

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**JÉSSICA MODESTO FERNANDES**

**JORDANA BEATRIZ DE SOUZA MARÇAL VIEIRA**

**ESTUDO DE CASO SOBRE ALAGAMENTOS DA TRAVESSA  
WASHINGTON DE CARVALHO – PARA CIDADE DE  
ANÁPOLIS**

**ANÁPOLIS / GO: 2018**

**JÉSSICA MODESTO FERNANDES  
JORDANA BEATRIZ DE SOUZA MARÇAL VIEIRA**

**ESTUDO DE CASO SOBRE ALAGAMENTOS DA TRAVESSA  
WASHINGTON DE CARVALHO – PARA CIDADE DE  
ANÁPOLIS**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: CARLOS EDUARDO FERNANDES**

**ANÁPOLIS / GO: 2018**

## FICHA CATALOGRÁFICA

FERNANDES, JÉSSICA MODESTO/ VIEIRA, JORDANA BEATRIZ DE SOUZA MARÇAL VIEIRA

Estudo de caso sobre alagamentos da Travessa Washington de Carvalho – Para cidade de Anápolis.

100p, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2018).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- |                |                    |
|----------------|--------------------|
| 1. Alagamentos | 2. Enchentes       |
| 3. Inundação   | 4. Drenagem Urbana |
| I. ENC/UNI     | II. Título (Série) |

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

FERNANDES, Jéssica Modesto; VIEIRA, Jordana Beatriz de Souza Marçal. Estudo de caso sobre alagamentos da Travessa Washington de Carvalho – Para cidade de Anápolis. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 100P. 2018.

### CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Jéssica Modesto Fernandes

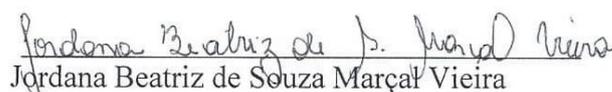
Jordana Beatriz de Souza Marçal Vieira

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Estudo de caso sobre alagamentos da Travessa Washington de Carvalho – Para cidade de Anápolis

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil ANO: 2018

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

  
Jéssica Modesto Fernandes  
E-mail: jessicamodesto\_@hotmail.com

  
Jordana Beatriz de Souza Marçal Vieira  
E-mail: jordanab17@gmail.com

**ESTUDO DE CASO SOBRE ALAGAMENTOS DA TRAVESSA  
WASHINGTON DE CARVALHO – PARA CIDADE DE  
ANÁPOLIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DAS EXIGÊNCIAS NECESSÁRIAS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.

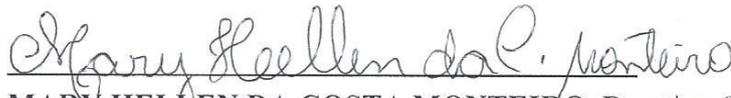
APROVADO POR:



CARLOS EDUARDO FERNANDES, Especialista (UniEvangélica)  
(ORIENTADOR)



WANESSA MESQUITA GODOI QUARESMA, Mestra (UniEvangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)



MARY HELLEN DA COSTA MONTEIRO, Doutora (UniEvangélica)  
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 27 de novembro de 2018.

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais, Wilmar e Eliene, por todo amor, dedicação, ensinamentos e apoio que têm me oferecido ao longo de toda a vida. À minha irmã, Isadora, pelos momentos felizes e companheirismo.

Aos amigos Pedro Henrique e Jordana pelas risadas nos momentos de descontração e conforto oferecidos durante os momentos difíceis. Sei que sempre posso contar com cada um em todas as situações que vierem a se apresentar.

Ao meu orientador, professor Carlos Eduardo Fernandes, pelo apoio, dedicação incessante, por compartilhar seu conhecimento e paciência em elucidar todas minhas dúvidas para que esse trabalho fosse concluído.

A todos, obrigada!

Jéssica Modesto Fernandes

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus em especial pelo fôlego de vida e pela inspiração de construir. Agradeço a minha família que supriu com um amor inabalável. Minha querida mãe, Janeide Marçal, que sempre sonhou comigo e com esse momento. Ao meu noivo, Matheus Argollo pela compreensão, suporte e carinho. Meus queridos amigos, Jessica e Pedro Henrique, que riram e choraram comigo nesses anos. Meu orientador, Calor Eduardo Fernandes, que deu todo apoio para que esse trabalho se desenvolvesse.

A todos que sonharam comigo, muito obrigado!

Jordana Beatriz de Souza Marçal Vieira

## RESUMO

A falta de um modelo de gestão para a drenagem urbana municipal e a inatividade ou mesmo ausência de políticas do uso e ocupação do solo, possibilitou o aumento da impermeabilização das bacias hidrográficas, conseqüentemente aumentou também as cheias naturais no município de Anápolis. De acordo com dados coletados no último censo realizado pelo IBGE (2010) 84,35% da população brasileira vive na zona urbana. Essa expansão desgovernada da população gera no espaço urbano um encadeamento de intervenções, já que o planejamento urbano previsto não consegue acompanhar esse crescimento. Tendo em vista essa perspectiva, o presente trabalho tem como objetivo o estudo da Travessa Washington de Carvalho localizada no município de Anápolis – GO, identificando e investigando os elementos influenciadores que levam aos alagamentos no local, propondo para o futuro estudos implantações de modelos de drenagem urbana não convencionais, que funcionem como meio de correção do problema enfrentado. A metodologia adotada corresponde a um levantamento bibliográfico, e uma pesquisa quali-quantitativa que buscou recolher informações e analisá-las tanto de maneira estatística quanto subjetiva. Também possui carácter exploratório, visto que buscou familiarizar-se com o fenômeno que está sendo investigado, de modo que a pesquisa posterior possa ser estruturada com uma maior compreensão. Os resultados obtidos mostram a proximidade da T. Washington de Carvalho do córrego das Antas, ferindo o código Florestal do Conama a respeito dos recuos necessários no processo de urbanização afim de proteger os corpos hídricos e o cenário natural, a inatividade da permeabilidade mínima nas residências, além do defasado sistema de drenagem urbana que não funciona em períodos de precipitações extremas.

### **PALAVRAS-CHAVE:**

Alagamentos. Enchentes. Inundação. Drenagem Urbana.

## **ABSTRACT**

The lack of a management model of a municipal company and an absence or even absence of land use and land use policies made it possible to increase the waterproofing of the river basins, consequently also as natural floods in the Municipality of Anápolis. According to data collected in the last semester by IBGE (2010) 84.35% of the Brazilian population lives in the urban area. This ungoverned expansion of the population generates in the urban space a thread of interventions, since its planning of programming is faster. This study has the study at this study to the study of the city of Lisbon - GO, identifying and investigating the influential elements that tending to floods in the place, proposing to future studies implants for model for urban drainage unconventional, that works as a means of correcting the problem faced. The methodology adopted corresponded to a bibliographical research, and a qualitative-quantitative research that sought information and was analyzed over time. It has an exploratory character, since it has sought to familiarize itself with the phenomenon being investigated, so that the later research can be structured with a greater understanding. The results obtained have a relation with the quality of the drying process of the water, resulting in a process of conservation of the water processes and the natural scenario, an inactivity of the minimum permeability in the residences. In addition, the urban drainage system does not work in stages of extreme precipitation

### **KEYWORDS:**

Floodplain, Flood. Inundation. Urban Drainage.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Inundações ribeirinhas .....	22
Figura 2 – Galerias de águas pluviais .....	28
Figura 3 – Poços de visita.....	28
Figura 4 – Boca coletora sob passeio .....	29
Figura 5 – Guia.....	30
Figura 6 – Ilustração do funcionamento de uma Sarjeta .....	30
Figura 7 – Modelo de Sarjetão .....	31
Figura 8 – Ilustração esquemática dos conceitos reservação e canalização .....	33
Figura 9 – Hidrogramas típicos de bacias de detenção .....	34
Figura 10 – Bacias de percolação (Portland, 2002).....	37
Figura 11 – Lago de infiltração situado no parque do Ibirapuera – SP.....	37
Figura 12 – Pavimento permeável como exemplo de Contenção na Fonte.....	38
Figura 13 – Superfície de infiltração .....	38
Figura 14 – Valetas de Infiltração .....	38
Figura 15 – Telhado verde.....	39
Figura 16 – Bacia de detenção em Santiago, Chile.....	40
Figura 17 – Reservatório on-line e off-line .....	41
Figura 18 – Localização de Anápolis .....	47
Figura 19 – Planta de Anápolis de 1904.....	49
Figura 20 – Vista aérea de Anápolis em 1948 e a “Baixada das Antas” nos dias atuais.....	51
Figura 21 – Localização da Travessa Washington de Carvalho.....	52
Figura 22 – Mapa Clinográfico da Bacia do Rio das Antas .....	54
Figura 23 – Média mensal de precipitação em 2003.....	55
Figura 24 – Localização dos principais pontos próximo ao local de estudo .....	56
Figura 25 – Equipamentos de infraestrutura urbana na Travessa Washington de Carvalho....	57
Figura 26 – Poço de vista de esgoto .....	58
Figura 27 – disposição do local em estudo, da APP, e do córrego das Antas .....	60
Figura 28 – Terreno com nível da edificação acima do nível da calçada.....	66
Figura 29 – Portões de contenção nas residências.....	67
Figura 30 – Bocas coletoras sem manutenção periódica no local em estudo.....	69
Figura 31 – Comporta de contenção.....	70
Figura 32 – Documentação perdida no alagamento de 2006 pelo escritório de contabilidade....	71

Figura 33 – Registro de ocorrência.....	72
Figura 34 – Registros após o nível das águas abaixarem na Travessa W. de Carvalho .....	72
Figura 35 – Mapa digital da cidade de Anápolis no programa AutoCad .....	77
Figura 36 – Vista desigualdade de cota altimétrica entre Av. Goiás e o local de estudo .....	78
Figura 37 – Sentido de escoamento das águas pluviais no local de estudo.....	79
Figura 38 – Distância entre Ruas Washington de Carvalho e Barão do Rio Branco .....	80
Figura 39– Cotas e distância entre Ruas Washington de Carvalho e Aluísio Crispim .....	81
Figura 40 – Boca coletora do tipo simples com grelha .....	82
Figura 41 – Boca de loba do tipo lateral.....	83
Figura 42 – Boca coletora com tampa de concreto .....	83
Figura 43 – Croqui do sistema de drenagem da Travessa W. De Carvalho .....	84
Figura 44 – Alagamento registrado em setembro de 2018 no local de estudo.....	91
Figura 45 – Sistema de Drenagem Sustentável (Austrália).....	92
Figura 46 – Calçadas padronizadas de Curitiba com percentual para infiltração .....	93
Figura 47 – Revitalização de praças com permeabilidade total em Curitiba .....	94
Figura 48 – Reservatório de detenção temporário.....	94
Figura 49 – Possível aplicação do reservatório de detenção off-line .....	95

