o órgão da cidade, na interpretação dos resultados para possíveis soluções.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Este trabalho segue uma estruturação de 8 capítulos, que explicam detalhadamente o tema, ressaltando a visão de variados autores, e também o estudo de caso, apresentando problemas e soluções, através de figuras, tabelas e quadros.

Capítulo 1- São apresentadas as considerações iniciais como: introdução, formulação e delimitação do problema, objetivos gerais e específicos, metodologia e justificativa do tema mencionado.

Capítulo 2- é abordado uma revisão Bibliográfica com temas como: considerações sobre a urbanização no Brasil, impermeabilização do solo, inundações, características dos sistemas de drenagem, macrodrenagem, microdrenagem, drenagem de baixo impacto (sustentável), dimensionamento de sistema de micro drenagem.

Capítulo 3- Segue a metodologia com um estudo de caso, no Residencial Itamaracá é um bairro localizado na região leste do Município de Goiânia, sobre o sistema de drenagem verificando suas possíveis falhas e também prováveis interferências, que contribuem para o mal funcionamento do sistema de drenagem.

Capítulo 4 e 5 Apresenta as considerações e a visita a área de estudo para levantamento das informações.

Capítulo 6 apresenta como e feita a aplicação do manual de dimensionamento hidráulico de sistemas de drenagem urbana de Ulysses M. A. de Alcântara.

Capítulo 7 apresenta como e feito o dimensionamento hidráulico – boca de lobo

Capítulo 8 apresenta o resultado das análises e discussões feitas sobre o trabalho, trazendo os resultados específicos para responder aos objetivos do trabalho, e logo em seguida vem as referências bibliográficas utilizadas em todo o trabalho.

.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse item será apresentada uma breve análise da bibliografia sobre drenagem, principalmente, àquela direcionada a áreas urbanizadas. Todo o texto da revisão foi baseado no trabalho de Falcão (2021).

2.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A URBANIZAÇÃO NO BRASIL

Urbanização ocorre quando o número de pessoas que habitam as cidades, passa a ser maior que número de pessoas residindo no âmbito rural. (MIRANDA, 2006)

Antes do processo acentuado de urbanização, o Brasil tinha como prioridade a produção de insumos agrícolas para exportação, por isso grande parte de seus produtos já manufaturados eram importados, sendo assim até o início do século XX. (Christofidis, 2010).

Para Junior (1999), o ponto de partida para o desenvolvimento urbano maciço no Brasil foi o rompimento da bolsa de valores americana. Por meio da aplicação de políticas pretenciosas, ocorreu um aumento significativo nos preços dos produtos importados mas mantendo o preço de maquinários fabris. Com isso houve uma grande necessidade em se iniciar no país o processo de industrialização, assim gerando uma enorme demanda de mão de obra nas cidades.

De acordo com o IBGE (2007), o Brasil no ano de 1940 possuía características fortemente agrícolas onde 2/3 da população residia na zona rural, sendo que essa realidade foi se modificando nas décadas seguintes, até que em 1970 o número de pessoas vivendo nos centros urbanos ultrapassou a rural. Em 1940 o país detinha uma população de 41,2 milhões de pessoas sendo 31,4% de pessoas vivendo nas cidades, já em 1970 a porcentagem de pessoas nas cidades era de 55,92% e em 2000 esse número chegou a 81,2%.

Tabela 1. Taxa de Urbanização das Regiões Brasileiras (%)

Região	1940	1950	1960	1970	1980	1991	2000	2007	2010
Brasil	31,40	36,16	44,67	55,92	67,59	75,59	81,23	83,48	84,36
Norte	27,75	31,49	37,38	45,13	51,65	59,05	69,83	76,43	73,53
Nordeste	23,42	26,40	33,89	41,81	50,46	60,65	69,04	71,76	73,13
Sudeste	39,42	47,55	57,00	72,68	82,81	88,02	90,52	92,03	92,95
Sul	27,73	29,50	37,10	44,68	62,41	74,12	80,94	82,90	84,93
Centro Oeste	21,52	24,38	34,22	44,27	67,79	81,28	86,73	86,81	88,80

Fonte: IBGE (2011).

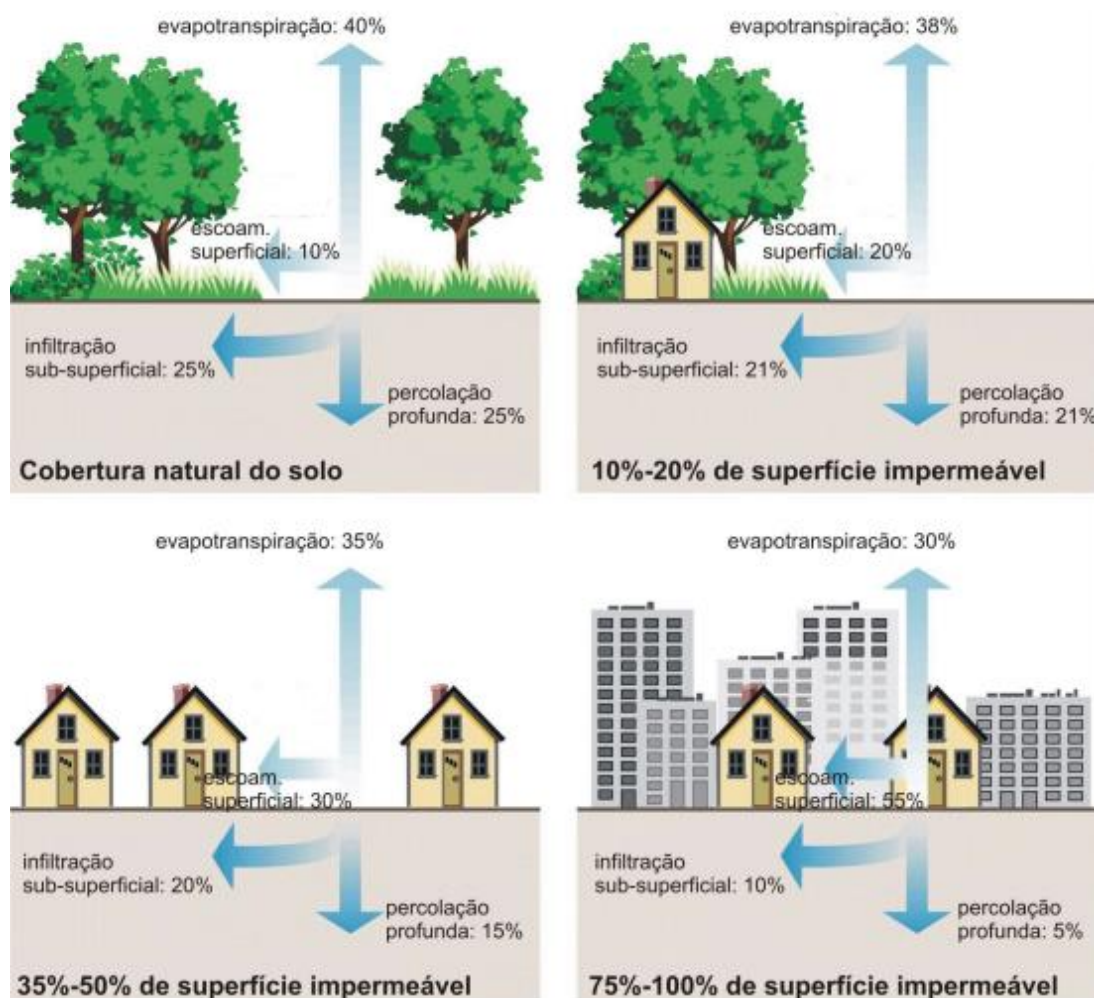
2.2. IMPERMEABILIZAÇÃO DO SOLO

As precipitações quando ocorrem em uma bacia rural, seguindo seu fluxo natural, conseguem seguir até o ponto de jusante da bacia sem resultar em eventos problemáticos para a região, pois no seu trajeto existe depressões que diminuem sua velocidade e vários pontos de infiltração. Já em áreas urbanizadas, o escoamento ocorre em áreas impermeáveis ou condutos fechados, aumentando o escoamento superficial e sua velocidade, impedindo a infiltração da precipitação e também a evapotranspiração. (LEOPOLD, 1968, SCHUELLER, 1987, *apud* (TUCCI, 2007)).

Com a concentração das pessoas em espaços cada vez mais reduzidos, produz-se o efeito da impermeabilização do solo em áreas bastante adensadas, com uma relação considerando a área impermeabilizada e a densidade habitacional de determinada região, pode ser calculado um coeficiente de área impermeabilizada (AI). Com base neste coeficiente é possível estimar a vazão máxima de uma bacia e pode se constatar que a vazão máxima da bacia varia de acordo com a elevação das áreas impermeabilizadas. Além disso, com a água escoando superficialmente, acaba carregado contaminantes que estão na superfície. (TUCCI 2003).

Paz, (2004) informa que a substituição da cobertura natural do solo por terrenos não permeáveis, em um taxa superior a 50%, o escoamento superficial que inicialmente correspondia a 10% passa a ser até 55% do total precipitado, como ilustrado a Figura 1:

Figura 1. Ilustração do efeito da urbanização sobre o ciclo hidrológico (os percentuais se referem à parcela da precipitação que “segue” cada uma das fases do ciclo).



Fonte: Adaptado de Prince George's County (1999), por Tavanti (2009).

2.2.1. INUNDAÇÕES

Durante uma enchente como principal e mais comum impacto na população, tem-se o impedimento da circulação, paralisação do transporte público ou de bens e impedimento das atividades comerciais, gerando grande prejuízo financeiro e a saúde física dependendo da intensidade do evento. (BARCELLOS, 2008).

Inundações ou enchentes são fenômenos comuns que se tem conhecimento desde os surgimentos das cidades ou aglomerados urbanos. Ocorre quando há uma sobrecarga nos dispositivos de drenagem ou um transbordamento de rios ou riachos e a água passa a ocupar as áreas urbanas onde se tem moradias e comércio. Isso pode ocorrer de forma natural, como o transbordamento dos cursos d'água, dessa forma

atingindo áreas ribeirinhas. Outro caso, acontece pelas alterações físicas produzidas pelo processo de urbanização, provocando inundações nos grandes centros urbanos. (TUCCI E BERTONI, 2003).

Segundo Tucci e Bertoni (2003), as enchentes nos meios urbanos tem relação com a magnitude da área impermeabilizada da região, por meio de telhados, pavimentações, calçadas, solos compactados etc. Isso obriga as águas provenientes de precipitação das chuvas a escoar superficialmente aumentando consideravelmente a vazão de pico durante as chuvas intensas, podendo gerar inundações como na Figura 2. Para (Tucci e Bertoni 2003):

Os principais impactos sobre a população são:

- Prejuízos de perdas materiais e humanas;
- Interrupção da atividade econômica das áreas inundadas;
- Contaminação por doenças de veiculação hídrica como leptospirose, cólera, entre outras;
- Contaminação da água pela inundação de depósitos de material tóxico, estações de tratamentos entre outros. (TUCCI e BERTONI, 2003).

Figura 2. Registro de alagamento na cidade de São Paulo.



Fonte: Licco e Dowell (2015).

Ainda sobre a problemática das inundações, segundo (Moura, 2005) os problemas de saúde pública são agravados por contaminação de doenças transmitidas por veiculação hídrica, e outras como no Quadro 1.

Quadro 1. Consequências sobre a saúde provocadas pelas enchentes.

Agravos e doenças, incluindo alguns sinais e sintomas	Capítulos da Classificação Internacional de Doenças 10
. Diarreias e gastroenterites . Cólera . Febre tifóide . Varíola . Hepatites A . Hepatites E . Poliomielite . Malária . Febre amarela . Dengue . Encefalite de St Louis . Filariose linfática . Leptospirose . Esquistossomose . Shigelose . Escherichia coli [E. Coli] . Giardíase	Capítulo I – Doenças infecciosas e parasitárias
. Desnutrição	Capítulo IV – Doenças endócrinas, nutricionais e metabólicas
. Estados de estresse pós-traumático . Transtornos de adaptação . Transtornos não orgânicos do sono . Insônia . Pesadelos e memórias repetidas sobre o evento . Amnésia . Dificuldade de concentração . Irritabilidade e raiva . Fobias, ansiedade e pânico, depressão, perda do apetite, fadiga, dificuldade de concentração, tontura . Abuso no consumo de álcool e medicamentos . Transtornos do comportamento e emocionais durante a infância . Úlceras	Capítulo V – Transtornos mentais e do comportamento
. Conjuntivites	Capítulo VII – Doenças do olho e anexo
. Pressão arterial alta	Capítulo IX – Doenças do aparelho circulatório

Continua

Quadro 2. Continuação.

Agravos e doenças, incluindo alguns sinais e sintomas	Capítulos da Classificação Internacional de Doenças 10
. Rinite alérgica . Infecções respiratórias agudas . Sinusites severas . Asmas . Infecções pulmonares . Síndrome tóxica da poeira orgânica . Laringite	Capítulo X – Doenças do aparelho respiratório
. Dermatites e erupções cutâneas	Capítulo XII – Doenças da pele e do tecido subcutâneo
. Distensões musculares	Capítulo XIII – Doenças do sistema osteomuscular e do tecido conjuntivo
. Infecções renais	Capítulo XIV – Doenças do aparelho geniturinário
. Asfixia . Intoxicações e envenenamentos . Hipotermia . Lesões, traumatismos, cortes, lacerações e ferimentos	Capítulo XIX – Lesões, envenenamentos e algumas outras consequências de causas externas
. Violência doméstica . Choques elétricos . Afogamentos . Quedas	Capítulo XX - Causas externas de morbidade e de mortalidade

Fonte: Freitas (2012).

2.3. CARACTERÍSTICAS DOS SISTEMAS DE DRENAGEM

O conjunto de dispositivos de drenagem urbana atua essencialmente na minimização dos danos ambientais, econômicos e sociais, proveniente do acúmulo de água na superfície durante das precipitações das chuvas. A diretriz que estabelece o plano nacional de saneamento básico, (Lei n. 11.445/2007), define drenagem urbana como:

Conjunto de atividades, infraestruturas e instalações operacionais de drenagem urbana e águas pluviais, de transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas nas áreas urbanas (Brasil, 2007).