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conceito de canalização x conceito de reservação característica.....	33
Quadro 2 – Classificação geral dos dispositivos de infiltração .....	36
Quadro 3 – Questões retratadas do questionário .....	62
Quadro 4 – Danos Materiais relatados .....	73

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Índices urbanísticos adicionais – zonas .....	75
Tabela 2 – Parâmetros Locais das Equações de Chuva.....	86
Tabela 3 – Vazão de projeto das bocas coletoras 2° trecho no lado direito .....	86
Tabela 4 – Vazão de projeto das bocas coletoras 2° trecho no lado esquerdo .....	87
Tabela 5 – Vazão de projeto 3° trecho no lado direito .....	87
Tabela 6 – Vazão de Projeto 3° trecho no lado esquerdo.....	87
Tabela 7 – Capacidade da vazão de engolimento no 2° trecho a direita da via .....	88
Tabela 8 – Capacidade de vazão de engolimento no 2° trecho a esquerda da via .....	89
Tabela 9 – Capacidade de vazão de engolimento no 3° trecho a direita da via .....	89
Tabela 10 – Capacidade de vazão de engolimento no 3° trecho a esquerda da via .....	89
Tabela 11 – Comparação entre a vazão de projeto e a vazão de engolimento para trecho 2 ...	90
Tabela 12 – Comparação entre a vazão de projeto e a vazão de engolimento para trecho 3 ...	90

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Porcentagem de área permeável nas edificações pesquisadas em m <sup>2</sup> .....	53
Gráfico 2 – Idade dos entrevistados .....	63
Gráfico 3 – Tempo de moradia na Travessa Washington de Carvalho .....	64
Gráfico 4 – Média salarial .....	64
Gráfico 5 – Tipos de edificações na Travessa Washington de Carvalho .....	65
Gráfico 6 – Investimentos em proteções contra alagamentos, enchentes e inundações.....	65
Gráfico 7 – Medidas adotadas contra os eventos de alagamentos, enchentes e inundações ....	67
Gráfico 8 – Tempo de moradia na Travessa Washington de Carvalho .....	70
Gráfico 9 – Área construída.....	76
Gráfico 10 – área de permeabilidade em m <sup>2</sup> .....	76

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Agência Nacional de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
APP	Área de Preservação Permanente
EUA	Estados Unidos da América
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PMDU	Plano Municipal De Drenagem Urbana
PDM	Plano Diretor Municipal
SUDS	Sustainable Drainage Systems
ZLBC	Zona Linear do Eixo Brasil Centro

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>17</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	18
1.2 OBJETIVOS .....	19
1.2.1 <b>Objetivo geral</b> .....	19
1.2.2 <b>Objetivos específicos</b> .....	19
1.3 METODOLOGIA .....	19
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>21</b>
2.1 DRENAGEM URBANA: O EFEITO DA URBANIZAÇÃO .....	21
2.2 CONCEITOS DE ALAGAMENTOS, INUNDAÇÕES E ENCHENTES.....	23
2.2.1 <b>Alagamentos</b> .....	23
2.2.2 <b>Enchente</b> .....	23
2.2.3 <b>Inundação</b> .....	24
2.3 MEDIDAS DE CONTROLE.....	25
2.4 CONCEITOS QUE COMPÕE O SISTEMA DE DRENAGEM URBANA .....	27
2.4.1 <b>Microdrenagem</b> .....	27
2.4.1.1 Galeria.....	28
2.4.1.2 Poço de Visita .....	28
2.4.1.3 Trecho .....	29
2.4.1.4 Bocas coletoras .....	29
2.4.1.5 Tubos de ligação .....	29
2.4.1.6 Guia.....	29
2.4.1.7 Sarjetas .....	30
2.4.1.8 Sarjetões .....	30
2.4.1.9 Conduitos forçados .....	31
2.4.1.10 Estações de bombeamento .....	31
2.4.2 <b>Macro drenagem</b> .....	31
2.4.2.1 Medidas não convencionais .....	32
2.4.2.1.1 <i>Detenção do escoamento</i> .....	34
2.4.2.1.2 <i>Disposição no local</i> .....	35
2.4.2.1.3 <i>Controle de entrada</i> .....	39

2.4.2.2	Detenção a Jusante .....	39
2.5	SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTAVEL .....	41
2.6	ROTEIRO DE PROJETO EM DRENAGEM URBANA .....	42
2.6.1	<b>Dados básicos</b> .....	43
2.6.2	<b>Características físicas da bacia</b> .....	43
2.6.3	<b>Estudos hidrológicos</b> .....	44
2.6.4	<b>Concepção de alternativas de arranjo de obras</b> .....	44
2.6.5	<b>Projeto hidráulico</b> .....	45
2.6.6	<b>Documentação do projeto</b> .....	45
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b> .....	<b>47</b>
3.1	ASPECTO FÍSICO E LOCALIZAÇÃO DE ANÁPOLIS .....	47
3.2	LEVANTAMENTO DE DADOS HISTÓRICOS .....	48
3.3	CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO .....	52
3.3.1	<b>Um estudo socioambiental da Travessa Washington de Carvalho</b> .....	56
3.4	LEVANTAMENTO DE CAMPO .....	60
3.4.1	<b>Elaboração do questionário de campo</b> .....	61
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>63</b>
4.1	RESULTADO DA ENTREVISTA COM MORADORES .....	63
4.2	ANÁLISE DAS PERDAS MATERIAIS .....	69
4.3	IMPERMEABILIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRAFICA.....	74
4.4	CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS .....	76
4.5	VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM ATUAL DO LOCAL .....	82
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>92</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>97</b>
	<b>APÊNDICES</b> .....	<b>99</b>
	APÊNDICE A .....	99

## 1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento ao longo dos anos do estabelecimento de grupos de pessoas, é capaz de informar com precisão o condicionamento dos amontoados urbanos existentes. A necessidade do ser humano por água potável, terras férteis para uma boa aplicação da agricultura e maior facilidade no transporte de pessoas e produtos os levou à ocupação das margens de rios. Com o passar dos anos as cidades foram crescendo sem o conhecimento de que são necessárias políticas para ocupação urbana, de forma a garantir a segurança dos moradores e também do meio ambiente.

No Brasil, ocorreu só no final dos anos 1960 até o final dos anos 1990, um aumento de 55% da população urbana para 76%. Esse número representou um crescimento desenfreado nas metrópoles urbanas, das quais a massa da população advinda do campo, por falta de recursos financeiros, aglomerou-se nas periferias das metrópoles, ocupando áreas de mananciais, e sujeitando-se a riscos de inundações, escorregamentos, e possíveis contaminações.

Atualmente, representantes e gestores das grandes metrópoles, buscam ferramentas através da engenharia agregada a políticas públicas, em específico o Plano Diretor Municipal de Drenagem Urbana, para reverter o cenário criado nos primórdios das civilizações.

Drenagem urbana é um conjunto de medidas necessárias para o bom funcionamento do saneamento básico de uma cidade. É composta por estruturas e instalações de engenharia destinadas ao transporte, retenção, tratamento e disposição final das águas das chuvas.

Aluísio (2004) diz que na formulação do plano diretor de macrodrenagem, umas das principais considerações a se fazer, é que a drenagem é um fenômeno de abordagem regional, ou seja, a unidade a ser gerenciada é a bacia hidrográfica, portanto pode transcender os limites administrativos do município.

Segundo Tucci (1995, P.7):

As enchentes urbanas são um problema crônico no Brasil, devido principalmente à gerência inadequada do planejamento de drenagem e à filosofia errônea dos projetos de engenharia. A gestão deficiente é resultado da falta de mecanismos legais e administrativos, de controle da ampliação das cheias devido à urbanização. A filosofia errônea se reflete na ideia preconcebida dos engenheiros de que, a boa drenagem, é aquela que permite escoar rapidamente a água precipitada sobre a área de seu estudo. No entanto, a melhor drenagem é aquela que drena o escoamento sem produzir impactos nem no local, nem na jusante. As consequências desses erros têm produzido custos extremamente elevados para a sociedade como um todo.

O presente trabalho tem como área de estudo os alagamentos na Travessa Washington de Carvalho, localizada na região central da cidade de Anápolis. A região sofre constantes

episódios de alagamentos nos meses cujo o índice pluviométrico é elevado. Além de possuir um sistema de drenagem defasado e sem manutenção, a Travessa Washington de Carvalho situa-se ao lado da bacia do Rio das Antas, por esse fato agrava-se ainda mais a situação nos meses de Novembro a Janeiro, onde o índice pluviométrico varia entre 200 e 275 milímetros. Será realizado um estudo nas diretrizes que regem o plano diretor municipal, no qual estabelece normas para o uso/ocupação do solo e preservação dos mananciais, com a finalidade de analisar o cumprimento ou não das mesmas, e simultaneamente, propor novas ideias que cooperem para a melhoria do escoamento da água no local.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

Alagamentos e enchentes são assuntos recorrentes em noticiários devido a frequente ocorrência em diversos locais do Brasil somada aos inúmeros danos físicos e materiais que provocam aos moradores da região. Perante esses fatos, torna-se necessário o conhecimento das áreas mais suscetíveis à ocorrência desses fenômenos bem como das consequências causadas e de possíveis medidas corretivas para evitar tais problemas.

A carência de um planejamento precautório relativo a ocupação urbana, que estabeleça diretrizes no plano diretor afim de um controle direto de possíveis áreas alagadas, juntamente a falta de investimentos, não apenas em medidas corretivas, mas também preventivas em drenagem na região mencionada, foram fatos propulsores para um estudo aprofundado do assunto.

Philippi (2005) considera que o sistema de drenagem básico de uma cidade deve se estruturar respeitando todos os aspectos legais, técnicos, além das dimensões econômicas, sociais, ambientais e institucionais e uma composição física mínima com pavimentação de ruas, sarjetas e meio-fios, bocas de lobos, galerias de drenagem e valas, vale ressaltar que todos esses elementos devem estar interligados e funcionando adequadamente ou o risco de ocorrer falha no sistema de drenagem é grande. Além desses instrumentos as características das bacias hidrográficas possuem papel primordial no processo de drenagem.

Sob essa ótica, ganha particular pertinência o motivo pelo qual foi escolhido este tema. Este por sua vez visa propor soluções embasadas em um estudo de caso, relatando o funcionamento do sistema de drenagem, inserindo as possíveis falhas técnicas as quais tem ocasionado alagamentos, e revendo a contribuição da população para que tais acontecimentos não ocorram, como por exemplo o art. 16, § 2º, da Lei 9.725/09 que exige uma porcentagem mínima de área permeável em residências unifamiliar e/ou coletiva.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

Levantar um estudo bibliográfico sobre alagamentos e seus derivados, expondo os motivos pelos quais os mesmos acontecem e as áreas mais suscetíveis e afetadas, somando-se aos meios de corrigir e/ou prevenir o problema. Além de aprofundar o tema em um ponto de alagamento na cidade de Anápolis, sendo este a Travessa Washington de Carvalho, levantando considerações que favorecem o cenário, e propondo algumas modificações e mesmo implantações para combater o problema.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Quantificar as percas materiais sofridas pelos moradores nos alagamentos;
- b) Apresentar um estudo hidrológico, topográfico e sociológico da região;
- c) Identificar os fatores que favorecem tais eventos (alagamentos) nessa localidade;
- d) Verificar o cumprimento de aspectos legais que dita o plano diretor municipal, tanto por moradores quanto pela equipe gestora da área de drenagem urbana;
- e) Identificar as medidas escolhidas pela população para conter os alagamentos;
- f) Calcular a vazão recebida pelo sistema de microdrenagem do local.

## 1.3 METODOLOGIA

Para que os objetivos deste trabalho fossem alcançados, leis, normas (ABNT) e livros referentes a esse assunto foram utilizados. O método de pesquisa foi o quali-quantivo, apoiando-se em técnicas de coleta de dados. De acordo com Neves (1996), a pesquisa qualitativa não busca enumerar ou medir eventos. Ela serve para obter dados descritivos que expressam os sentidos dos fenômenos. Já a pesquisa quantitativa é uma classificação do método científico que utiliza diferentes técnicas estatísticas para quantificar opiniões e informações para um determinado estudo.

O estudo foi desenvolvido a partir de:

- a) Pesquisa bibliográfica;
- b) Pesquisa de campo: feita com questionários formulados com questões de natureza exploratória, que indagou questões como:
  - percas e prejuízos em inundações;
  - perspectiva de investimento do poder público;
  - permeabilidade mínima nas edificações;
  - investimentos em contenções ou proteções contra alagamentos;
  - outras.
- c) Pesquisa explicativa: estudo da pesquisa exploratória, aprofundando o conhecimento da realidade, panteando as razões pela qual há alagamentos, verificando o funcionamento do sistema de drenagem atual.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 DRENAGEM URBANA: O EFEITO DA URBANIZAÇÃO

A urbanização nas cidades cresceu de maneira acelerada e não planejada, e o solo por sua vez, passou a ser ocupado por residências e grandes estabelecimentos. As águas pluviais que antes infiltrava-se nas camadas porosas do solo em direção ao lençol freático, mantiveram-se retidas pelo aumento da impermeabilização consequente da urbanização. A fim de minimizar o problema, as obras de drenagem foram criadas com o intuito de acelerar o escoamento das águas pluviais e levá-las para uma zona que não traga riscos de alagamento nas áreas urbanas.

Porém, notou-se que as medidas estruturais não foram suficientes. As normas de regulamentação e controle do solo, continuam sendo as medidas que expressam maior eficácia, considerando que os gastos são menores em paradoxo com as onerosas obras de galerias necessárias para corrigir o problema.

A regulamentação que controla o uso e a ocupação do solo é uma das muitas atribuições do Plano Diretor Municipal, o qual é formulado pela equipe gestora das cidades e municípios, baseando-se em normas e leis federais que atendam as devidas legalidades e supram a necessidade populacional e ambiental no quesito citado.

Porto (2001) cita que a urbanização e suas repercussões relativas ao meio ambiente e aos recursos hídricos, demandam abordagens completas, inserindo para um mesmo núcleo de atuações aquelas concernentes à quantidade e qualidade da água, os fatores de planejamento urbano, as influências entre os diversos usos do solo urbano e, em especial, os aspectos legais necessários para ações sustentáveis de prevenção e controle.

De acordo com a Constituição Federal, é atribuição da União as ações de controle e combate às enchentes. Porém, ampliou-se a autonomia dos municípios nos quesitos como saneamento, meio ambiente, habitação, dado que algumas medidas não estruturais são elaboradas pelo poder dos municípios. As leis de uso e ocupação do solo, limitando a área a ser construída e seu nível máximo de impermeabilização, a elaboração de planos diretores que contenha o zoneamento afim de proteger as áreas permeáveis, as várzeas de inundação dos rios e bacias, são alguns exemplos das atuações dos municípios.

Segundo Arlindo Philippi Jr (2008, P. 229):

Um dos problemas urbanos diretamente ligados à questão das inundações urbanas envolve a falta de habitação para parcela significativa da população, a qual vive num estado de extrema pobreza. O problema habitacional tem levado à criação de um número muito grande de favelas nas cidades, principalmente nas zonas de periferia

das cidades. As favelas em geral se estabelecem em áreas públicas sujeitas a risco, principalmente áreas marginais de córregos e rios, que não deveriam ser ocupadas, uma vez que elas devem ser protegidas para dar vazão às cheias.

É possível observar na Figura 1 as consequências geradas nas cidades pela ocupação indevida de áreas sujeitas a inundações, visto que o rio possui 3 tipos de leitos, sendo que o leito aparente é o sulco por onde normalmente corre as águas, o leito de inundação é a área pela qual é inundável em épocas de cheia, e o leito menor é a zona ocupada em épocas de estiagem. Com a ocupação da população de baixa renda nas áreas sujeita a inundações, ocorrem então as chamadas inundações ribeirinhas.

**Figura 1 – Inundações ribeirinhas**



Fonte: IPT (2010).

Além das inundações ribeirinhas, também existem as inundações localizadas, por meio da qual, devido ao alto índice de impermeabilização do solo e ocupação incorreta, as águas pluviais não tendo por onde infiltrar, formam-se grandes correntes em direção os canais de drenagem, os mesmos não foram projetados para comportar tamanho volume de água de uma vez só, e este, por si só, acaba operando de maneira ineficiente.

Além das questões de impermeabilização e ocupação incorreta do solo, outros impasses também merecem destaque, como cita Tucci (2012), esses são:

- a) as obras hidráulicas depois que realizadas requerem constante manutenção, estas na maioria das vezes não são efetuadas pelo poder público;
- b) falta de consciência da população de que a interrupção do funcionamento do sistema de drenagem é causada por resíduos sólidos, que podem degradar a qualidade da

água e expor a população a doenças como Leptospirose, a qual é transmitida pelo lixo;

- c) manejo incorreto do solo, quando feito sem o controle de erosões, os resíduos em canais de drenagem aumentam, o que acarreta bloqueios no fluxo e da capacidade de drenagem, que por consequência traz o assoreamento de rios e canais.

## 2.2 CONCEITOS DE ALAGAMENTOS, INUNDAÇÕES E ENCHENTES

Os conceitos de alagamentos, enchentes e inundações são frequentemente confundidos entre si devido a certas semelhanças, tais como o fato de todos se referirem a desastres naturais que regularmente afetam agregados populacionais em distintos locais do planeta, além de todos se tratarem de eventos de natureza hidrometeorológica provocados por chuvas de diferentes intensidades e duração, ou devido a intervenções urbanas produzidas pelo homem. O trabalho em questão procura averiguar corretamente cada termo para uma melhor classificação na problemática apresentada.

### 2.2.1 Alagamentos

A concentração transitória de água em uma determinada região promovidas por falhas no sistema de drenagem das cidades são conhecidas como alagamentos, não necessariamente possuindo qualquer conexão com questões de caráter fluvial (MINISTÉRIO DAS CIDADES/IPT, 2007).

Conforme Grilo (1992), os alagamentos frequentemente ocorrem em fundos de vales ou em extensões planas e/ou depressões de modo a dificultar o escoamento superficial no meio urbano. Dessa forma, a redução da infiltração da água no solo que abastece os aquíferos, em consequência da diminuição de áreas permeáveis, favorecem a ocorrência de alagamentos que interferem nas ações e estruturas urbanas tais como: transportes, problemas de abastecimento e sanitários, perdas econômicas, entre outros (TEODORO; NUNES, 2007)

### 2.2.2 Enchente

Enchentes ou Cheias são catástrofes naturais que podem acontecer se houver a ocorrência de fortes chuvas num intervalo de tempo muito curto causando então, uma grande

elevação do nível de água normal dos cursos d'água podendo provocar o transbordamento das suas margens. Pompêo (2000, pg 16) ainda diz que:

As enchentes provocadas pela urbanização devem-se a diversos fatores, dentre os quais destaca-se o excessivo parcelamento do solo e a consequente impermeabilização das grandes superfícies, a ocupação de áreas ribeirinhas tais como várzeas, áreas de inundação frequente e zonas alagadiças, a obstrução de canalizações por detritos e sedimentos e as obras de drenagem inadequadas.

Essas elevações no nível d'água normal dos rios e córregos podem ser consequências do desflorestamento e/ou substituição do cobrimento vegetal natural original que são capazes de promover a elevação do escoamento superficial e restringir o tempo de concentração. A ocorrência de enchentes é um problema frequentemente observado em razão da urbanização.

### **2.2.3 Inundação**

Embora os conceitos de inundação e enchentes sejam frequentemente associados ao mesmo fenômeno natural, eles não o são. De acordo com Tucci (2003) as inundações acontecem quando as águas dos cursos d'água (rios, córregos, etc.) se elevam com tal magnitude que ultrapassam a calha principal transbordando e invadindo locais frequentados e utilizados pela população como moradia, lazer e transporte.