Os sistemas de drenagem são formados por estruturas instaladas em determinados locais com o objetivo de transportar, diminuir a energia, reter e podendo até mesmo fazer o tratamento da água precipitada, até que ela chegue à sua disposição final, os corpos d'água. (ALMEIDA, 2020).

2.4. MACRODRENAGEM

O sistema de macrodrenagem tem a função de receber as vazões coletadas pelos vários elementos do sistema de microdrenagem dentro de uma bacia que envolve ao menos 2 km², por isso para a determinação de suas capacidades deve-se levar em conta uma vazão maior que a adotada na microdrenagem (TUCCI E BERTONI, 2003).

Os elementos da macrodrenagem, têm o objetivo de promover o escoamento das águas até seu destino final, os corpos receptores, de forma que facilite seu escoamento para que durante o caminho seja amortizado os efeitos de erosão, assoreamento e inundações. A água que chega aos canais ou condutos da macrodrenagem é equivalente a vazão de escoamento produzida na bacia. (ALMEIDA, 2020)

Os elementos que comumente integram o sistema de macrodrenagem são as galerias, canais e reservatórios, sejam de detenção ou retenção. (SÃO PAULO, 2012).

2.5. MICRODRENAGEM

Para Tucci (2003) a microdrenagem compreende os condutos pluviais ou canais primários da rede de drenagem, coletando precipitações de risco moderado que escoam superficialmente, fazendo-as chegar até o sistema de macrodrenagem.

Os elementos que compõem a captação e transporte superficial da microdrenagem são meio fio, sarjetas, bocas de lobo, poços de visita e galerias. (ALMEIDA, 2020).

A seguir são apresentados os conceitos sobre os dispositivos que constituem a microdrenagem, utilizando as definições da Secretaria Municipal de Infraestrutura e Serviços Públicos (SEINFRA) sobre as diretrizes básicas de elaboração de projetos de microdrenagem superficial urbana (SEINFRA, 2018).

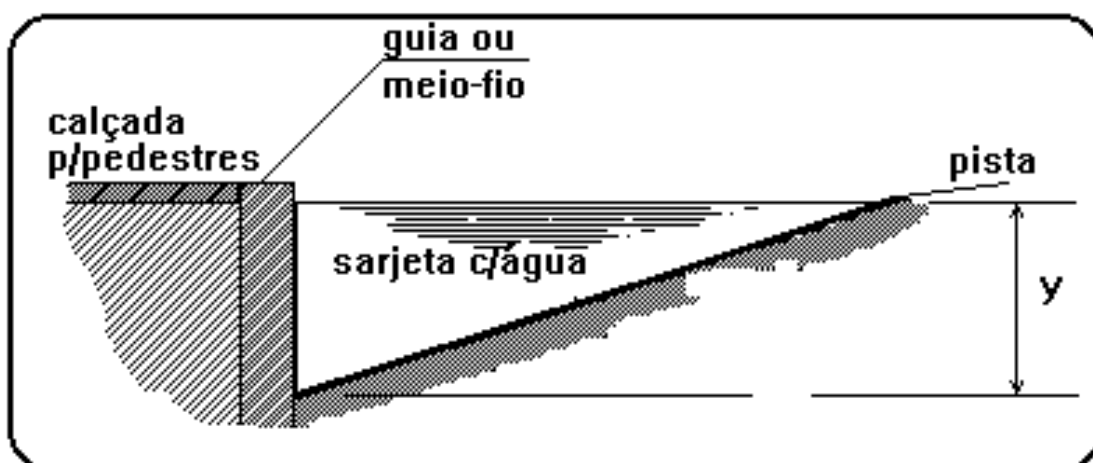
2.5.1. Meio fio

O meio-fio é um elemento pré-moldado em concreto destinado a separar a faixa de pavimentação da faixa de passeio. Devem ser projetados com 15 cm de altura e assentados sobre a estrutura do pavimento, ilustrado na Figura 3 (SEINFRA, 2018).

2.5.2. Sarjetas

As sarjetas acopladas ao meio-fio formam canais triangulares longitudinais destinados a coletar e conduzir as águas superficiais da pista, passeio e lotes aos dispositivos de drenagem, conjuntamente com as vias, funcionando como canais, como podem ser vistos na Figura 3 (SEINFRA, 2018).

Figura 3. Meio fio com sarjeta triangular.

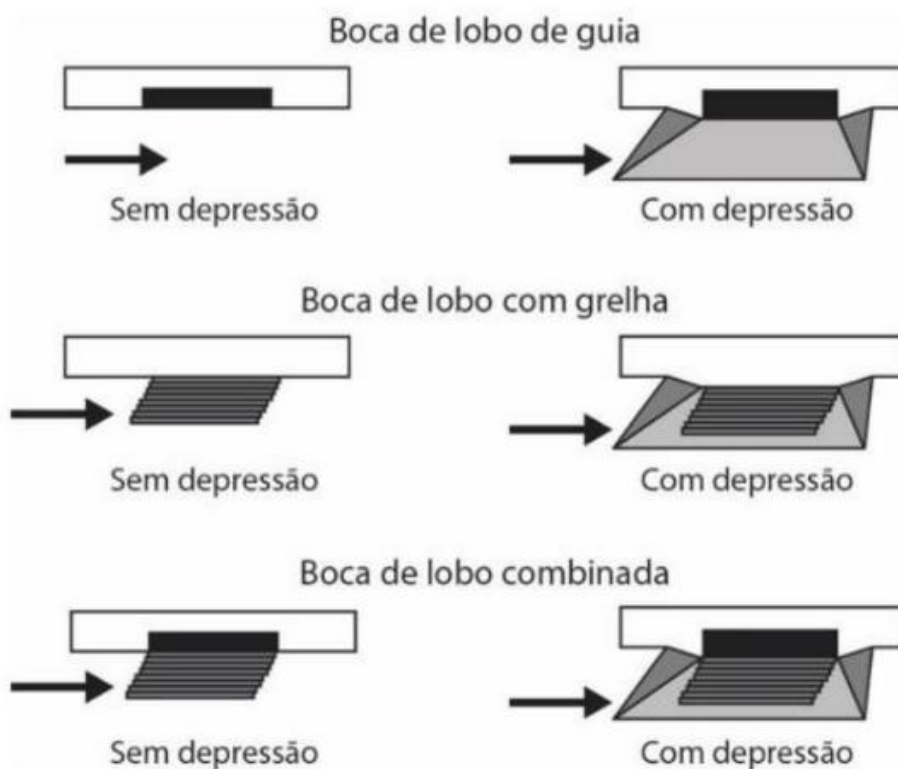


Fonte: Teixeira (2014).

2.5.3. Bocas de lobo

As bocas de lobo são dispositivos utilizados nas vias com meio fio e passeio, cuja finalidade é captar as águas pluviais que escoam pelas sarjetas e conduzi-las à rede coletora. Devem ser projetadas em blocos de concreto maciços ou alvenaria revestida, nos pontos de captação racionalmente estabelecidos, junto ao meio-fio, de acordo com estudo da lâmina d'água e capacidade hidráulica das sarjetas, conforme ilustrado na Figura 4 (SEINFRA, 2018).

Figura 4. Tipos de seção de boca de lobo.



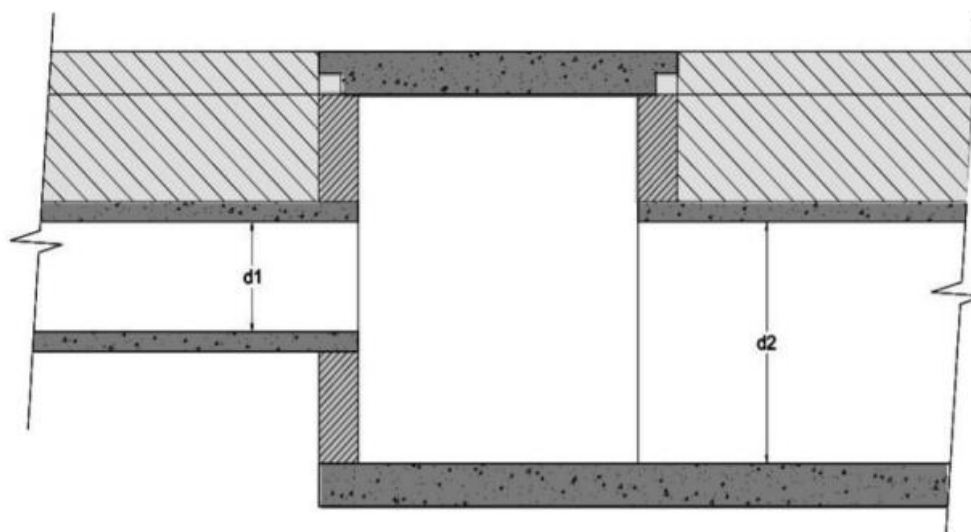
Fonte: (ALMEIDA, 2020)

2.5.4. Poços de Visita

Os poços de visita (Figura 5), são câmaras visitáveis cuja função principal é permitir o acesso às galerias para inspeção e desobstrução. A altura máxima do degrau admitida é 2,0 m (dois metros), salvo em situações específicas de projeto. (SEINFRA, 2018). Devem ser colocados em pontos de:

1. encontro de condutos;
2. mudança de declividade;
3. mudança de direção;
4. alteração de diâmetro ou seção das galerias.

Figura 5. Exemplo de poço de visita com ramais de diâmetros diferentes.

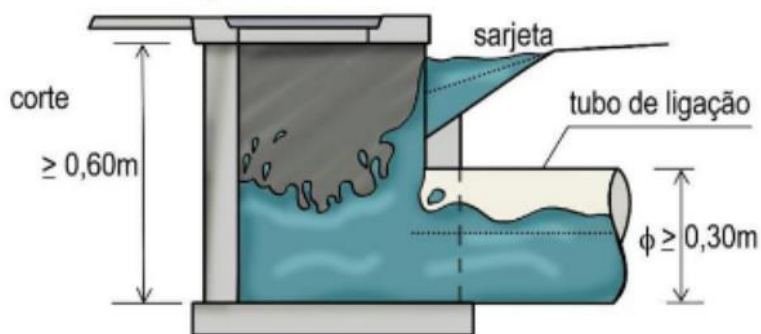


Fonte: USP (2015).

2.5.5. Galerias

As galerias são canalizações ligadas as bocas de lobo, destinada a escoar as vazões do escoamento pluvial. Abaixo na Figura 6 está um exemplo de tubulação que se denomina uma galeria trazendo suas dimensões características.

Figura 6. Exemplo de tubulação denominada galeria.



Fonte: (ALMEIDA, 2020)

2.6. DRENAGEM DE BAIXO IMPACTO (SUSTENTÁVEL)

A ideia de drenagem que inicialmente tinha uma visão higienista, baseava-se em canalizar as vazões aumentando a velocidade de escoamento e também a vazão

superficial, transferindo para a jusante da bacia causando impactos negativos. A ideia da drenagem superficial busca por meio de modelagem hidráulica e fazendo uso correto do solo, reduzir os efeitos da urbanização, retornando capacidade de absorção da água nos centros urbanos e buscando retornar as características naturais dos corpos d'água na região (GONZÁLES, 2014).

De acordo com (TUCCI, 2003), a partir de 1970 houve uma grande mudança na visão de como deveria ser tratado os efluentes das cidades. Nessa mesma época constataram a insustentabilidade de se fazer as obras de drenagem urbana de maneira que aumentasse o escoamento, e de 1990 em diante os países mais desenvolvidos entraram em uma nova fase, que seria o desenvolvimento sustentável. Essa política de desenvolvimento prioriza a infiltração e preservação dos caminhos naturais de escoamento, como ilustra a Tabela 2.

Tabela 2. Fases do desenvolvimento das águas urbanas.

Fase	Características	Consequências
Pré-higienista: até início do século XX	Esgoto em fossas ou na drenagem, sem coleta ou tratamento e água da fonte mais próxima, poço ou rio.	Doenças e epidemias, grande mortalidade e inundações.
Higienista: antes de 1970	Transporte de esgoto distante das pessoas e canalização do escoamento.	Redução das doenças, mas rios contaminados, impactos nas fontes de água e inundações.
Corretiva: entre 1970 e 1990	Tratamento de esgoto doméstico e industrial, amortecimento do escoamento.	Recuperação dos rios, restando poluição difusa, obras hidráulicas e impacto ambiental.
Desenvolvimento sustentável: depois de 1990	Tratamento terciário e do escoamento pluvial, novos desenvolvimentos que preservam o sistema natural.	Conservação ambiental, redução das inundações e melhoria da qualidade de vida.

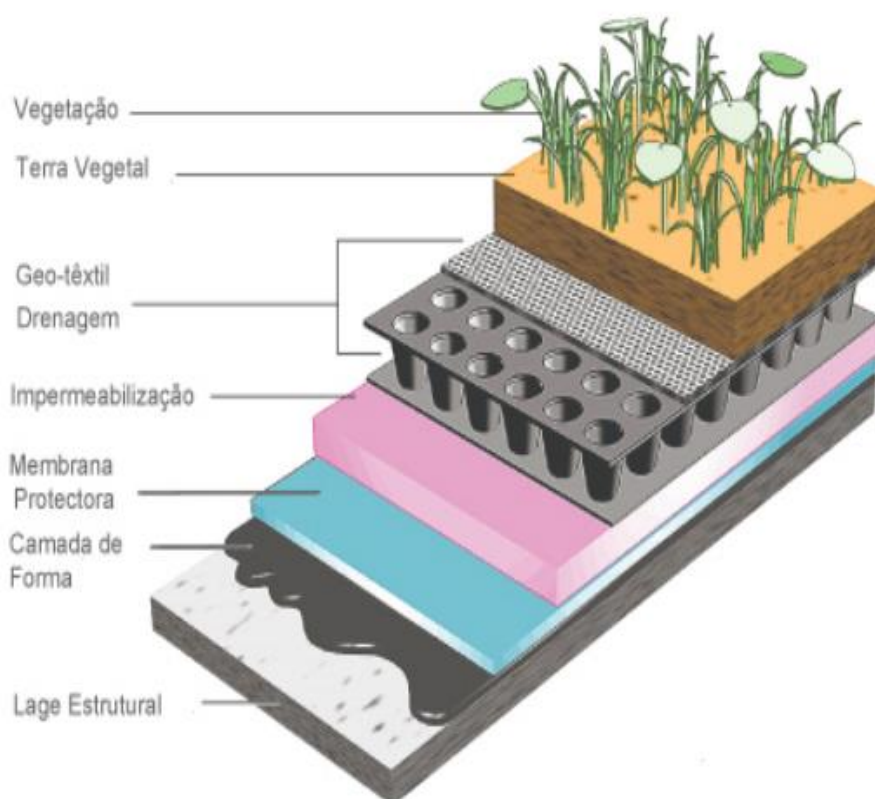
Fonte: Tucci (2003).