Para Tucci (2003) há dois tipos de inundações, sendo a primeira inundação ribeirinha e a segunda inundação devido a urbanização.

As inundações em áreas ribeirinhas podem ocorrer uma vez que os rios comumente possuem dois leitos: o leito menor que é onde a água geralmente escoava normalmente e o leito maior que sofre risco de inundação num intervalo de tempo de 1,5 a dois anos. Esse fenômeno ocorre quando o escoamento ultrapassa os níveis do leito menor e alcançam o leito maior podendo causar impactos sociais consideráveis em virtude da ocupação da região pela população.

As inundações devido a urbanização são aquelas que podem ser notadas mais frequentemente em virtude da impermeabilização do solo, bloqueio do escoamento das águas, desenvolvimento urbano mal organizado, entre outros. Esses fatores que colaboram para tais eventos acabam por favorecer a incidência de máximos picos de vazões e cheias nos rios, deterioração da qualidade da água e prejuízos ao patrimônio público e privado.

Ainda em conformidade com Tucci (2003), inundações em áreas ribeirinhas ocorrem em regiões envolvidas por bacias médias e grandes com áreas superiores a 100 km<sup>2</sup> enquanto inundações por causa da urbanização ocorrem em bacias pequenas (área inferior a 100 km<sup>2</sup>).

### 2.3 MEDIDAS DE CONTROLE

As medidas utilizadas que visam corrigir e/ou prevenir consequências causadas pelas chuvas excedentes, são classificadas de acordo com sua natureza em medidas estruturais e não estruturais.

São classificadas em medidas estruturais aquelas correspondentes a obras implantadas que tenham como objetivo a prevenção ou correção dos impasses decorrentes de enchentes e alagamentos. As mesmas podem ser subdivididas em intensivas e extensivas.

De acordo com Macedo (2004) as medidas estruturais intensivas são aquelas que agem diretamente nos cursos d'água, através da construção de estruturas como diques, muros de contenção, reservatórios de acumulação e retardamento, canais de desvios e obras de engenharia modificadoras da morfologia do curso d'água, e têm como objetivo alterar a configuração natural de escoamento do curso d'água, seja pela aceleração, retardamento e desvio do escoamento, atenuando assim os efeitos de uma enchente em determinadas áreas.

Em se tratando de medidas estruturais extensivas, Tucci (1993) diz que as mesmas agem na bacia modificando as relações entre precipitação e vazão, fazendo com que através de medidas físicas diretas na bacia possam reduzir o coeficiente de escoamento e diminuir os efeitos da erosão e, como consequência, a diminuição dos riscos de enchentes. Tucci (1993) também menciona que essas medidas extensivas são, na maioria das vezes inviáveis para bacias médias e grandes, sendo geralmente aplicáveis para pequenas bacias. Como medidas extensivas podem ser citados vários exemplos, como: o controle da cobertura vegetal, obras de microdrenagem, obras (dispositivos) que aumentem a capacidade de infiltração e de percolação (pavimentos permeáveis, valas de infiltração, bacias de percolação, dispositivos hidráulicos permeáveis dentre outros), armazenamento (telhados) e o controle da erosão do solo.

Já as medidas não estruturais, são as que visam prevenir os danos causados pelas enchentes através da introdução de normas, regulamentos, e projetos que visam controlar e disciplinar a população do manejo correto e ocupação do solo. Essas medidas, em contrapartida as estruturais, possuem horizontes mais longos de atuação, a custos mais baixos.

De acordo com Andrade (2004) pode-se citar como exemplos de medidas não estruturais: zoneamento das áreas de risco, planejamento do uso do solo, sistemas de previsão

e alerta, seguro contra enchentes, além de projetos de conscientização e educação ambiental junto à população. Infelizmente, no Brasil, essas leis de uso e ocupação do solo, ficam restritas às suas criações, não sendo efetivamente implementadas em função da falta de fiscalização.

O zoneamento é um instrumento amplamente utilizado nos planos diretores, através do qual a cidade é dividida em áreas sobre as quais incidem diretrizes diferenciadas para o uso e a ocupação do solo, especialmente os índices urbanísticos.

Para Andrade (2004), a determinação dos limites destas áreas, no entanto, é feita em função do grau de risco que se assume como aceitável em cada uma delas. Assim, tem-se o conhecimento do grau de vulnerabilidade de cada zona permitindo a elaboração do planejamento de sua ocupação através de diretrizes e normas legais. O zoneamento determina quais áreas podem ser ocupadas, já o planejamento do uso e ocupação diz respeito a como essas áreas devem ser ocupadas.

Da mesma forma, também na categoria das medidas não estruturais, tem-se o sistema de previsão e alerta contra enchentes. Em alguns casos, medidas estruturais representam soluções inviáveis, técnico e/ou econômico, por esse fato o sistema de alerta busca resultados a curto prazo e com níveis de investimentos menores em relação algumas medidas estruturais que por sua vez, requerem investimentos onerosos.

O sistema de alerta facilita as ações preventivas de isolamento ou retirada de pessoas e de bens das áreas suscetíveis a inundações, bem como um possível desvio de tráfego.

Na Austrália, apesar da tempestade de 15 de fevereiro de 2008, com registro de até 900 milímetros (mm) de chuva em um espaço de 24 horas, apenas duas mortes foram registradas graças a um eficiente sistema de alerta, que, quando há previsão de risco de enchentes, avisa aos municípios e membros previamente cadastrados com até um dia de antecedência. (Leonel, 2011)

Para lidar com tal problema no Brasil, órgãos de defesa civil e gestão de recursos hídricos, como a Agência Nacional de Águas (ANA), empregam um conjunto de ferramentas para monitorar o nível e a vazão dos rios e alertar a população para o risco de alagamentos. Esse aparato é composto por pluviômetros, radares meteorológicos, imagens de satélite, modelos numéricos de previsão de chuvas e plataformas de coleta de dados para medição do nível de cursos d'água. Porém, os recursos ainda não são acessíveis a todas as regiões que demandam, pelo seu alto nível de investimento e a carência de técnicos especializados.

De acordo com Tucci & Genz (1995), o controle das enchentes urbanas é um processo constante, que deve ser mantido pela harmonia entre sociedade e poderes (Executivo e Legislativo), visando à redução do custo social e econômico dos impactos, sendo que o

consistente planejamento visa balancear medidas estruturais e não estruturais. O controle não deve ser visto como uma ação isolada, seja no tempo ou no espaço, mas como uma atividade em que a sociedade, como um todo, deve participar de forma contínua.

## 2.4 CONCEITOS QUE COMPÕEM O SISTEMA DE DRENAGEM URBANA

Um sistema de drenagem de águas pluviais é constituído por dispositivos e estruturas de engenharia, que se destinam a retenção, tratamento, e a alocação das águas pluviais para espaços que não apresentam riscos de alagamentos para população. O sistema de drenagem é dimensionado em dois níveis: microdrenagem e macrodrenagem. A separação entre as duas definições nem sempre é a mais simples.

A microdrenagem consiste no recolhimento dos deflúvios através de pequenas e médias galerias. Compõem o sistema de microdrenagem segundo Tucci (2012) as vias, as sarjetas, o meio-fio, as bocas de lobo, os tubos e conexões, os poços de visita e os condutos forçados.

Já a macrodrenagem é composta por medidas estruturais e não estruturais, incluído todo o conjunto de microdrenagem somado aos grandes canais e rios que as recebem. O propósito final é reduzir riscos e prejuízos provocados pelas cheias em grandes áreas, e com período de retorno das chuvas relativamente grandes, entre 25 a 100 anos.

A macrodrenagem busca evitar as enchentes, isto é, por meio da construção de canais, revestido ou não, com maior capacidade de transporte que o canal natural e por meio de reservatórios de amortecimento de ondas de cheias (TUCCI, 2012).

Os tipos de medidas estruturais presentes nas obras de macrodrenagem pode ter como finalidade afastar as cheias, conter e/ou reverter as bacias, ou amortecer o pico das vazões, sendo que neste método são utilizados reservatórios e soleiras.

### 2.4.1 Microdrenagem

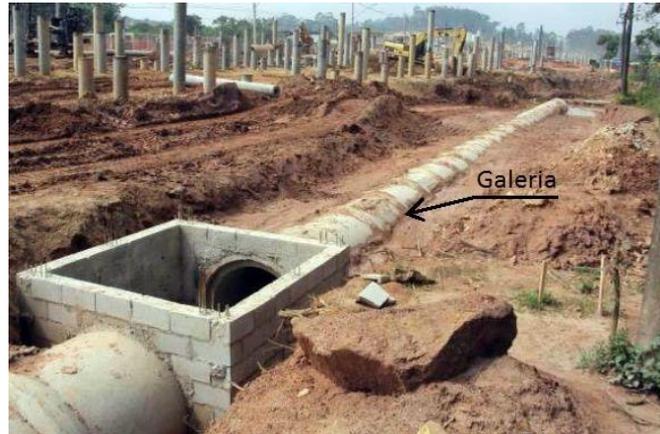
Segundo Tucci (2012), a microdrenagem refere-se as áreas cujo o escoamento natural não é bem definido, sendo, portanto, ocupado por áreas não permeáveis, necessitando de dispositivos compensatórios que leve as águas da chuva até os canais e bacias.

Os principais termos utilizados no dimensionamento de um sistema pluvial de micro drenagem segundo TUCCI (2012) serão conceituados a seguir.

### 2.4.1.1 Galeria

Canalizações públicas usadas para conduzir as águas pluviais provenientes das bocas de lobo e das ligações privadas, como mostrado na Figura 2.

**Figura 2 – Galerias de águas pluviais**

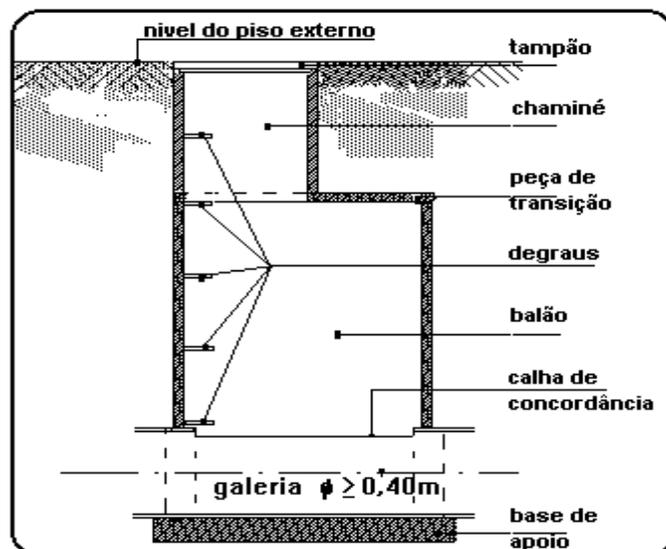


Fonte: CSEMPREITEIRA.COM, (2018)

### 2.4.1.2 Poço de Visita

Dispositivos localizados em pontos convenientes do sistema de galerias para permitirem mudanças de direção, mudança de declividade, mudança de diâmetro e inspeção e limpeza das canalizações. A Figura 3 ilustra seu funcionamento.

**Figura 3 – Poços de visita**



Fonte: UFCG (2014).

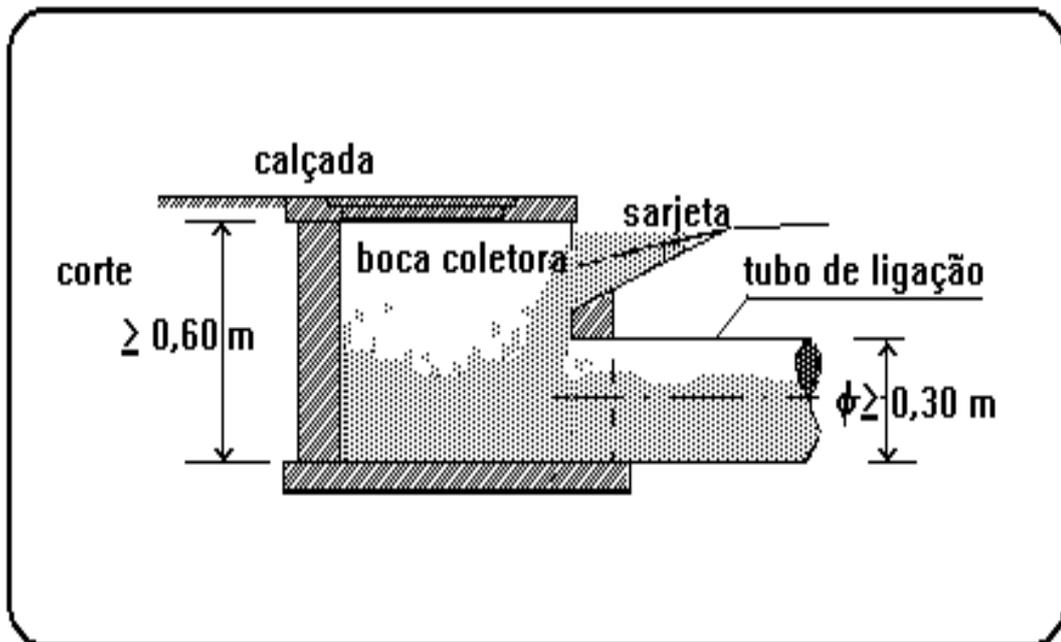
### 2.4.1.3 Trecho

Porção da galeria situada entre dois poços de visita.

### 2.4.1.4 Bocas coletoras

Dispositivos localizados em pontos convenientes, nas sarjetas, para captação das águas pluviais. Em geral, encontra-se sob o passeio ou sob a sarjeta. A Figura 4 ilustra a boca coletora sob passeio.

Figura 4 – Boca coletora sob passeio



Fonte: UFCG (2014).

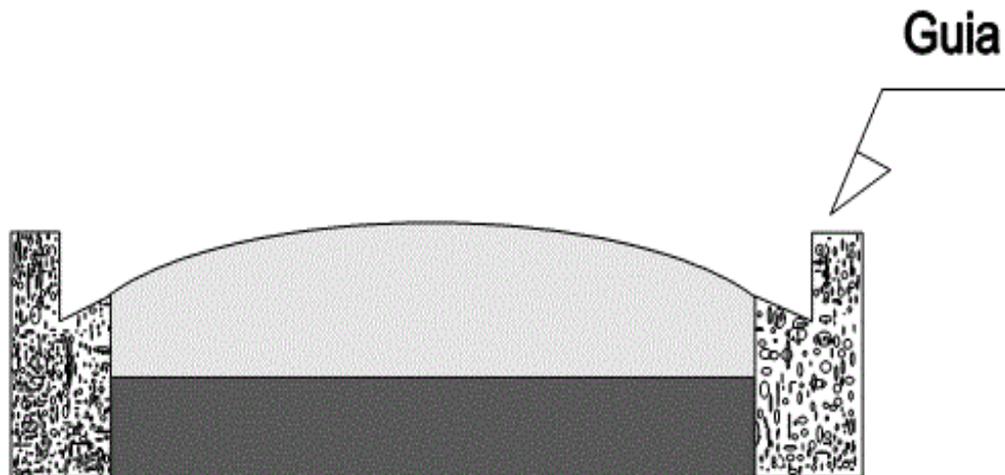
### 2.4.1.5 Tubos de ligação

São tubulações destinadas a conduzir as águas pluviais captadas nas bocas-de-lobo para as galerias ou poços de visita.

### 2.4.1.6 Guia

Elementos de pedra ou concreto colocados entre o passeio e a via pública, paralelamente ao eixo da rua e com sua face superior no mesmo nível do passeio, ilustrado na Figura 5.

Figura 5 – Guia

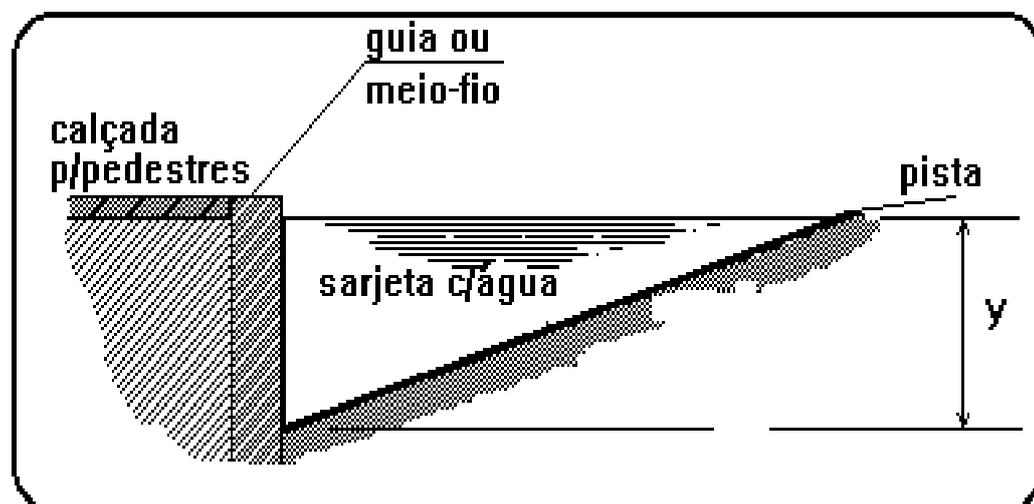


Fonte: UFCG (2014).

#### 2.4.1.7 Sarjetas

Faixas de via pública paralelas e vizinhas ao meio-fio. A calha formada é a receptora das águas pluviais que incidem sobre as vias públicas. (Figura 6)

Figura 6 – Ilustração do funcionamento de uma Sarjeta



Fonte: UFCG (2014).

#### 2.4.1.8 Sarjetões

São calhas localizadas no cruzamento de vias públicas formadas pela sua própria pavimentação e destinadas a orientar o escoamento das águas sobre as sarjetas. A Figura 7 mostra um exemplo de sarjetão.

**Figura 7 – Modelo de Sarjetão**



Fonte: CS EMPREITEIRA DE OBRAS (2018).

#### 2.4.1.9 Conduitos forçados

Obras destinadas à condução das águas superficiais coletadas de maneira segura e eficiente, sem preencher completamente a seção transversal do conduto.

#### 2.4.1.10 Estações de bombeamento

Conjunto de obras e equipamentos destinados a retirar água de um canal de drenagem quando não mais houver condições de escoamento por gravidade, para um outro canal em nível mais elevado ou receptor final da drenagem em estudo.

### 2.4.2 Macrodrenagem

Durante muitos anos foi-se utilizado os modelos tradicionais de drenagem urbana que consistem principalmente em amplificar as redes urbanas de drenagem, de forma a escoar o mais rapidamente possível a água resultante das chuvas para a jusante da bacia hidrográfica. Porém esse modelo comparado a alguns outros existentes, encontrava-se defasado em algumas questões, como por exemplo diz Canholi (2004), que essas soluções adotadas apenas transfere o problema de falta de espaço natural para a jusante.

A macrodrenagem consiste no escoamento de fundos de vale, que em sua maioria são bem delineados, ainda que não possuam um curso de água perene. Tais bacias possuem no mínimo 5 km<sup>2</sup> de delimitação.

Anexado à macrodrenagem estão algumas ações que podem ser aplicadas para a obtenção de soluções originais, e para a exposição de possibilidades inovadoras, que buscam reparar os problemas de inundações existentes.