2.6.1. Telhados Verdes

Um telhado verde pode ser uma cobertura ou telhado residencial plano ou levemente inclinado que em sua construção há o destaque para o uso de uma camada de

solo ou substrato e uma outra com vegetação, sua estrutura conta ainda com um sistema de drenagem (CORREIA & GONZÁLES, 2002). A Figura 7 ilustra um esquema de camadas de um telhado verde.

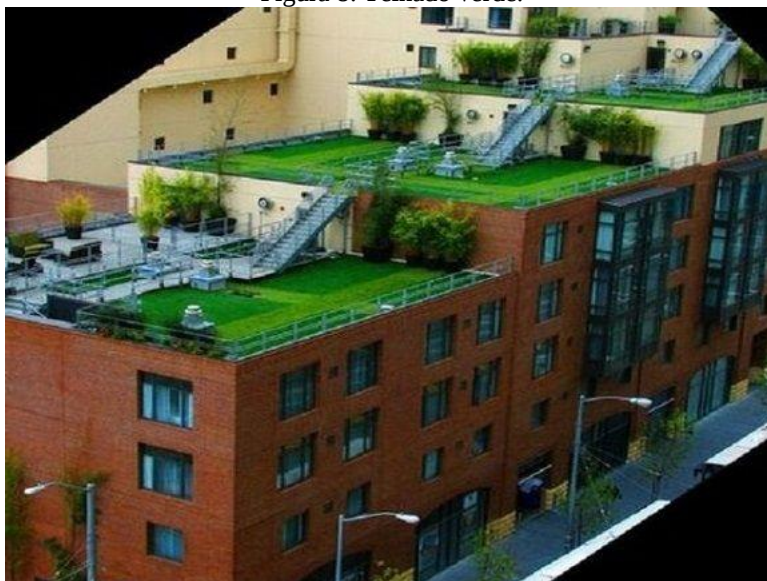
Figura 7. Etapas e materiais que integram o sistema de telhado.



Fonte: Alberto (2012).

Gatto (2012), diz que a ideia de se usar os telhados verdes veio com as mudanças nas cidades e a tentativa de se usar soluções ecológicas para sanar os danos causados pela remoção de camadas de vegetação das cidades. Esse método além de usar de um espaço que normalmente não é aproveitado, melhora o bem estar de quem vive sobre ele.

Figura 8. Telhado verde.

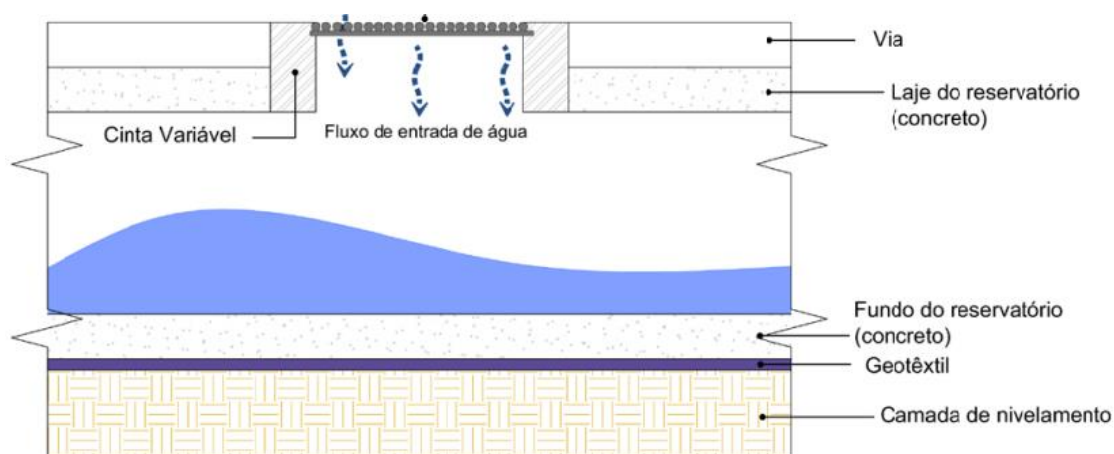


Fonte: Naime (2017).

2.6.2. Micro reservatórios

O uso dos micro reservatórios (Figura 9) tem como principal objetivo diminuir os impactos da vazão de água precipitada, agindo como um dispositivo de retenção, aliviando os sistemas de drenagem locais e permitindo a infiltração da água no solo. Esses micro reservatórios podem ser instalados em lotes residenciais, comerciais ou até mesmo implementado a microdrenagem. (ABCP 2013).

Figura 9. Elementos de um micro reservatório.



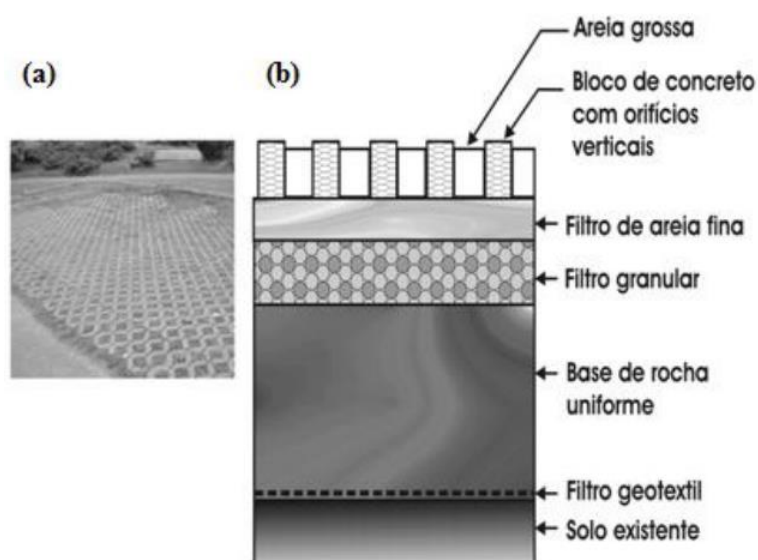
Fonte: ABCP (2013).

2.6.3. Pavimento Permeável

Esse tipo de pavimento geralmente é constituído de asfaltos convencionais ou concreto, dos quais tem suas partículas finas retiradas. A Figura 10 apresenta um esquema de piso permeável. (CANHOLI, 2015)

Pavimentos permeáveis podem ser definidos como aqueles que em sua estrutura possui espaços livres para a infiltração da água. Com o uso de camadas subsequentes também drenantes é possível conduzir a água até o sistema de drenagem local ou promover a infiltração dela no solo, promovendo o reabastecimento natural dos aquíferos. (FERGUSON, 2005 *apud* GUTIERREZ, 2019).

Figura 10. Esquema de pavimentos permeáveis.

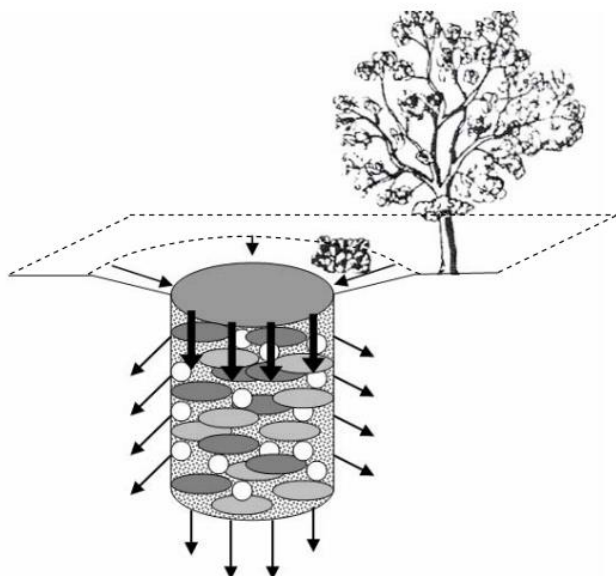


Fonte: ABCP (2013).

2.6.4. Poço de infiltração

Quando em áreas já consolidadas pela urbanização e pouco espaço para medidas maiores de dispersão de vazão, os poços de infiltração são as medidas mais recomendadas. Seu uso recomendado em lugares tal que o nível de lençol freático esteja suficientemente abaixo em relação ao terreno. (CANHOLI, 2015). A Figura 11 ilustra um poço de infiltração.

Figura 11. Ilustração de poço de infiltração.



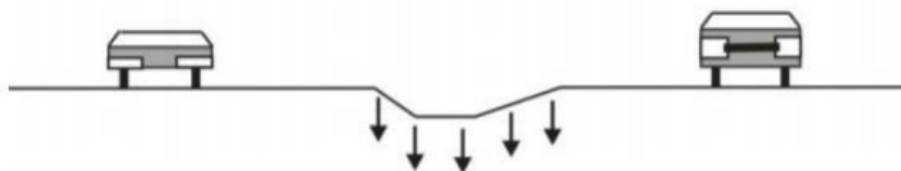
Fonte: (Silva, 2007)

Esse sistema de drenagem consiste em um poço escavado no solo, no qual é revestido por anilhas de concreto perfuradas ou tijolos assentados em crivo, nas extremidades laterais em contato com o solo é preenchido com material drenante, como brita e envolto por geotêxtil, de forma que a água coletada possa infiltrar radialmente no solo. (REIS; OLIVEIRA; SALES, 2008).

2.6.5. Valas de infiltração

Valas de infiltração (Figura 12) são simples depressões escavadas no solo, geralmente nas laterais de trechos de rodovias. São consideradas uma técnica compensatória de drenagem que visa a armazenagem provisória das águas pluviais, favorecendo a infiltração no solo (SILVA, 2007).

Figura 12. Ilustração de vala de infiltração.

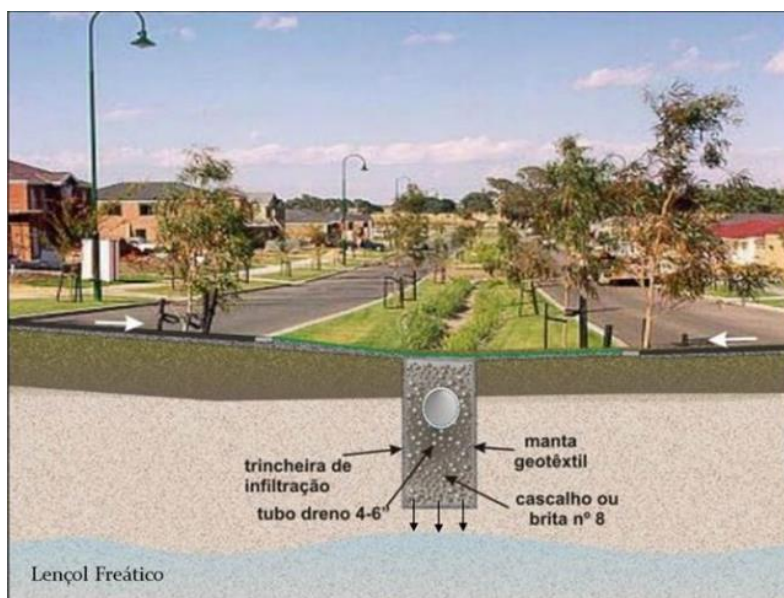


Fonte: (Agostinho, 2012).

2.6.6. Trincheira de Infiltração

As trincheiras de infiltração (Figura 13), segundo Gonzales (2014), são basicamente caixas com dimensão de comprimentos elevadas, escavadas no solo e preenchidas com material granular drenante. Esses dispositivos são capazes de coletar águas precipitadas, armazenar e aos poucos promover sua infiltração no solo.

Figura 13. Esquema funcional de trincheira de infiltração.



Fonte: (GEOWATER, 2009).

Para Silveira (2008), as trincheiras têm como principal objetivo captar e reduzir o escoamento superficial, outra importante característica é promover a recarga dos aquíferos e tratar a água por meio da infiltração no solo.

2.7. DIMENSIONAMENTO DE SISTEMA DE MICRO DRENAGEM

O dimensionamento dos elementos de uma rede de drenagem pluvial se dá por meio de etapas. A primeira trata-se de caracterizar a região da área contribuição para cada um dos elementos da rede pretendida. Posteriormente deve-se levantar os dados hidrológicos e vazões que irão contribuir na carga do sistema de drenagem. A partir daí pode-se fazer o dimensionamento dos elementos de uma rede de drenagem. (BIDONE E TUCCI, (1995), *apud* FALCÃO, 2021).

2.7.1. Precipitação (Curva IDF)

O método adotado para identificar a chuva de projeto será o da curva IDF (curva de intensidade, duração e frequência), esse método faz uma relação com os dados coletados por pluviógrafos ou pluviômetros que relacionam a intensidade, a duração e a frequência das chuvas da bacia em estudo. Cada região em que se tem ponto de coleta de dados hidrológicos tem uma curva IDF específica, no qual pode ser apresentada pela equação a seguir:

$$i = \frac{a*Tr^b}{(t+c)^d} \quad (1)$$

Onde: i = Intensidade da chuva (mm/h); Tr = Tempo de retorno (anos); t = duração da chuva (minutos) e; a , b , c e d são parâmetros específicos para cada localidade (Toledo-PR, 2017).