#### 2.4.2.1 Medidas não convencionais

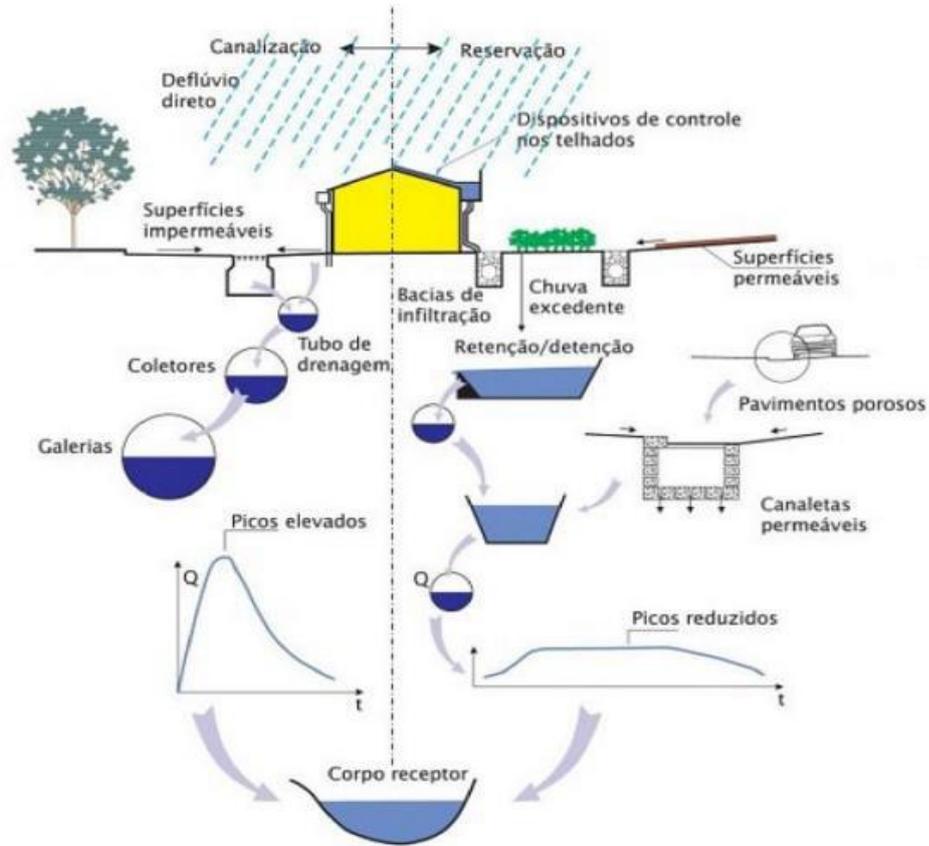
Segundo Canholi (2004), as medidas não convencionais de drenagem urbana podem ser compreendidas como obras, estruturas que ainda não possuem utilização amplamente difundida, mas que, apesar das diferenças, estão associadas ao sistema tradicional de drenagem em busca de harmonização e otimização do sistema em questão.

A fim de adotar a solução mais vantajosa técnica e economicamente, é importante o entendimento de alguns conceitos como a distinção de reservação e canalização, mostrada na Figura 8.

Na canalização os deflúvios são direcionados através do declínio das superfícies impermeáveis para os tubos de drenagem, sendo conduzidos então, as galerias de águas pluviais. No fim da trajetória, como o sistema funciona simultaneamente nas residências e estabelecimentos, em períodos cuja a descarga é maior, os picos de vazante elevam-se, podendo haver falha no sistema de drenagem. Já a reservação difere do mesmo pelo fato de que, antes de chegar ao corpo receptor elas se submetem a processos que amortecem sua vazante, como os dispositivos de controle no telhado, pavimentos permeáveis, bacias de infiltração e outros, que conseqüentemente ao chegar ao seu destino final, encontra-se com picos reduzidos.

O Quadro 1 disponibiliza as principais características que diferem a canalização da reservação. Dentre as que serão mencionadas estão: função, componentes principais, aplicabilidade, impacto nos trechos de jusante (qualidade), manutenção/operação e estudos hidrológicos/hidráulicos.

Figura 8 – Ilustração esquemática dos conceitos reservação e canalização



Fonte: CANHOLI (2005, P.36).

Quadro 1 – Conceito de canalização x conceito de reservação característica

Característica	Canalização	Reservação
Função	Remoção rápida dos escoamentos	Contenção temporária para subsequente liberação
Componentes principais	Canais abertos/galerias	Reservatórios a superfície livre; Reservatórios subterrâneos Retenção superficial
Aplicabilidade	Instalação em áreas novas Construção por fases Ampliação de capacidade pode se tornar difícil (centros urbanos)	Áreas novas (em implantação) Construção por fases Áreas existentes (à superfície ou subterrâneas)
Impacto nos trechos de jusante (qualidade)	Aumenta significativamente os picos das enchentes em relação à condição anterior Maiores obras nos sistemas de jusante	Áreas novas: podem ser dimensionadas para impacto zero (Legislação EUA) Reabilitação de sistemas podem tornar vazões a jusante compatíveis com capacidade disponível

Característica	Canalização	Reservação
Impacto nos trechos de jusante (qualidade)	Transporta para o corpo receptor toda carga poluente afluente	Facilita remoção de material flutuante por concentração em áreas de recirculação dos reservatórios e dos sólidos em suspensão, pelo processo natural de decantação
Manutenção/operação	Manutenção em geral pouco frequente (pode ocorrer excesso de assoreamento e de lixo) Manutenção nas galerias é difícil (condições de acesso)	Necessária limpeza periódica Necessária fiscalização Sistemas de bombeamento requerem operação/manutenção Desinfecção eventual de insetos
Estudos hidrológicos/hidráulicos	Requer definição dos picos de enchente	Requer definição dos hidrogramas (volumes das enchentes)

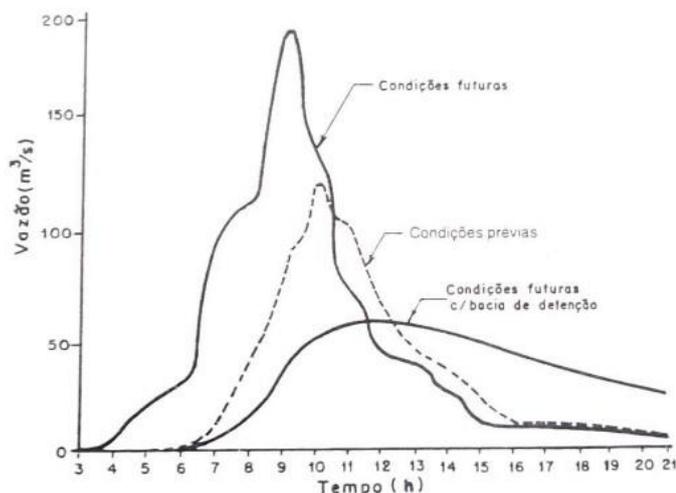
Fonte: CANHOLI (2004, P.40).

#### 2.4.2.1.1 Detenção do escoamento

Trata-se de obras e/ou dispositivos empregados de modo a viabilizar a reclusão das águas pluviais. O propósito primordial dessa medida é limitar os chamados pico das enchentes através da retenção de uma parte do volume de água pluvial. Contudo, essas obras têm sido também destinadas ao lazer, e em alguns lugares como forma de garantir o controle da qualidade da água.

Para a maior compreensão de um reservatório de detenção, Tucci (2000, P.389) demonstra através da Figura 9 o efeito deste sobre um hidrograma de cheia.

**Figura 9 – Hidrogramas típicos de bacias de detenção**



Fonte: TUCCI (2000).

As obras e dispositivos citados, podem ser categorizados em dois conjuntos conforme o posicionamento dos mesmos no sistema de drenagem: contenção na fonte e contenção a jusante.

### **Na fonte**

São dispositivos (reservatórios) de dimensões reduzidas e de efeito localizado, ou seja, são posicionados em locais próximos à formação dos escoamentos. Dentre as principais vantagens do uso desses recursos pode-se salienta a redução dos custos devido a sobrecarga menor da área a ser contida, porém os custos de operação e correções de problemas podem se tornar maiores devido o aumento das unidades. São constituídos de recursos que auxiliam na percolação e infiltração. Estes podem ter a função de controle de entrada, limitando as águas pluviais de adentrarem na rede de drenagem, como válvulas no telhado ou detenção no local: pequenos reservatórios temporários no local.

### **Na Jusante**

São operações que buscam a retenção do escoamento a jusante das frações mais consideráveis da bacia, sendo representadas pela construção de reservatórios. Como principal fator favorável à construção está a redução de custos na edificação bem como na manutenção e operação dos reservatórios. Em contrapartida, pode-se encontrar objeções por parte da população bem como dificuldade em encontrar locais adequados para implantação.

#### *2.4.2.1.2 Disposição no local*

É caracterizado como uma espécie de acumulação das águas das chuvas através da construção de obras ou dispositivos que possam proporcionar ou enriquecer a infiltração das águas coletadas. Tem como principal finalidade a redução dos volumes das vazões lançados na rede de drenagem, mas acrescido a esse fator pode-se considerar também a recarga de aquíferos e possível reaproveitamento de água.

Para a implantação desse método são necessárias informações a respeito da capacidade de absorção do solo além da profundidade que se encontra a superfície do lençol freático para melhor acomodação das águas que forem sendo drenadas.

## Dispositivos de infiltração

São classificados, conforme mostra o Quadro 2, em dispersivos ou método em poços. Segundo Nakamura (1998) os dispersivos são dispositivos construídos que contribuem para a infiltração da água no solo. Já os métodos em poços são aqueles que contribuem para a recarga do nível subterrâneo pelas águas superficiais.

**Quadro 2 – Classificação geral dos dispositivos de infiltração**

<b>Métodos Dispersivos</b>	<b>Métodos em poços</b>
Superfície de infiltração	–
Valetas de infiltração	Poços de infiltração secos
Lagoas de Infiltração	Poços de infiltração úmidos
Bacias de percolação	–
Pavimento poroso	–

Fonte: CANHOLI (2004, P.40).

- a) bacias de percolação: são dispositivos de percolação que permitem reduzir o escoamento superficial e aumentar a recarga. Tais bacias são construídas por escavação de uma valeta e o preenchimento com brita ou cascalho. O armazenamento advém da porosidade e da percolação. As bacias são construídas para captar a água dos telhados e gerar possibilidades para o escoamento da água. Conforme o tipo de solo, é preciso criar-se maiores condições de drenagem. É usualmente recomendado o uso de matéria impermeabilizante como o geotêxtil, afim de evitar a obstrução dos espaços entre os elementos pelos os resíduos finos. A figura 10 exemplifica um modelo de bacia de percolação.
- b) lagoas de infiltração: conforme exibido na figura 11, são bacias pequenas de detenção construídas com nível de água constante e volume de espera, que auxilia a infiltração pela dilatação do tempo de residência das águas pluviais. (CANHOLI, 2005);
- c) pavimento poroso: é composto de concreto ou asfaltos, dos quais foram retiradas as partículas finas. Mantas têxtil são colocadas entre a base e o pavimento afim de evitar passagem de materiais mais finos. A figura 12 exemplifica um modelo de pavimento poroso.