2.7.2. Tempo de Retorno

O tempo de retorno das chuvas utilizados para microdrenagem varia entre 2 e 10 anos, de forma geral, recomenda-se o uso de 2 anos. (TOLEDO, 2017). A Tabela 3 traz os tempos de retorno para áreas com diferentes ocupações.

Tabela 3. 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		5-100	50

Fonte: (Manual de Drenagem Urbana – RM Curitiba, 2002).

2.7.3. Método Racional

Para o dimensionamento dos elementos que irão compor o sistema de microdrenagem, deve-se estimar a vazão de projeto, sendo utilizado o método racional e formula a seguir:

$$Q = \frac{C * i * A}{60} \quad (2)$$

Onde: Q = Vazão máxima de pico; C = Coeficiente de Escoamento Superficial; i = Intensidade da precipitação e; A = Área da bacia. (ALMEIDA, J. C, 2020).

Segundo (TOLEDO, 2017), o método racional é de uso constante nos levantamentos de vazão de projeto para dimensionamentos de projetos para bacias pequenas, com área inferior a 2 km².

2.7.4. Coeficiente de Escoamento

De acordo com (TOLEDO, 2017), os coeficientes de escoamento usados para os cálculos de projeto para microdrenagem (Tabela 4), estão tabelados de acordo com o tempo de retorno das precipitações e também pela intensidade das chuvas não ser considerada, por isso não ocorre variação no coeficiente de escoamento. Valores do coeficiente de escoamento na tabela a seguir.

Tabela 4. Valores de coeficiente de escoamento para superfícies urbanas.

Tipo de Superfície	Valor Recomendado	Faixa de Variação
Concreto, asfalto e telhado	0,95	0,90 - 0,95
Paralelepípedo	0,70	0,58 - 0,81
Blockets	0,78	0,70 - 0,89
Concreto e asfalto poroso	0,03	0,02 - 0,05
Solo compactado	0,66	0,59 - 0,79
Matas, parques e campos de	0,10	0,05 - 0,10
Gramma solo arenoso	0,10	0,08 - 0,18
Gramma solo argiloso	0,20	0,15 - 0,30

Fonte: (Manual de Drenagem Urbana – RM Curitiba, 2002).

2.7.5. Escoamento Uniforme em Condutos Livres

Para o dimensionamento de uma galeria de drenagem, necessário considerar a vazão a ser escoada, sua declividade, diâmetro e material. Conhecendo esses dados e a lâmina limite máxima estabelecida, é possível fazer uma verificação utilizando a fórmula de *Manning*, para verificar se o diâmetro da galeria atende á demanda de água a ser drenada (ALMEIDA, 2020).

EQUAÇÃO DE MANNING:

$$V = \frac{1}{n} * R_h^{\frac{2}{3}} * I^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

Onde: V = Velocidade da água (m/s); n = Coeficiente de rugosidade; R_h = Raio hidráulico (m) e; I = Declividade do conduto (m/m).

A Tabela 5 indica os valores de coeficiente de *Manning* para o cálculo de escoamento em condutos de concreto.

Tabela 5. Valores de coeficiente de Manning.

Material	n Manning
Tubos de concreto retilíneos livre de resíduos	0,70 - 0,95
Tubos de concreto com curvas, conexões e resíduos	0,80 - 0,95
Tubos de concreto com acabamento	0,75 - 0,85
Tubos de concreto para coletores de esgoto, com poços de visita, entradas; retilíneo	0,75 - 0,95
Tubos de concreto sem acabamento, liso	0,05 - 0,10
Tubos de concreto sem acabamento, pouco rugoso	0,10 - 0,15
Tubos de concreto sem acabamento, rugoso	0,15 - 0,20

Fonte: (Manual de Drenagem Urbana – RM Curitiba, 2002).

A partir das vazões produzidas a montante da bacia, é possível constatar o desempenho hidráulico dos condutos do sistema de drenagem, já que o mesmo está relacionado na capacidade de escoamento sem que os condutos estejam operando com sobrecarga. A situação de operação dos condutos desejada é sempre com escoamento livre, ao passar a operar no regime forçado, significa que o sistema não tem capacidade para escoar a vazão gerada pela precipitação. (BOLDRIN & BATISTA, 2018).

3. METODOLOGIA

O Processo metodológico determina o percurso a ser seguido para a pesquisa, ou seja, caracteriza as fases e detalha os mecanismos utilizados.

(GIL, 2002) explica o motivo de realizar uma pesquisa:

Há muitas razões que determinam a realização de uma pesquisa. Podem, no entanto, ser classificadas em dois grandes grupos: razões de ordem intelectual e razões de ordem prática. As primeiras decorrem do desejo de conhecer pela própria satisfação de conhecer. As últimas decorrem do desejo de conhecer com vistas a fazer algo de maneira mais eficiente ou eficaz.

YIN (2001), diz que o estudo de caso é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo dos fatos objetos de investigação, permitindo um amplo e pormenorizado conhecimento da realidade e dos fenômenos pesquisados.

A abordagem da pesquisa é de caráter qualitativo com intuito de levantar dados sobre o tema, de acordo com (BOGDAN E BIKLEN, 2003) o conceito de pesquisa qualitativa envolve cinco características básicas que configuram este tipo de estudo: ambiente natural, dados descritivos, preocupação com o processo, preocupação com o significado e processo de análise indutivo.

Quanto ao objetivo da pesquisa, a mesma tem como característica o estudo exploratório. Segundo (MATTAR, 2001), os métodos utilizados pela pesquisa exploratória são amplos e versáteis.

Quanto aos procedimentos, será utilizada a pesquisa bibliográfica com a intenção de apresentar suporte teórico que do ponto de vista de (VERGARA, 2000), a pesquisa bibliográfica é desenvolvida a partir de material já elaborado

Nesse trabalho, se fundamentará por uso de bibliografias específicas da área de drenagem urbana, para que seja possível um diagnóstico confiável de uma possível ineficiência hidráulica nas galerias da rede de drenagem do Residencial Itamaracá – Goiânia/GO, caso assim ocorra, indicar possíveis soluções técnicas para mitigar os problemas ocorrentes.

3.1. CONSIDERAÇÕES SOBRE A ÁREA DE ESTUDO

A Prefeitura de Goiânia juntamente com o órgão de Defesa Civil, catalogou o Residencial Itamaracá como uma área de risco para alagamentos, indicando possíveis problemas de drenagem quanto ao escoamento superficial.

Para a Defesa Civil de Goiânia, o problema ocorrido em 2018 (Figura 14), em que uma confecção foi invadida pela água após uma forte chuva na região, é relacionado a drenagem pluvial deficiente e/ ou falta de sistema de drenagem, no qual afirmou que após o grande volume precipitado a água não teria para onde escoar. (TULIO E MENDES, 2018).

Figura 14. Residência invadida por enxurrada.



Fonte: Tulio e Mendes (2018).

Para início da avaliação do funcionamento das galerias de drenagem do Residencial, foi realizado um levantamento de tudo aquilo que se configure de importante para a elaboração do projeto (dados para dimensionamento), detalhes de execução e também um levantamento físico de como se encontra após a execução.

De início, foi obtido os registros de projetos e cadastros das obras de drenagem do bairro em estudo, com a intenção de conseguir material necessário para avaliação da capacidade de escoamento das galerias existentes.

Também foram feitas visitas locais no residencial para realização de relatório visual, a fim de identificar divergências de projeto, impedimentos nos elementos da rede drenagem ou qualquer situação que possa vir a interferir no pleno funcionamento da galeria.

O Residencial Itamaracá é um bairro localizado na região leste do Município de Goiânia-GO (Figura 15), a margem esquerda da Avenida Perimetral Norte e limita-se com os bairros Progresso e, principalmente, Perim, e no ano de 2010 contava com 1301 habitantes (DPESE, 2010).

Figura 15. Delimitação da área do residencial Itamaracá.



Fonte: Mapa digital de Goiânia, 2016.

O bairro conta ainda com características topográficas que desfavorecem o bom funcionamento do sistema de drenagem, levando em consideração a Av. Mato Grosso

do Sul, localizada as margens do residencial, encontra-se uma declividade média de 6,9% como ilustra a Figura 16.

Figura 16. Imagens de satélite do Residencial Itamaracá.



Fonte: Google Earth, 2022.

3.2. ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE REDE DE GALERIAS

A partir dos dados da bacia hidrográfica, dados hidrológicos e levantamentos topográficos da região, foi realizado o dimensionamento da contribuição de efluentes para as redes das galerias de drenagem. Para isso foram utilizadas as diretrizes dispostas no Roteiro para Projeto de Galerias Pluviais de Seção Circular de Ulysses M. A. De Alcântara (ALCÂNTARA, 1962).

Com esse dimensionamento foi feita uma comparação de capacidade hidráulica da rede executada com a vazão de projeto encontrada no redimensionamento.

Seguindo a metodologia proposta, foram feitas duas visitas ao Residencial Itamaracá na Cidade de Goiânia/GO, nos dias 22 e 29 de Outubro de 2022, com o objetivo de identificar os elementos locados no projeto de rede drenagem cedido pela

SEINFRA e fazer um estudo das condições de operação da rede de drenagem e averiguar se o que foi executado conforme o projeto.

A visita realizada se constituiu em percorrer todo o traçado da rede acompanhado do projeto impresso para anotações dos pontos identificados que fossem relevantes para esse trabalho.

4. VISITA A ÁREA DE ESTUDO

Um dos pontos importantes constatado na visita foi o estado de conservação de algumas bocas de lobo, que se encontram em estado de mau uso pela população ou até mesmo pela falta de manutenção nesses elementos da rede.

A Figura 17 ilustra uma situação encontrada na rua SP 1, em que a boca de lobo está completamente aterrada, provavelmente por entulhos despejados por pessoas ou por material assoreado que foi parar no seu interior prejudicando completamente sua eficiência na captação do escoamento superficial.

Figura 17. Boca de lobo Rua SP 1, Residencial Itamaracá.



Fonte: Própria, 2022.

Em demais pontos foram observadas situações semelhantes, as quais prejudicam a eficiência da boca de lobo, tais como resíduos proveniente de descarte pela população interferindo o escoamento e vegetação crescendo nas entradas de água.

Uma outra situação importante a se levar em consideração no estudo de drenagem do residencial é o ponto mais baixo da rua RIT 1. Como mostra a Figura 18, esse local recebe uma quantidade significativa de água que não foi capitada nos trechos a montante. Esse fato propiciou para que essa água gerasse pressão de arraste suficiente para arrancar parte do pavimento, rebaixando o nível do pavimento em relação a boca de lobo. Consequentemente, foi perdida parte (ou toda) a capacidade de operação da boca de lobo.

Figura 18. Boca de lobo Rua RIT 1, Residencial Itamaracá.



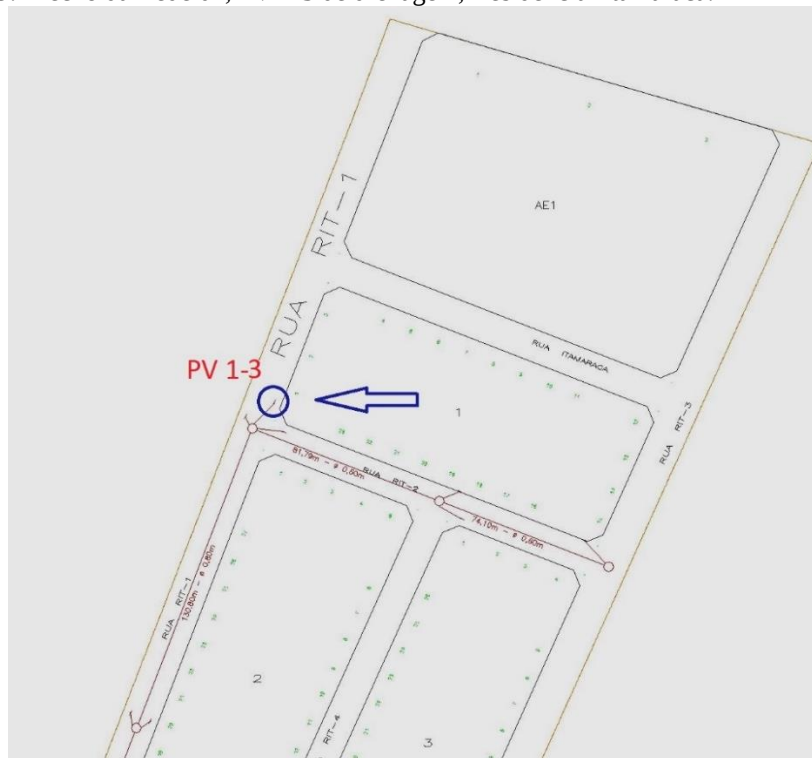
Fonte: Própria, 2022.

Durante a visita foi realizado o cadastro dos elementos da rede de drenagem que foram executados para que fossem confrontado com os informados em projeto. Após esse cadastro foi observado que em alguns pontos o projeto não foi respeitado

durante a execução, existindo situações onde algumas bocas de lobo não foram executadas.

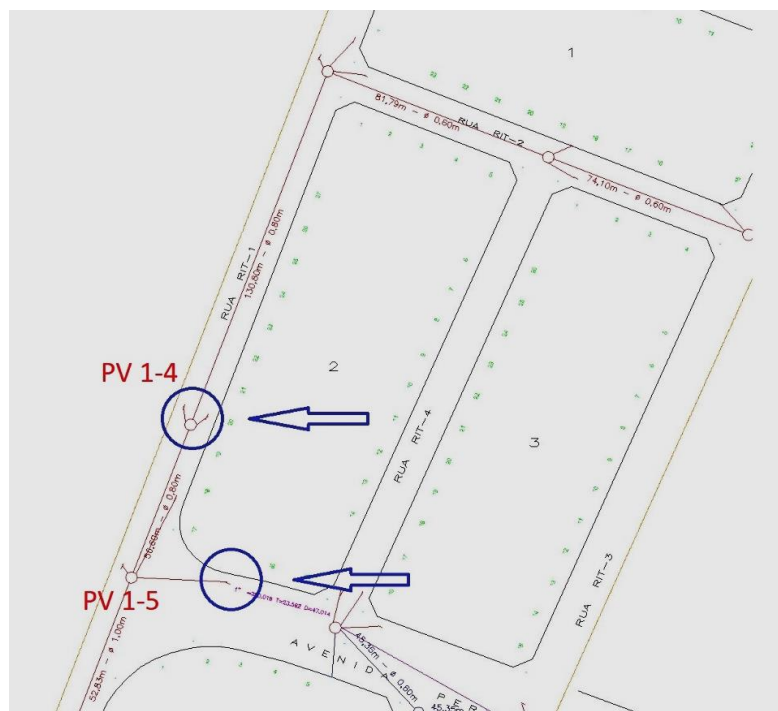
Na Rede 01 foram identificados dois locais onde houve essas alterações de projeto. Nas Figuras 19 e 20 são apresentadas as bocas de lobo que não existem nesses locais.

Figura 19. Trecho da Rede 01, PV 1-3 de drenagem, Residencial Itamaracá.



Fonte: Própria, 2022.

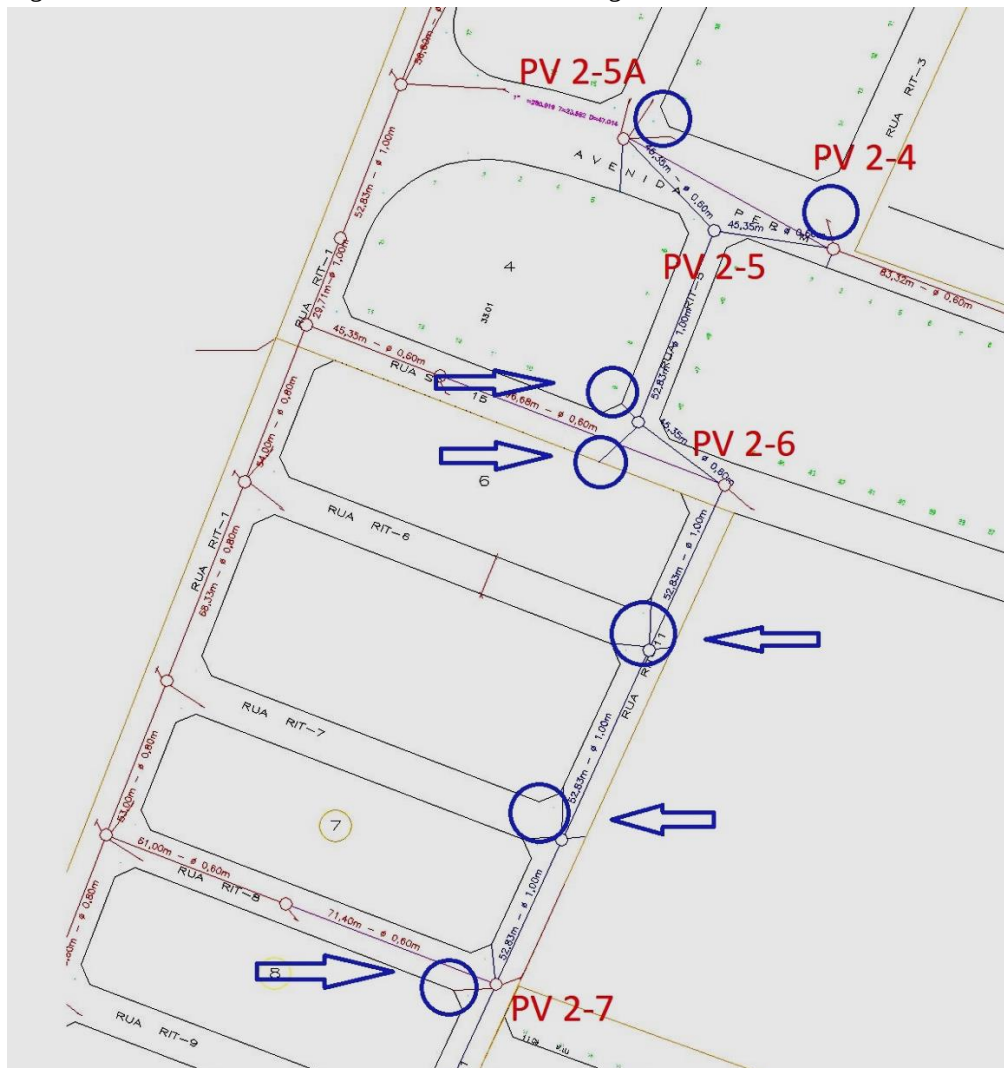
Figura 20. Trecho da Rede 01, PV 1-4 e PV 1-5 de drenagem, Residencial Itamaracá.



Fonte: Própria, 2022.

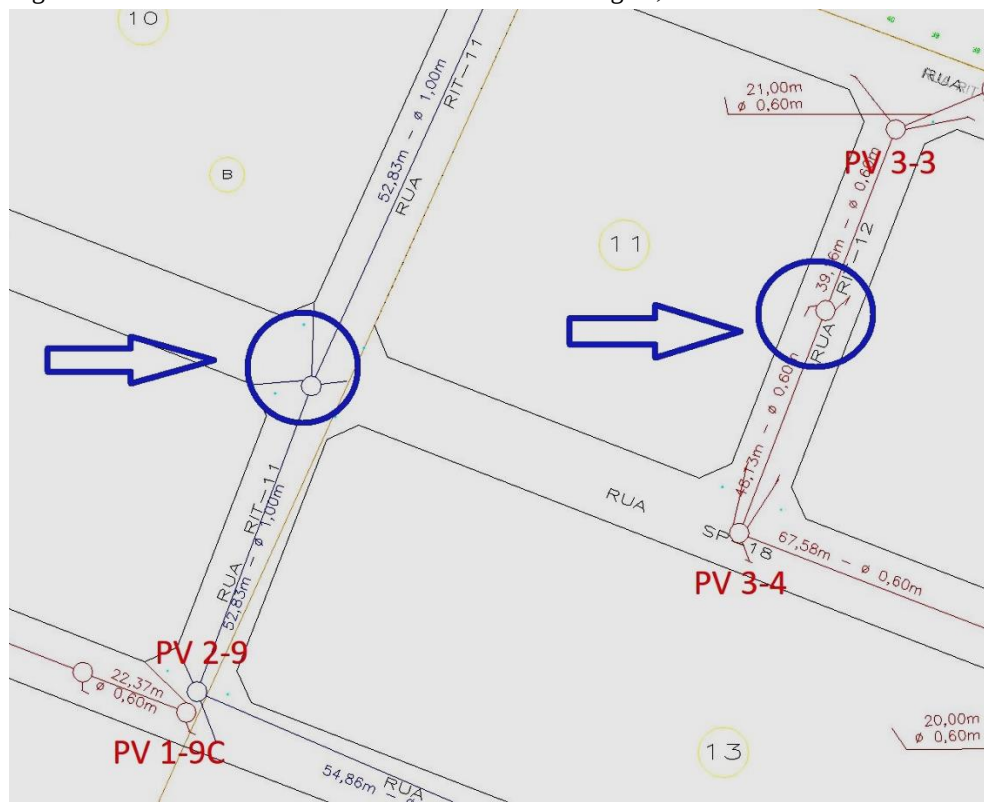
Nas Redes 02 e 03 também foram identificadas bocas de lobo não executadas, como mostram as Figuras 21 e 22.

Figura 21. Trecho da Rede 01 PV 1-4 e PV 1-5 de drenagem, Residencial Itamaracá.



Fonte: Própria, 2022.

Figura 22. Trecho da Rede 01 PV 1-4 e PV 1-5 de drenagem, Residencial Itamaracá.



Fonte: Própria, 2022.

Durante a visita in loco observou-se um outro detalhe: o projeto cedido pela SEINFRA se encontra desatualizado em relação a abertura de vias do Residencial. Foi possível identificar 5 ruas que não constavam em projeto, e, por isso, não há consideração de drenagem nessas ruas, sendo elas: Viela Q10, Viela Q11, Viela Q13, Viela Q14 e Rua SP20.

Provavelmente, por ser um projeto antigo e, possivelmente, houve tentativas de intervenções recentes na rede, o mapa disponibilizado pela SEINFRA não acompanhou o desenvolvimento do residencial.

5. APLICAÇÃO DO MANUAL DE DIMENSIONAMENTO HIDÁULICO DE SISTEMAS DE DRENAGEM URBANA DE ULYSSES M. A. DE ALCANTARA

Nessa parte do trabalho será apresentado o sequenciamento do roteiro de dimensionamento de sistemas de drenagem urbana proposto por Ulysses M. A. de Alcantara, baseado no estudo desenvolvido por Falcão (2021).

Para isso foi feito um levantamento de dados preliminares e definição de parâmetros e diretrizes para base de cálculos utilizados para análise de eficiência da rede galerias.

5.1. DADOS DOS PV'S

Para uma análise mais abrangente, neste trabalho analisou-se as duas redes identificadas em projeto e verificadas em campo. Os poços de visita (Figura 5), foram enumerados de uma forma sequencial na rede.

Os dados topográficos, como o nível do terreno de cada PV foram levantados utilizando as curvas de níveis dispostas no projeto cedido pela SEINFRA, fazendo uma interpolação entre a distância do PV e as linhas de curva de nível.

5.2. ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO

Com a visita in loco realizada foi observado que a área de estudo se encontra hoje bastante adensada e com a predominância de edificações residenciais e poucas áreas permeáveis.

Sendo assim o coeficiente de escoamento superficial de acordo com a bibliografia de Alcântara (1962) e seguindo a tipologia da área de drenagem foi adotado o valor de 0,8.

Para a definição das áreas de contribuição de cada PV levou-se em conta as declividades do terreno, o sentido de lançamento das águas das edificações e o posicionamento de cada boca de lobo. Ao fim a área total de contribuição de cada PV foi calculada sendo a soma da sua área de contribuição com a dos PV's a montante.

$$\text{Área total} = \text{Área}_{pv\text{atual}} + \text{Área}_{pv's\text{montante}} \quad (4)$$

5.3. TEMPO DE CONCENTRAÇÃO

Como se trata da verificação de um elemento da microdrenagem em uma área urbanizada o valor utilizado será definido seguindo a Tabela 6. Assim o tempo de concentração para o primeiro PV será de 12 minutos, para os PV's posteriores será adotado a seguinte formula:

$$T_c = T_e + T_p \quad (5)$$

Onde: T_e = Tempo de entrada (min); T_p = Tempo de entrada (min);

Tabela 6. Tempo de concentração para áreas urbanizadas

Tipologia da área a montante	Declividade da sarjeta	
	< 3%	> 3%
Áreas de construções densas	10 min.	7 min.
Áreas residenciais	12 min	10 min
Parques, jardins, campos	15 min	12 min

Fonte: Alcântara, (1962).

5.4. TEMPO DE RECORRENCIA

O tempo de retorno usado para a verificação da rede será de 2 anos, indicado por Toledo (2017) para microdrenagem em áreas residenciais.

5.5. INTENSIDADE PLUVIOMETRICA

Utilizando as diretrizes dispostas na Lei Municipal nº 9511 (Goiânia, 2014) que estabelece as normas para controle e captação das águas pluviais no Município de Goiânia, foi calculada a intensidade pluviométrica para cada área de concentração dos PV's com a formula a seguir:

$$i = \frac{56,7928 \times (T^{0,1471 + \frac{0,22}{T^{0,09}}})^{0,6274}}{(t+24,8)^{0,97471}} \quad (6)$$

Onde:

i = intensidade pluviometrica (mm/min);

T = tempo de retorno (anos);

t = tempo de concentração (min).

5.6. COEFICIENTE DE DEFLUVIO

Definido por Pinto (1976), o coeficiente de deflúvio é a relação entre a quantidade de água escoada pela bacia e a quantidade total precipitada, tendo valores variando de 0 a 1.

O coeficiente de deflúvio pode ser calculado seguindo o Método Racional Modificado dessa forma:

$$f = m \times (i \times t)^{\frac{1}{3}} \quad (7)$$

Onde:

$$m = 0,075C;$$

C = coeficiente de escoamento superficial;

i = intensidade pluviométrica (mm/min);

t = tempo de concentração (min).

5.7. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA CHUVA

O coeficiente de distribuição espacial da chuva “n” pode ser determinado em função da área de drenagem (A) da bacia, definido pelo método Racional Modificado, assim:

- Para $A \leq 1$ ha $\rightarrow n = 1$;
- Para $A > 1$ ha $\rightarrow n = A^{-0,15}$. (8)

5.8. DEFLUVIO LOCAL (VAZÃO DE PROJETO)

Os valores de deflúvio para cada PV será o valor encontrado, somado com os deflúvios dos PV's acumulados a montante. Utilizando novamente o método Racional Modificado podemos calcular o coeficiente de deflúvio ou a vazão de projeto, usando a seguinte equação:

$$Q = 2,78 \times n \times i \times f \times A \quad (9)$$

Onde:

$Q = \text{deflúvio (L/s)};$

$n = \text{coeficiente de distribuição};$

$i = \text{intensidade da chuva em (mm/h)};$

$A = \text{área da bacia de contribuição em hectares};$

$f = \text{coeficiente de deflúvio (Fantoli)}.$

5.9. RELAÇÃO ENCHIMENTO (Y/D)

Como as galerias são projetadas como condutos livres, foi feita uma análise da relação entre o diâmetro da galeria e a cota da água que está escoando no seu interior.

Para encontrar o valor do enchimento do conduto inicia-se calculando o fator de condução K:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{i}} \quad (10)$$

Onde:

$Q = \text{deflúvio a escoar (m/s)};$

$i = \text{declividade da galeria (m/m)}.$

Aplicando a divisão $(d^{\frac{8}{3}}/n)$ no fator de condução (K) chegamos ao valor de c2.

$$c2 = (K/(d^{\frac{8}{3}}/n)) \quad (11)$$

Onde:

$d = \text{diâmetro do tubo};$

$n = \text{coeficiente de rugosidade}.$

A partir de c2 encontrado foi possível buscar os valores relativos ao enchimento da rede (Y/D) no quadro que está como Anexo 1 desse trabalho.