- d) superfície de infiltração: conforme exemplificado na figura 13, são áreas cobertas por vegetação, pelas quais as águas pluviais infiltram-se de maneira natural na superfície porosa do solo;
- e) valetas de infiltração: são normalmente cobertas de vegetação, sendo na maioria revestidas com gramas. Usualmente são construídas adjacentes a ruas a fim de águas fluviais escoarem para as mesmas. Necessitam de manutenção e limpeza, para restaurar sua capacidade de infiltração. Um modelo de valeta de infiltração se encontra na figura 14.

**Figura 10 – Bacias de percolação (Portland, 2002)**



Fonte: CANHOLI (2005, P.43).

**Figura 11 – Lago de infiltração situado no parque do Ibirapuera – SP**



Fonte: EMBRATUR (2015).

**Figura 12 – Pavimento permeável como exemplo de Contenção na Fonte**



Fonte: CANHOLI (P.43).

**Figura 13 – Superfície de infiltração**



Fonte: REZENDE (2010, P.41).

**Figura 14 – Valetas de Infiltração**



Fonte: CANHOLI (2005, P.42).

### 2.4.2.1.3 Controle de entrada

São dispositivos cuja finalidade é limitar a entrada do volume de água escoada nos sistemas de drenagem para então reservá-las. Os exemplos mais usuais podem ser:

- a) controle em áreas impermeabilizadas: São dispositivos com propósito de aumentar a capacidade de infiltração e podem estar associadas a estruturas que reservem água precipitada. São geralmente utilizados em locais onde existam grandes áreas impermeabilizadas como estacionamentos, praças públicas, entre outros.
- b) controle nos telhados: Conforme cita Canholi (2009), esse procedimento pode ser alcançado através de um sistema de condutores e calhas, ou telhas, que possuem capacidade de armazenamento. Em compensação, são necessários reforços estruturais em obras já existentes devido a sobrecarga que provocam à estrutura;

**Figura 15 – Telhado verde**



Fonte: FERREIRA (2011).

### 2.4.2.2 Detenção a Jusante

Estruturas que possuem o sistema de detenção que visa em sua maioria o controle dos escoamentos da bacia de drenagem. Através da reservação dos deflúvios, tem-se os picos das enchentes amortecidos.

No Brasil, por suas múltiplas finalidades, a obra de detenção a jusante é muito difundida, visto que além de controle das enchentes, ela é também utilizada como revitalização de espaços, e na geração de energia hidrelétrica. Embora essas estruturas possuam como função

principal amortecer as ondas das cheias, elas também podem ser usadas proporcionando a captação de resíduos sólidos da água, melhorando e cooperando para o controle e qualidade da mesma. Canholi (2005) ressalta que espaços dos quais indústrias e esgotos sanitários recebem tratamento, a contaminação através das águas pluviais corresponde o maior porcentual dos corpos receptores.

Canholi (2005) relata também que o controle e qualidade de água proporcionada por obras de detenção, são dispositivos fundamentais para a redução de algumas substâncias tóxicas tais como metais pesados, pesticidas, níveis de fósforo e bactérias, que são levadas para os corpos receptores através das partículas sólidas, contudo a detenção possibilita que tais partículas sejam removidas por decantação.

As obras de reservação podem ser divididas em bacias de retenção e bacias de detenção (TUCCI, 2012). As bacias de detenção como mostra a Figura 16, equivalem a áreas que em períodos de estiagem permanecem secas e são projetadas apenas para manter as águas pluviais num curto período. Já as bacias de retenção, são reservatórios que possuem volume constante para servir a diversas funcionalidades como o abastecimento de água, paisagísticas e/ou recreacionais.

**Figura 16 – Bacia de detenção em Santiago, Chile.**



Fonte: REZENDE (2010, P. 22).

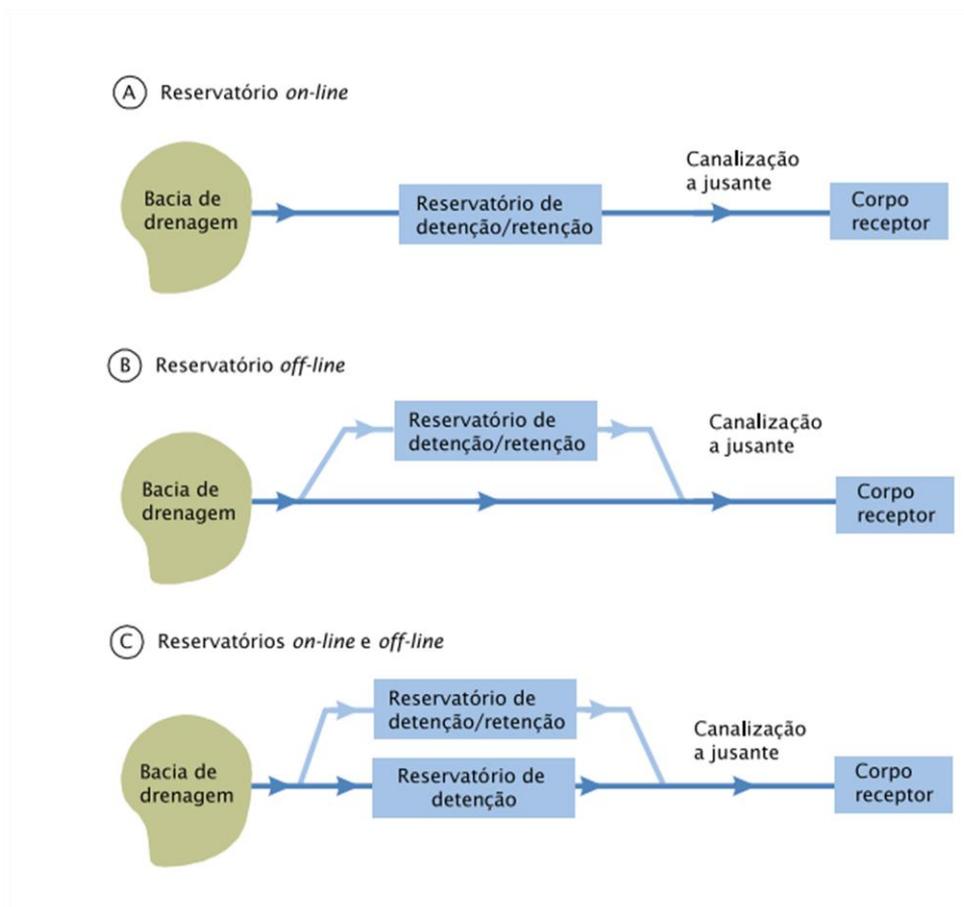
Os principais tipos de obras de reservação, em geral, podem ser subdivididos em reservatórios on-line e off-line como é ilustrado na Figura 17. O reservatório on-line encontra-se na linha principal do sistema de drenagem, com o objetivo final de retardar o sistema, geralmente ele se encontra no nível do córrego. Já em o reservatório off-line situa-se fora do curso principal do sistema, captando apenas o excesso de água pluvial, devolvendo para o

sistema por válvulas controladas ou por bombeamento, após alcançado a atenuação dos picos de vazão.

É possível associar os dois tipos de reservação, sendo muito útil utilizar o reservatório off-line com finalidade de reter resíduos poluentes advindos de lavagem das ruas e edificações, com o reservatório on-line, que atuará recebendo as águas do reservatório off-line já tratadas, e podendo destiná-las a atividades industriais e até domésticas.

A Figura 17 apresenta a associação dos reservatórios online e off-line e sua localização no sistema principal de drenagem.

**Figura 17 – Reservatório on-line e off-line**



Fonte: CANHOLI (2004).

## 2.5 SISTEMAS DE DRENAGEM SUSTENTÁVEL

Na atualidade, com o expressivo avanço tecnológico e intelectual, alguns sistemas tradicionais de drenagens vem sendo descartados para utilização de modelos mais sustentáveis. O Reino Unido, por exemplo, tem empregado práticas conhecidas como Sustainable Drainage Systems - SUDS. O Sistema de Drenagem urbana Sustentável, baseia-se principalmente no

emprego de dispositivos nos locais que colaboram para a correção e prevenção de possíveis alagamentos e enchentes. Canholi (2008) relata que os SUDS tem como tripé a quantidade, qualidade e biodiversidade, as quais devem ser alcançadas com harmonização e equilíbrio. Com a instalação prévia de tais dispositivos, na maioria das vezes, torna-se desnecessário o emprego de sistemas tradicionais.

Esses sistemas são empregados de maneira discreta e em pequenas unidades, com custos relativamente baixos se comparado com os tradicionais sistemas. Os mesmos buscam agir de maneira a manter o cenário natural do escoamento antes da ocupação do terreno.

Em geral as SUDS buscam reduzir a vazão e a taxa de escoamento, reduzir os volumes acrescidos consequentes à urbanização, contribuir para a recarga dos aquíferos, integrar valor na urbanística das cidades e promover uma melhor qualidade das águas, sabendo que através desses dispositivos as águas pluviais não serão lançadas diretamente na bacia, mas serão infiltradas no solo e consequentemente haverá uma redução na concentração de poluentes. Outra característica das SUDS está na diminuição dos volumes lançados para a jusante, tendo em vista que os impactos devem ser contidos o mais perto possível da fonte.

Para que se haja o controle na quantidade, são empregado técnicas como: infiltração, detenção/retenção, captação da água e transporte, como relata Cannholi (2008). Já no controle de qualidade da água captada é realizada a partir da sedimentação, filtração, biodegração, dentre outros.

As SUDS tem como características atribuir aos moradores responsabilidade e uma maior atenção a infraestruturas verdes, fazendo com que um possível problema seja controlado logo na origem. Nos EUA, cidades já vem investindo em incentivos a população com técnicas e manuais para possíveis aplicações nas escolas, empresas e residências. A sociedade é incentivada a contribuir para a proteção das suas bacias hidrográficas com o uso de infraestruturas verdes inovadoras (PHILADELPHIA, 2017).

É importante salientar que as SUDS podem ser empregadas desde pequenos estabelecimentos, como por exemplo um loteamento destinado a garagens, como abranger um possível desenvolvimento urbanístico de uma cidade, fundamentado em uma estrutura verde e orientado a um modelo de drenagem sustentável.

## 2.6 ROTEIRO DE PROJETO EM DRENAGEM URBANA

O roteiro de projeto em drenagem urbana busca orientar o projetista responsável pelas obras de drenagem urbana de modo a mostrar o curso metodológico de tratamento das questões

essenciais que devem ser levados em considerações no projeto incluindo o direcionamento dos documentos necessários à concepção do projeto.