O enchimento é dado em porcentagem, o ideal para o bom funcionamento da rede é que essa porcentagem esteja abaixo de 85%.

6. DIMENSIONAMENTO HIDRÁULICO – BOCA DE LOBO

Para o dimensionamento de boca de lobo, deve-se considerar se o dispositivo de drenagem está situado em um ponto baixo do sistema coletor ou em um ponto intermediário da sarjeta. No presente estudo, verificou-se a existência de ambas as situações, conforme apresentado na Figura 23 e Figura 24. Para o dimensionamento do esgotamento obtido com as bocas de lobos já implantadas no sistema de microdrenagem do Setor Residencial Itamaracá foi adotado o método de cálculo apresentado no manual de Drenagem de Rodovias, (DNIT 2006).

As bocas de lobo utilizadas no sistema de drenagem estão no padrão DNIT e para suas dimensões tem-se que o comprimento da abertura de entrada da água utilizado foi 1 metro e trabalhando com a hipótese da água escoando somente pela sarjeta, admitiu-se a altura da lâmina de escoamento da água de 0,1 metros.

Figura 23. Boca de lobo em ponto intermediário.



Fonte: Própria.

Figura 24. Boca de lobo em ponto baixo da sarjeta.



Fonte: Própria.

6.1. BOCA DE LOBO EM PONTO BAIXO SARJETA

Segundo DNIT (2006), baseando-se em ensaios realizados no laboratório de hidráulica do "Bureau of Public Roads", a boca-de-lobo simples pode funcionar basicamente sob duas condições de escoamento, sendo a primeira escoamento com superfície livre, no qual a boca-de-lobo funciona como um vertedor, ou com o escoamento afogado, funcionando como orifício (a altura da lamina d'água é maior do que a altura de abertura de captação da boca de lobo).

Para o cálculo da capacidade de esgotamento de boca-de-lobo simples em pontos baixos das sarjetas, sendo escoamento afogado, adotou-se a seguinte equação apresentada em (DNIT 2006), para alturas d'água até a altura da abertura ($y/h \leq 1$), sendo a vazão dada pela fórmula:

$$\frac{Q}{L} = 1,703 \times y^{\frac{3}{2}} \quad (12)$$

Onde:

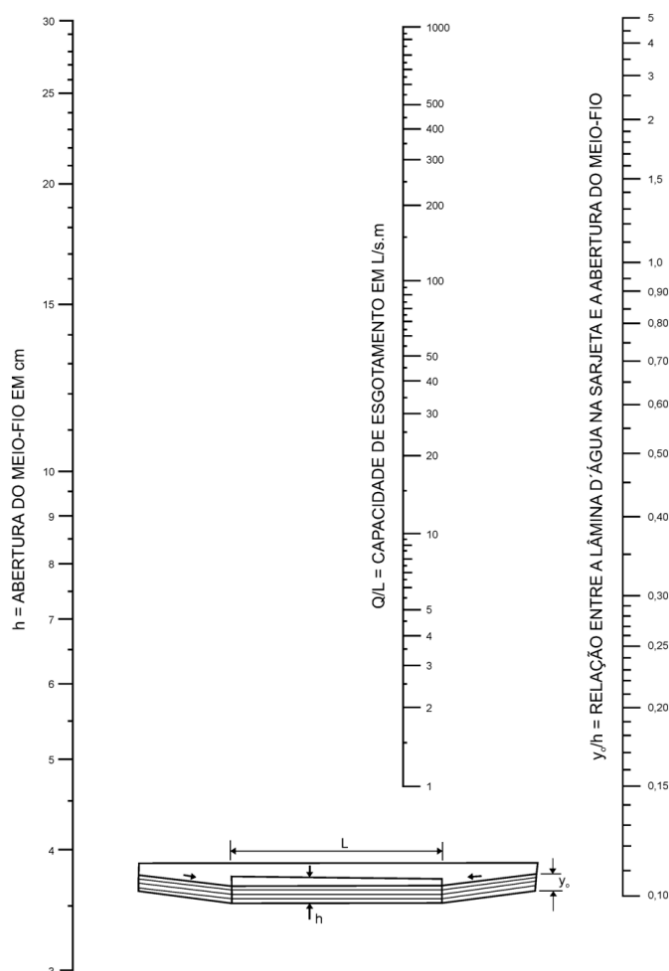
L = comprimento da abertura (m);

y = altura da água na entrada (m);

Q = vazão máxima esgotada pela boca-de-lobo (m^3/s).

Para a determinação da capacidade de esgotamento da boca-de-lobo simples em pontos baixos das sarjetas para o escoamento afogado, foi utilizado o nomograma (Figura 25) desenvolvido a partir de resultados obtidos com a equação 12 citada anteriormente. Ressalta-se que este nomograma tem aplicação desde que atenda a relação $y/h < 2$.

Figura 25. Nomograma - Capacidade de esgotamento das bocas-de-lobo simples em pontos baixos das sarjetas.



Fonte: DNIT, 2006.

6.2. BOCA DE LOBO SIMPLES EM PONTO INTERMEDIÁRIO DA SARJETA

Tratando-se de Boca-de-lobo simples em ponto intermediário da sarjeta o Manual de Drenagem de Rodovias (DNIT, 2006) utiliza a seguinte equação:

$$\frac{Q}{L} = (K + C) x y x \sqrt{g x y} \quad (13)$$

Onde:

g = aceleração da gravidade (m/s²);

C = coeficiente de escoamento superficial;

y_0 = profundidade da lâmina d'água na sarjeta (m);

y = altura do fluxo na sarjeta imediatamente antes da boca-de-lobo (m);

K = função do ângulo θ , de acordo com a Tabela 7:

Tabela 7. K em função do ângulo θ .

Tg θ	K
12	0,23
24	0,20
48	0,20

Fonte: DNIT, 2006.

7. ANÁLISE E RESULTADOS

Nesse item estão apresentados os resultados e a análise do estudo feito sobre a eficiência hidráulica das Redes 01 e Rede 02 do sistema de drenagem do Residencial Itamaracá.

Esse trabalho consiste em complementar o estudo feito por Falcão (2021), que realizou o estudo da Rede 01 do sistema (citada como Rede 02 em seu trabalho). Foi avaliado o outro trecho da rede de galerias (Rede 02), também fazendo uma nova avaliação da Rede 01, visto que durante o estudo encontrou-se alterações de projeto e execução do sistema. Na Figura 26 está ilustrado o traçado das duas redes de galeria.

Para a base de cálculo foram também determinadas as áreas de contribuição para cada PV. Essas áreas foram delimitadas levando em conta o posicionamento das edificações e as declividades (Figura 27).

Figura 26. Delimitação das de drenagem, Residencial Itamaracá.



Fonte: Própria, 2022.

Figura 27. Delimitação das áreas de contribuição para os Pv's.



Fonte: Própria, 2022.

A rede de galerias, denominada como Rede 01 nesse trabalho, estudado no trabalho de Falcão (2021), apresentou ineficiência em alguns trechos. Como houve alterações nos traçados da rede, onde uma das premissas era desafogar o sistema passando a contribuição do escoamento da Av. Perim para a Rede 02, optou-se por fazer novamente o dimensionamento da Rede 01 e estender o estudo para a Rede 02.

7.1. AVALIAÇÃO DA REDE DE GALERIAS

Após feito todo o levantamento de dados, tanto por pesquisas e visita no local, foram feitos os cálculos seguindo o Roteiro para o Projeto de Galerias Pluviais de Seção Circular de Ulysses M. A. de Alcântara. Os dados obtidos estão apresentados na Tabela 8, para o dimensionamento da Rede 01, e na Tabela 9, para Rede 02. As linhas destacadas na planilha, referentes aos trechos dos PVs n. 6, 7, e do 9 ao 18, indicam trechos com velocidade de escoamento elevado. As linhas referentes aos trechos dos PVs de 19A a 19C indicam com baixa velocidade e os pontos destacados em vermelhos indicam trechos em que o enchimento superou o valor recomendado de 85%

Na Rede 2, o trecho do PV 4, destacado na planilha, indica que o enchimento da galeria foi maior que o permitido, onde o mesmo varia de 0 a 100%.

Em relação aos resultados encontrados, tem-se que: a velocidade máxima e mínima, enchimento da rede e a declividade são os principais indicadores para avaliação e comparação com outras bibliografias.

Tabela 8. Dimensionamento da rede de galerias 01.

Poço de Visita		Defluvio a Escoar para Jusante					Galeria de Jusante					
PV N°	Localização	Contribuição Local - Total					Declividade	Diâmetro	Enchimento	Velocidade	Caimento	Tempo de Percurso
		Área	Tempo	Intens	Defluvi	Defluvio a						
		Total	de	Pluvio	o Local	Escoar						
		(ha)	(min)	(mm/h)	(l/s)	(l/s)	(%)	(cm)	(%)	(m/s)	(m)	(min)
1	2	9	11	12	14	15	16	17	18,00	20	22	23
Rede 01												
1	RIT-2	4,25	12,0	118,3	542,9	542,9	1,73	60	66,00	2,73	1,285	0,45
2	RIT-2	4,55	12,5	116,9	37,8	580,7	2,00	60	65,00	2,93	1,633	0,47
3	RIT-1	7,31	12,9	115,5	323,1	903,8	3,05	80	47,00	3,92	3,989	0,56
4	RIT-1	7,88	13,5	113,9	66,3	970,1	4,06	80	46,00	4,43	2,301	0,21
5	RIT-1	8,24	13,7	113,2	40,5	1010,6	6,03	100	31,00	4,80	4,974	0,29
6A	SP-15	0,74	12,00	118,3	116,9	116,9	1,86	60	28,00	1,72	0,843	0,44
6	RIT-1	8,98	14,0	112,4	0,00	1127,6	6,65	80	43,00	5,52	3,592	0,16
7	RIT-1	10,20	14,1	112,0	134,9	1262,5	5,68	80	48,00	5,37	3,878	0,21
8	RIT-1	11,34	14,4	111,4	123,1	1385,6	1,38	80	85,00	3,08	0,733	0,29
9A	RIT-8	0,26	12,0	118,3	41,8	41,8	2,06	60	16,00	0,92	1,255	1,11
9	RIT-1	11,99	14,6	110,6	41,4	1468,7	5,26	80	53,00	5,41	2,821	0,17
10	RIT-1	12,60	14,8	110,1	64,2	1532,9	6,76	80	52,00	6,02	3,570	0,15
11	RIT-1	13,22	14,9	109,7	65,2	1598,1	7,56	100	35,00	6,17	1,383	0,05
12	RIT-1	13,27	15,0	109,6	5,4	1603,5	8,64	100	35,00	6,44	1,460	0,04
13	RIT-1	13,31	15,0	109,5	3,7	1607,2	8,09	100	36,00	6,32	1,503	0,05
14	RIT-1	13,73	15,1	109,4	43,9	1651,1	7,43	100	37,00	6,21	1,531	0,06
15	RIT-1	13,79	15,1	109,2	6,7	1657,8	12,16	100	33,00	7,24	2,583	0,05
16	RIT-1	13,80	15,2	109,1	1,2	1659,0	12,56	100	32,00	7,32	4,057	0,07
17	RIT-1	14,60	15,3	108,9	82,4	1741,4	9,63	100	36,00	6,88	1,859	0,05
18	RIT-1	14,68	15,3	108,8	7,7	1749,1	16,07	120	26,00	7,14	3,212	0,047
19A	SP-19	0,03	12,0	118,3	4,8	4,8	19,58	60	4,00	0,14	4,379	2,681
19B	SP-19	0,04	15,4	108,6	2,2	6,9	4,68	60	9,50	0,20	2,568	4,64
19C	SP-19	0,21	20,0	97,7	24,3	31,3	0,96	60	23,00	0,67	0,422	1,089
19	RIT-1	15,05	21,1	95,4	15,2	1795,6	0,60	120	61,00	2,50	0,422	0,467

Fonte: Própria, 2022.

Tabela 9. Dimensionamento da rede de galerias 02.

Poço de Visita		Defluvio a Escoar para Jusante					Galeria de Jusante					
Localização		Contribuição Local - Total				Defluvio a Escoar	Declividade	Diâmetro	Enchimento	Velocidade	Caimento	Tempo de Percuro
PV N°	Rua	Área	Tempo de	Intens	Defluvi							
		Total	Concen	Pluvio	o Local							
		(ha)	(mim)	(mm/h)	(l/s)	(l/s)	(%)	(cm)	(%)	(m/s)	(m)	(min)
1	2	9	11	12	14	15	16	17	18,00	20	22	23
Rede 2												
1	AV. PERIM	0,03	12,0	118,3	4,3	4,3	0,61	60	3,50	0,12	0,454	10,26
2	AV. PERIM	0,55	22,3	93,1	73,9	78,2	1,15	60	25,00	1,24	0,939	1,10
3	AV. PERIM	1,20	23,4	91,0	88,4	166,6	1,00	60	38,00	1,66	0,832	0,83
4	AV. PERIM	4,96	24,2	89,5	409,3	575,8	1,70	60	69,00	2,73	0,649	0,23
5A	AV. PERIM	1,70	12,0	118,3	249,7	249,7	0,72	60	53,00	1,65	0,296	0,416
5	AV. PERIM	6,66	24,4	89,1	0,0	825,6	5,76	100	28,00	4,31	3,797	0,255
6	SP - 15	7,64	24,7	88,6	99,2	924,7	14,48	100	23,00	5,68	8,411	0,171
7	RIT- 11	7,96	24,9	88,4	32,2	956,9	6,21	100	29,00	4,72	6,6301	0,377
8	RIT- 11	8,31	25,2	87,7	34,4	991,3	7,32	100	28,00	5,01	12,179	0,554
9	SP - 19	9,59	25,8	86,8	124,0	1115,3	2,58	80	56,00	3,85	3,4391	0,576
10	SP - 19	10,03	26,4	85,8	41,9	1157,2	10,38	60	47,00	6,52	4,088	0,101
Rede 2 - A												
1	RIT - 8A	4,81	12,0	118,3	603,1	603,1	6,05	60	47,00	4,58	4,483	0,27
2	RT - 10	5,79	12,3	117,5	119,4	722,5	1,95	60	79,00	2,99	1,591	0,46
3	RIT - 12	6,31	12,7	116,1	62,6	785,2	7,38	60	52,00	5,26	6,441	0,28
4	SP - 18	7,08	13,0	115,2	90,4	875,6	0,97	60	140,00	2,24	0,657	0,50
5	SP - 18	7,27	13,5	113,8	22,1	897,7	4,54	60	67,00	4,43	0,871	0,07
6A	RIT - 3	0,31	12,0	118,3	48,5	48,5	19,60	60	7,00	1,27	18,377	1,23
6	RIT - 3	7,67	13,6	113,6	45,9	943,6	13,51	120	20,00	4,72	8,865	0,23
7	SP - 19	18,87	26,4	85,8	101,7	2202,6	8,18	120	33,00	6,70	4,088	0,124

Fonte: Própria, 2022.

Analizando os valores das Tabelas 8 e 9 e comparando com valores indicados em outras metodologias, é possível identificar que o principal fator agravante na eficiência da rede está ligado as altas declividades da região.

Observando os valores destacados no dimensionamento da Rede 01, podemos ver que nos trechos dos PV's 6-7 e 9-19 a velocidade de escoamento no interior da galeria ficou significativamente elevada, ultrapassando o limite indicado nos parâmetros adotados para Goiânia/GO que é de 5m/s.

Essa alta velocidade é prejudicial para a vida útil dos materiais que com o tempo vão se desgastar mais rápido além de provocar inundações e erosões a jusante.

Na rua RIT 1, por onde passa o principal trecho da Rede 01, a área é passível de inundações e fortes enxurradas durante os períodos de chuva intensa. Na parte mais baixa dessa rua foi previsto essa grande quantidade de água escoando superficialmente, visto que os PV's e bocas de lobo foram projetados mais próximos um do outro, com a finalidade de captar essa água, como mostra a Figura 28.

Figura 28. Imagem de um trecho da Rede de Drenagem 01, Residencial Itamaracá.



Fonte: Própria, 2022.

Quando comparamos os resultados apresentados por Falcão (2021) em seu trabalho com os apresentados na Tabela 8 nota-se algumas discordância nos valores encontrado no dimensionamento.

Na Figura 29 são expostos os resultados dos cálculos realizados no trabalho de Falcão (2021).

Figura 29. Planilha com os resultados do trabalho de Falcão 2021.

Poço de Visita		Deflúvio a Escoar para Jusante				Galeria de Jusante					
Localização		Contribuição Local - Total			Deflúvio a Escoar	Declividade	Diâmetro	Enchimento	Velocidade	Extensão	Caudal
PVNº	Rua	Área Total	Coef.	Intens.							
		(ha)	Distrib	Pluvio	(l/s)	(%)	(cm)	(%)	(m/s)	(m)	(m)
1	2	9	10	12	15	16	17	18	20	21	22
Rede2											
1	R RIT 2	4,66	0,79	85,2	379,6	1,77	60	0,525	2,57	73,91	1,310
2	R RIT 2	4,91	0,79	84,0	399,4	1,83	60	0,536	2,63	81,30	1,490
3	R RIT 2	7,53	0,74	82,8	595,7	3,05	80	0,388	3,45	130,76	3,990
4	R RIT 1	8,13	0,73	81,3	639,9	4,13	80	0,374	3,91	52,55	2,170
5A	A.V. PERIM	0,06	1,00	85,2	6,2	0,91	60	0,223	0,17	52,76	0,480
5B	A.V. PERIM	0,41	1,00	74,0	39,9	1,26	60	0,254	0,83	83,82	1,060
5C	A.V. PERIM	1,16	0,98	71,1	108,4	1,05	60	0,330	1,43	71,18	0,750
5D	A.V. PERIM	5,28	0,78	69,7	405,8	1,17	60	0,622	2,21	74,20	0,870
5E	A.V. PERIM	6,55	0,75	68,8	493,4	0,65	60	0,877	1,77	71,78	0,470
5	R RIT 1	15,24	0,66	67,8	1167,3	5,96	80	0,457	5,36	86,10	5,130
6A	R SP 15	0,94	1,00	85,2	96,6	1,52	60	0,301	1,49	116,12	1,770
6B	R SP 15	1,73	0,92	82,1	170,1	1,72	60	0,357	1,99	26,23	0,450
6	R RIT 1	17,45	0,65	67,4	1365,3	6,72	80	0,481	5,84	54,03	3,630
7	R RIT 1	18,03	0,65	67,2	1399,2	5,73	80	0,510	5,53	67,84	3,890
8	R RIT 1	18,82	0,64	66,9	1445,5	1,54	80	0,803	3,24	53,39	0,820
9A	R RIT 8	3,51	0,83	85,2	298,4	0,20	60	0,939	0,99	54,85	0,110
9B	R RIT 8	3,68	0,82	83,0	312,2	1,98	60	0,456	2,55	77,69	1,540
9	R RIT 1	22,94	0,63	66,5	1782,5	5,33	80	0,605	5,66	52,89	2,820
10	R RIT 1	23,53	0,62	66,3	1815,3	7,79	80	0,543	6,60	53,56	4,170
11A	R RIT 10	0,88	1,00	85,2	90,3	1,75	60	0,290	1,48	128,20	2,240
11	R RIT 1	25,01	0,62	66,1	1938,5	4,45	100	0,471	5,46	20,88	0,930
12	R RIT 1	25,07	0,62	66,0	1942,0	8,98	100	0,396	6,99	20,16	1,810
13	R RIT 1	25,13	0,62	65,9	1945,3	7,39	100	0,414	6,55	17,85	1,320
14	R RIT 1	25,46	0,62	65,8	1963,5	8,50	100	0,403	6,89	21,40	1,820
15	R RIT 1	25,56	0,61	65,8	1969,2	12,28	100	0,372	7,77	15,72	1,930
16	R RIT 1	25,93	0,61	65,7	1989,0	14,91	100	0,359	8,28	42,65	6,360
17	R RIT 1	26,56	0,61	65,6	2023,5	0,39	100	1,112	1,99	17,8	0,070
18	R RIT 1	26,67	0,61	65,4	2029,4	26,85	100	0,325	9,90	8,79	2,360
19A	R SP 19	1,33	0,96	85,2	131,0	2,05	60	0,315	1,86	30,27	0,620
19B	R SP 19	1,41	0,95	84,5	138,2	2,43	60	0,312	2,00	51,8	1,260
19C	R SP 19	1,64	0,93	83,5	160,0	0,36	60	0,506	1,14	39,06	0,140
19	R RIT 1	28,46	0,61	65,4	2198,0	0,36	120	0,843	2,07	53	717,600

Fonte: Falcão, 2021.

Embora a rede de drenagem tenha sofrido pequenas alterações em relação a rede estudada nesse trabalho, as modificações apresentadas neste trabalho e o projeto apresentado por Falcão (2021) são de pequeno impacto. Entretanto, observa-se que há significativa divergências entre os dois estudos quanto aos valores encontrados para as áreas de contribuição dos PV's. Assim, os valores calculados para o deflúvio a ser escoado ficaram maiores em relação aos encontrados nesse trabalho, levando a uma conclusão no trabalho de Falcão (2021) de que a rede nos trechos 9A-9B e 17-18 não suportariam a vazão demandada.

Avaliando os resultados da Tabela 9 para o dimensionamento da Rede 02 os valores que chamaram a atenção também estão ligados as altas velocidades nos condutos, novamente ligado a grandes inclinações do terreno.

No PV 4 da Rede 02 tem-se um ponto onde os cálculos demonstram um valor consideravelmente alto para o enchimento do conduto, que indica que naquele ponto a rede não suporta a vazão demandada. Nota-se uma velocidade de escoamento elevada no trecho anterior ao PV4, que, conseqüentemente, acaba afogando esse Poço de Visita e não conseguindo fazer o escoamento eficientemente. Uma solução para esse tipo de problema seria o uso de tubulação com maior diâmetro nesse trecho, após um estudo detalhado e novo projeto da galeria.

7.2. AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE HIDRÁULICA DAS BOCAS DE LOBO

Para o estudo em relação a capacidade de engolimento das bocas lobo, além da divisão das áreas de contribuição dos PV's foi feito também uma subdivisão para cada boca de lobo e a partir dessa área foi encontrado o valor de deflúvio correspondente a elas, utilizando a Equação 9.

As bocas de lobo encontrada no sistema correspondem ao padrão do DNIT, estão dispostas de forma simples (um aboca de lobo apenas), tripla e quádrupla. Foi considerado ainda o posicionamento das bocas de lobo em relação a declividade do pavimento, podendo ser em ponto intermediário ou em ponto baixo da guia.

Na Tabela 10 estão apresentados os dados no dimensionamento das bocas de lobo, os pontos destacados em vermelho indica que o deflúvio escoado é maior que sua capacidade de engolimento.

Tabela 10. Dimensionamento hidráulico das Bocas de lobo, Rede 01.

Poço de Visita			Boca de Lobo			Escoamento	
Localização		Bacia Local			Tipo da boca Lobo	Capacidade de Escoamento	Deflúvio a Escoar
PV Nº	Rua	Área	Área Contribuinte	Localização			
		PV	Boca de Lobo				
		(ha)	(ha)			(l/s)	(l/s)
1	2	3	4	5	6	7	11
Rede1							
1	RIT-2	4,25	4,25	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	543,35
2	RIT-2	0,30	0,17	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	20,97
			0,13		Sem Dep. Dupla	106,00	16,88
3	RIT-1	2,76	2,43	Ponto Intermediario	Sem Dep. Simples	53,00	284,79
			0,33		Sem Dep. Dupla	106,00	38,55
4	RIT-1	0,58	0,58	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	66,33
5	RIT-1	0,36	0,36	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	40,57
6A	SP-15	0,74	0,74	Ponto Intermediario	Sem Dep. Simples	53,0	117,02
7	RIT-1	1,23	0,10	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	11,47
			0,78		Sem Dep. Dupla	106,00	86,26
			0,34		Sem Dep. Dupla	106,00	37,28
8	RIT-1	1,14	0,05	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	5,54
			1,09		Sem Dep. Dupla	106,00	117,67
9A	RIT-8	0,26	0,26		Sem Dep. Dupla	106,0	41,81
9	RIT-1	0,39	0,04	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	4,24
			0,09		Sem Dep. Dupla	106,00	10,03
			0,25		Sem Dep. Dupla	106,00	27,13
10	RIT-1	0,61	0,04	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	4,12
			0,57		Sem Dep. Dupla	106,00	60,13
11	RIT-1	0,62	0,04	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	4,32
			0,58		Sem Dep. Dupla	106,00	60,91
12	RIT-1	0,05	0,01	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	1,50
			0,04		Sem Dep. Dupla	106,00	3,90
13	RIT-1	0,03	0,03	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	3,66
14	RIT-1	0,42	0,02	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	2,20
			0,40		Sem Dep. Dupla	106,00	41,72
15	RIT-1	0,06	0,02	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	1,66
			0,05		Sem Dep. Dupla	106,00	5,03
16	RIT-1	0,01	0,01	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	1,22
17	RIT-1	0,80	0,80	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	82,46
18	RIT-1	0,07	0,04	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,00	4,58
			0,03		Sem Dep. Dupla	106,00	3,12
19A	SP-19	0,03	0,03	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	4,77
19B	SP-19	0,01	0,01	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	2,16
19C	SP-19	0,17	0,17	Ponto Intermediario	Sem Dep. Tripla	159,0	24,37
19	RIT-1	0,16	0,16	Ponto Baixo	Sem Dep. Quintupla	275,0	15,25

Fonte: Própria, 2022.

Tabela 11. Dimensionamento hidráulico das Bocas de lobo, Rede 02.

Poço de Visita			Boca de Lobo			Escoamento	
Localização		Bacia Local			Tipo da boca Lobo	Capacidade de Escoamento	Deflúvio a Escoar
PV Nº	Rua	Área	Área Contribuinte	Localização			
		PV	Boca de Lobo				
		(ha)	(ha)			(l/s)	(l/s)
1	2	3	4	5	6	7	11
Rede 2							
1	AV. PERIM	0,03	0,03	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	4,34
2	AV. PERIM	0,52	0,33	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	46,32
			0,19		Sem Dep. Dupla	106,0	27,59
3	AV. PERIM	0,65	0,39	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	52,84
			0,26		Sem Dep. Dupla	106,0	35,60
4	AV. PERIM	3,76	3,76	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	409,58
5A	AV. PERIM	1,70	0,95	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	139,86
			0,13		Sem Dep. Dupla	106,0	18,49
			0,62		Sem Dep. Dupla	106,0	91,58
6	SP - 15	0,98	0,98	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	99,23
7	RIT- 11	0,32	0,21	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	21,53
			0,11		Sem Dep. Dupla	106,0	10,71
8	RIT- 11	0,35	0,19	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	18,58
			0,14		Sem Dep. Dupla	106,0	14,03
			0,02		Sem Dep. Dupla	106,0	1,83
9	SP -19	1,28	0,26	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	25,11
			1,02		Sem Dep. Dupla	106,0	98,99
10	SP - 19	0,26	0,44	Ponto Baixo	Sem Dep. Quintupla	275,0	41,93
Rede 2 - A							
1	RIT - 8A	4,81	4,81	Ponto Baixo	Sem Dep. Quintupla	275,0	603,57
2	RT - 10	0,98	0,98	Ponto Baixo	Sem Dep. Quintupla	275,0	119,54
3	RIT - 12	0,52	0,22	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	25,91
			0,14		Sem Dep. Dupla	106,0	17,01
			0,16		Sem Dep. Dupla	106,0	19,78
4	SP - 18	0,77	0,37	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	44,01
			0,15		Sem Dep. Dupla	106,0	17,86
			0,24		Sem Dep. Dupla	106,0	28,63
5	SP - 18	0,19	0,19	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	22,12
6A	RIT - 3	0,31	0,06	Ponto Intermediario	Sem Dep. Dupla	106,0	8,85
			0,25		Sem Dep. Dupla	106,0	39,68
2/3	SP - 19	1,17	1,17	Ponto Baixo	Sem Dep. Quintupla	275,0	101,81

Fonte: Própria, 2022.

A vazão encontrada para uma boca de lobo simples no modelo usado no sistema de drenagem do Residencial Itamaracá foi de 53 L/s, para as combinações com mais bocas de lobo foi feito a multiplicação pela quantidade.

Analisando os resultados das planilhas pode-se observar que nos locais em que se tem maiores áreas de contribuição pluviométrica as bocas de lobo consideradas em projeto não atendem a essa demanda.

Quando a boca de lobo não consegue fazer a captação de toda essa água que chega, essa vazão excedente vai se acumulando nos trechos a jusante causando as fortes enxurradas, indicando a causa de um dos problemas abordado nesse trabalho.

8. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

A pesquisa em questão teve o propósito de discutir sobre o sistema de drenagem existente do Setor Residencial Itamaracá, localizado no município de Goiânia-GO, e verificar os pontos críticos do sistema.

Finalizando a etapa de dimensionamento e análise do sistema de drenagem do Residencial Itamaracá é sensato dizer que em alguns trechos das redes apresentam ineficiência.

Comparando os resultados obtidos nesse trabalho com o da obra de Falcão(2021), em relação à Rede 01, obteve-se resultados que demonstram melhor eficiência hidráulica do sistema de drenagem no atual trabalho. A justificativa para essa divergência pode ser devido às modificações realizadas na rede existente e que não foram contabilizadas no trabalho de Falcão (2021).

Entretanto, em ambos os trabalhos, verifica-se ineficiência do sistema de drenagem, quanto à galeria de água pluvial que passa pela Rua RIT-1. Nesse trabalho, constatou-se também ineficiência do sistema de galeria que passa pela RIT-11.

Considerando as desfavoráveis características topográficas da região para o projeto de drenagem, o ideal seria ter o apoio da população para mitigar o máximo possível o lançamento da água na rede. Uma maneira, seria o uso de poços de infiltração e a conservação de áreas permeáveis dentro dos lotes residenciais.

Visto que um dos principais problemas encontrados foi a alta velocidade no interior das galerias relacionado com a declividade acentuada do residencial, a maneira mais fácil para sanar esse problema seria diminuir a inclinação da rede nos pontos em que a velocidade superou o indicado nas bibliografias, embora tenha-se que considerar a situação da inclinação elevada do terreno. Outra solução seria diminuir a vazão de escoamento a montante, utilizando, por exemplo, reservatórios de retenção para diminuir a vazão de pico.

Como citado anteriormente, no projeto inicial, fornecido pela SEINFRA, não constavam as ruas Viela Q10, Viela Q11, Viela Q13, Viela Q14 e Rua SP 20. Esta

incoerência entre o projeto físico e o executado, gera equívocos nas análises dos dispositivos de drenagem.

Observa-se que a inexistência da locação dessas vielas no projeto gerou a falta da construção de bocas de lobo nas mesmas. Consequentemente, a falta de bocas de lobos nessas vielas faz com que toda vazão de precipitação escoe por grandes distancias e acumule significativamente a jusante, sobrecarregando uma única boca de lobo simples, fazendo-a transbordar.

Um outro problema encontrado no estudo do sistema de drenagem do Residencial Itamaracá foi em relação as bocas de lobo. Em alguns pontos, observou-se que sua capacidade de engolimento foi superado pela vazão do deflúvio escoado, provocando enxurradas e o afogamento dos trechos a jusante.

Para a mitigação desse problema há soluções simples, como aumentar a largura da abertura de entrada de água ou o número de bocas de lobo nesse ponto, visto que seriam obras de fácil execução.

Como sugestão para trabalhos futuros tem-se:

- Estudo de medidas compensatórias de baixo impacto ambiental, a fim de reduzir o escoamento superficial.
- Desenvolvimento de novo projeto de galeria de águas pluviais para o bairro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ABCP. Projeto Técnico: **Microrreservatórios. Soluções para Cidades**. 2013. Disponível em: <<https://solucoesparacidades.com.br/wp-content>>. Acesso em: 15 Jun. de 2022.
- AGOSTINHO, M. S. P. POLETO, C. **Sistemas sustentáveis de drenagem urbana: dispositivos**. HOLOS Environment. v12. N 2. 2012. ISSN: 1519-8634. 2012.
- ALBERTO, Eduardo Zarzur et al. **Estudo do telhado verde nas construções sustentáveis**. XII Safety, v. 1, p. 171-173, 2012.
- ALCANTARA, U. M. A. **Manual de Hidráulica. Roteiro para o projeto de galerias pluviais de seção circular**. Rio de Janeiro, 1962.
- Almeida, Jean Carlos B. **Drenagem Urbana** [recurso eletrônico] / Jean Carlos B. Almeida. Curitiba: Contentus, 2020.
- BARCELLOS, Christovam et al. **Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil. Mudanças climáticas e ambientais e seus efeitos na saúde: cenários e incertezas para o Brasil**. Brasília: Organização Pan-Americana da Saúde. Disponível em: <<http://www.ct.ufpb.br/>>, acesso em 20 JUN 2022.
- BOLDRIN, A. J.; BATISTA, J. A. N. **Avaliação do desempenho hidráulico de um sistema de drenagem de águas pluviais urbanas. Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, p. 263-273, 2018.
- BRASIL. Lei 11.445, de 5 de janeiro de 2007. BRASILIA, DF, 2007. **Diário oficial da União**, Poder legislativo, Brasília, DF, 8 jan. 2007.
- BOGDAN, R. S.; BIKEN, S. **Investigação qualitativa em educação: Uma introdução à teoria e aos métodos**. 12 ed. Porto: Porto, 2003.
- CANHOLI, Aluísio. **Drenagem urbana e controle de enchentes**. Oficina de textos, 2015.
- CHAMPS, José Roberto, Brasil: Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental Lei Nacional de Saneamento Básico: perspectivas para as políticas e a gestão dos serviços públicos. **Manejo de águas pluviais urbanas: o desafio da integração e da sustentabilidade**. Brasília: [s.n.], 2009. (Coletânea Lei Nacional de Saneamento Básico).
- CHRISTOFIDIS, H. D. **Drenagem Urbana Sustentável Análise do Uso do Retrofit**. 2010. Dissertação de Mestrado – Centro de Desenvolvimento Sustentável – Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- CORREA, C. B., GONZÁLEZ, F. J. N. “**O Uso de coberturas ecológicas na restauração de coberturas planas**”. NUTAU 2002 – Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. Pag. 686-696.

DPESE, **Estimativa - Redistribuição da população residente em Goiânia, por bairro e gênero**, 2010. Disponível em < <http://www.goiania.go.gov.br> >, acesso em 8 Nov de 2022.

FALCÃO, Jhuly Lorraine Gonçalves. **Drenagem urbana: Estudo de caso 2021**. Trabalho de Conclusão de Curso – Bacharelado em Engenharia Civil, Instituto Federal de Goiás, Goiânia, Goiás, 2021.

Freitas CM, Ximenes EF. **Enchentes e saúde pública: uma questão na literatura científica recente das causas, consequências e respostas para prevenção e mitigação**. Cien Saude Colet 2012.

GATTO, C. M. **COBERTURAS VERDES: A IMPORTÂNCIA DA ESTRUTURA E DA IMPERMEABILIZAÇÃO UTILIZADAS**. 2012. 161 f. Tese (Doutorado) - Curso de Arquitetura, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2012.

GEOWATER. Anexo 2: **Ilustrações de Sistemas de Manejo Sustentável de Águas Pluviais**. Plano Municipal de Saneamento de Macatuba, 2009. Disponível em < <https://camaramm.files.wordpress.com> >. Acessado em 15 Jun 2022.

GIL, Antônio Carlos et al. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GOIÂNIA. **Lei 9.511, de 15 de dezembro de 2014**. Estabelece regras de Controle de Águas Pluviais e Drenagem Urbana e dá outras providencias da para município de Goiânia, Goiás. Dez/2015.

GONZALES, F. C. G. **Projeto de drenagem sustentável para mitigação de cheias na bacia do rio Quitandinha, em Petrópolis**, RJ. 2014. Tese de Doutorado. Dissertation, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2014.

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. **Manual de Drenagem Urbana - Região Metropolitana de Curitiba PR**. Versão 1.0. 2002.

GUTIERREZ, A. I. P.; RAMOS, C. I. **Drenagem Urbana Sustentável para a Concretização de metas de ODS/ONU**. 2019.

IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**, 2020. Disponível em:<<https://biblioteca.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 22 de Jun. de 2022.

IBGE. **Tendências Demográficas**: Uma análise da população com base nos resultados dos censos demográficos de 1940 e 2000 ed. [Rio de Janeiro]: [IBGE], 2007.

LICCO, E. A; DOWELL, S. F. M. **Alagamentos, enchentes, enxurradas e inundações**. Digressões sobre os seus impactos socioeconômicos e governança. Revista de Iniciação Científica, Tecnológica e Artística, v. 5, n. 3, 2015. Acesso em: 05 Jun. 2022.

MATTAR, F. N. **Pesquisa de marketing**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2001.

MIRANDA, A. T. **Poluição atmosférica**: Causas, consequências e responsabilidades. Uol Educação, 07 maio 2008.

MOURA, T.A.M. **Estudo Experimental de Superfícies Permeáveis para o Controle do Escoamento Superficial em Ambientes Urbanos**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005.

NAIME, Roberto. **Telhados Brancos e Telhados Verdes**. EcoDebate, 2017. Disponível em: < <https://www.ecodebate.com.br/>>. Acesso em: 17 fev. 2023.

NETO, Antonio Cardoso. **Sistemas urbanos de drenagem**. Disponível em: < <https://www.ana.gov.br/>>. Acesso em 08 dez. 2022.

PINTO, N. L. S. et al. **Hidrologia básica**. São Paulo: Editora Blucher, 1976.

JÚNIOR, PRADO CAIO. História e Desenvolvimento: **A contribuição da historiografia para a teoria e a prática do desenvolvimento brasileiro** ed. [São Paulo]: [Editora Brasiliense], 1999.

REIS, R. P. A, OLIVEIRA, L. H, SALES, M. M. **Sistemas de drenagem na fonte por poços de infiltração de águas pluviais**. Ambiente Construído, Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 99-117, abr./jun. 2008.

SÃO PAULO. Secretaria Municipal de Desenvolvimento Urbano. **Manual de drenagem e manejo de águas pluviais**: gerenciamento do sistema de drenagem urbana. São Paulo: SMDU, 2012. Disponível em: < <https://www.prefeitura.sp.gov.br/>> Acesso em: 20 Jun. 2022.

SEINFRA. **Diretrizes Básicas de Elaboração de Projetos de Microdrenagem Superficial Urbana**. Prefeitura de Goiânia, 2018. Disponível em < <https://xdocz.com.br/>>, Acesso em: 19 Jun. de 2022.

SILVA, J. P. 2007. **Estudos Preliminares para Implantação de Trincheiras de Infiltração**. Dissertação de Mestrado, Publicação G.DM- 154/07, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 155p.

SILVEIRA, G. L. **Cobrança pela Drenagem Urbana de Águas Pluviais**: incentivo à sustentabilidade. Relatório de Pós-Doutorado, 2008.

TAVANTI, D. R.; BARBOSA A. P. **Contribuições do Planejamento Urbano às Questões Hidrológicas**. Pluris. 2010. Disponível em < <http://pluris2010.civil.uminho.pt/Actas/PDF/Paper161.pdf>>: Acesso em: 02 nov. 2022.

TEIXEIRA, Suzane Naiara. **Sistemas de Drenagem Urbana**: Estudo de Caso para a Macrodrenagem do Município de Arcos – MG. UNIFOR: Formiga, 2014.

Toledo-PR. **MANUAL DE DRENAGEM URBANA**, 2017. Disponível em: <https://www.toledo.pr.gov.br/sites/default/files/manual_de_drenagem_urbana_-_volume_i.pdf> Acesso em: 23 Jun. 2022.

TUCCI, Carlos EM. **Drenagem urbana**. Ciência e cultura, v. 55, n. 4, p. 36-37, 2003.

TUCCI, Carlos EM; BERTONI, Juan Carlos. **Inundações urbanas na América do Sul**. Ed. dos Autores, 2003.

TUCCI, C. E. M. **Inundações Urbanas**. Porto Alegre: ABRH/RHAMA, 2007.

TULIO, S.; MENDES, G. **Forte enxurrada invade casa e confecção em Goiânia**. 2018. Disponível em:< <https://g1.globo.com/go/goias/noticia/forte-enxurrada>>, Acesso em: 23 jun. 2022.

USP. **Microdrenagem Urbana**. 2015. Disponível em:< <https://www.slideshare.net/Denielle100/microdrenagem-urbana>>. Acesso em: 21 jun. 2022.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3 ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

ANEXO I – TABELA COM DADOS NUMÉRICOS PARA O CÁLCULO DO ESCOAMENTO EM GALERIAS CIRCULARES PARCIALMENTE CHEIAS.

TABELA II									
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	3,6026
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	0,5699	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

área molhada — $a = C_1 \cdot d^2 = \frac{Q}{V}$

fator de condução — $K = C_2 \cdot \frac{d^{5/3}}{n} = \frac{Q}{\sqrt{i}}$

módulo crítico — $M = C_3 \cdot d^{3/2} = \frac{Q}{\sqrt{g}}$

declividade crítica — $i' = C_4 \cdot \frac{g n^2}{Q^2}$

g = aceleração da gravidade; no Rio $g = 9,78 \text{ m/s}^2$

n = coeficiente de rugosidade da fórmula de KUTTER

a) — para esgoto pluvial — $n = 0,015$

b) — " " " sanitário — $n = 0,013$