O roteiro de projeto envolve as seguintes etapas de acordo com o manual elaborado pela Prefeitura Municipal de São Paulo (1999):

- a) características físicas da bacia;
- b) concepção de alternativas de arranjo de obras;
- c) dados básicos;
- d) estudos hidrológicos;
- e) projeto hidráulico.

### **2.6.1 Dados básicos**

Nesta etapa o projetista deverá reunir e estruturar os dados que são necessários à elaboração do projeto de drenagem urbana. Essas informações podem ser obtidas através de levantamentos de campo recentes ou através de fatos adquiridos anteriormente.

Os principais dados que devem ser levantados são:

- a) características geológicas da bacia hidrográfica;
- b) dados sobre cobertura vegetal e as devidas condições de ocupação da bacia;
- c) drenagem lateral;
- d) informações do índice pluviométrico na área que delimita a bacia;
- e) informações obtidas por estudos anteriores;
- f) particularidades sobre a faixa de implantação de obras;
- g) planta da bacia de drenagem.

### **2.6.2 Características físicas da bacia**

Essa fase de pesquisa compete ao levantamento de informações da bacia de drenagem que exercem forte influência no processo de cheia que a mesma sofre, tais como:

- a) avaliação sobre a permeabilidade dos solos da região em questão;
- b) características morfológicas da bacia de drenagem;
- c) elementos geológicos da região e dos solos da bacia;
- d) informações a respeito de ocupação regional e cobertura vegetal.

### **2.6.3 Estudos hidrológicos**

Os estudos hidrológicos consistem nas particularidades físicas, topográficas e geográficas das bacias hidrográficas que são essenciais para o melhor entendimento do comportamento hidrológico da bacia em questão como, por exemplo, ocupação do solo, dados pluviométricos, fluviométricos e extensão da área de drenagem. Essas informações obtidas são fundamentais para viabilizar os dados de vazões máximas a serem admitidos para o projeto. Se for necessário dimensionar ou fazer um estudo mais detalhado dos reservatórios de retenção já existentes, podem-se utilizar hidrogramas de cheias.

Os modos de examinar as vazões de projeto podem ser reunidos numa curva utilizando os picos de cheia que podem ser obtidos por meio de cálculos ou através de hidrogramas.

Os pontos centrais a serem examinados são:

- a) análise dos reservatórios de retenção;
- b) cálculo de vazões máximas e/ou hidrogramas de cheias;
- c) chuvas de projeto;
- d) fundamentos de projeto;
- e) levantamento das propriedades particulares das sub-bacias;
- f) subdivisão da bacia em áreas hidrológicamente semelhantes.

### **2.6.4 Concepção de alternativas de arranjo de obras**

Nessa fase devem ser concebidas as disposições das obras que podem ser executadas. Dentre os pontos a serem indagados está a composição em planta dos canais que compõem a bacia hidrográfica. Essa composição, em geral, pode ser imposta pela própria configuração natural do canal a ser canalizado. No caso dos perfis longitudinais a serem projetados, diversas configurações são possíveis devido a restrições já existentes, a localização das afluentes mais determinantes bem como as velocidades máximas permitidas, que podem estar vinculadas aos valores de declividade utilizados ou ao material de revestimento.

Desse modo, os principais tópicos que devem ser desenvolvidos são:

- a) definição do tipo de duto a ser utilizado;
- b) esboço do local em planta;
- c) possibilidades de ordenação dos perfis longitudinais.

### 2.6.5 Projeto hidráulico

O projeto hidráulico compreende o pré-dimensionamento, estudo e correção, se necessário, do desempenho hidráulico de obras especiais, além de reconhecimento de todo o complexo hidráulico considerado de acordo com as circunstâncias e exigências previamente estipuladas.

Os quesitos básicos a serem considerados são:

- a) dimensionamento das seções transversais de projetos de canais;
- b) instauração dos perfis longitudinais das obras;
- c) parâmetros de projeto;
- d) projeto hidráulico dos reservatórios de detenção;
- e) reconhecimento do complexo hidráulico.

### 2.6.6 Documentação do projeto

A documentação de projeto hidráulico a ser desenvolvido deve abranger a estruturação, a exibição e a sistematização de todos os dados levantados que precisam compor a versão já finalizada do projeto.

A documentação essencial ao esquema hidráulico a ser executado compreende os seguintes tópicos:

- a) desenhos de projeto: engloba as seguintes partes:
  - delimitação de estruturas exibindo os métodos construtivos e fases da execução das obras;
  - planta de descrição da geologia da bacia, desenhos de projeto com planta e perfil, entre outros;
  - planta geral (planta de bacia, planta de situação e perfil longitudinal dos cursos d'água principais);
  - planta de ocupação e cobertura vegetal e tipos de solos.
- b) memorial de cálculo: é o documento que é anexo ao projeto e detalha os cálculos realizados na elaboração deste. É de fundamental importância que seja realizado para que possam ser localizados possíveis problemas ou erros nos cálculos realizados. Este arquivo deve ser retratado de forma clara e objetiva, e compete acrescentar gráficos ou ilustrações para acréscimo de informação;

- c) parâmetros técnicos: deve estar de acordo com as Normas Técnicas vigentes, e se for o caso de novidades devem estar bem explicadas e baseadas em estudos laboratoriais. Tais parâmetros devem ser apresentados de forma clara e direta para haver melhor compreensão;
- d) relatório técnico: deve conter apresentação, objetivo do projeto, dados fundamentais, projeto hidráulico, apresentação dos custos, considerações hidrológicas, detalhamento da bacia de drenagem, método de construção e cronograma do progresso das obras.

### 3 ESTUDO DE CASO

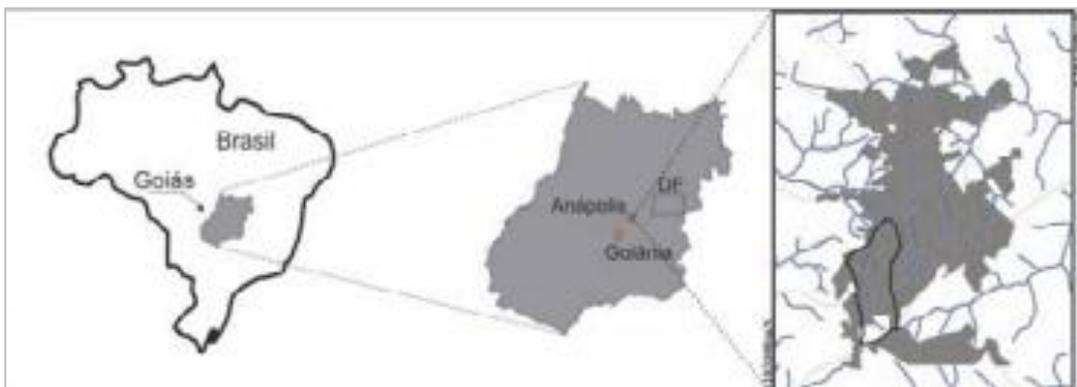
#### 3.1 ASPECTO FÍSICO E LOCALIZAÇÃO DE ANÁPOLIS

Para compreender o fenômeno das inundações em sua dimensão é necessário compreender também como se caracteriza o meio físico. Muitos são os elementos que necessitam de análise quando se procura entender um fenômeno de dimensão socioambiental, como são as inundações.

A caracterização da geomorfologia, da rede de drenagem e do clima, possibilita averiguar até que ponto o meio físico-natural é uma significativa precondição para que ocorram inundações. Já a caracterização do tipo de ocupação dos níveis topográficos e das bacias de drenagem e a incidência dos processos meteorológicos qualificam o conjunto do ambiente urbano e contemplam as dimensões natural-social do fenômeno (CUSTODIO, 2002, P. 63).

É fundamental nesse contexto urbano, fazer um paralelo entre o meio e a ocupação, para buscar causas e consequências das inundações a partir do meio físico e da ocupação. Sendo assim, a localização de Anápolis encontra-se a 54 quilômetros da capital do estado, Goiânia, e a 130 quilômetros do Distrito Federal, Brasília (Figura 18). O município é composto por quatro distritos, sendo eles Joanópolis, Sousânia, Interlândia e Goialândia. A área da região equivale a 918,375 km<sup>2</sup> com população de aproximadamente 331.329 habitantes de acordo com IBGE de 2008. O relevo é composto por terrenos ondulados, com regiões tabulares e convexa plana. O clima de Anápolis é tropical de altitude, variando sua temperatura entre 15° e 30°. O período chuvoso do ano varia entre 19 de agosto a 3 de junho, com máximas entre dezembro e janeiro.

**Figura 18 – Localização de Anápolis**



Fonte: JESUS (2007).

A divisão territorial da cidade de Anápolis é feita segundo o Plano Municipal de Drenagem Urbana (2014) através de Macrozonas onde estas, por sua vez, são grandes unidades territoriais divididas conforme a micro bacia referente aos corpos hídricos, constituindo então cinco Macrozonas, sendo estas: Macrozona do Ribeirão João Leite; Macrozona do Rio das Antas; Macrozona do Rio Piancó; Macrozona do Rio Padre Souza e Macrozona do Rio Caldas.

O município de Anápolis localiza-se entre os divisores de águas das bacias do Paraná e Tocantins, no norte do município encontra-se o ribeirão Padre Souza, na área rural, que drena para o Tocantins, os outros, incluindo também o rio das Antas citado anteriormente, escoam para a bacia do Paraná. No município situam-se as cabeceiras das seguintes bacias hidrográficas: Ribeirão das Antas, sobre a qual percorre a maior extensão no município; Ribeirão João Leite, que abastece Goiânia; Rio Caldas captação para o DAIA; Rio Piancó, abastece Anápolis e Rio Padre Souza, não atinge o perímetro urbano e corre para a Bacia Amazônica (GOIÁS, 2000).

### 3.2 LEVANTAMENTO DE DADOS HISTÓRICOS

A cidade de Anápolis constitui hoje uma das mais importantes cidades do estado de Goiás. O favor desta importância se deu desde o tímido arraial que se formou ao redor da capela Nossa Senhora de Santana, que logo se transformou em Vila, e em seguida cidade. A chegada da rodovia em 1935 foi um dos grandes acontecimentos para fazer de Anápolis um ponto de conexão comercial. Tal evento foi propulsor para que sucedesse mudanças significativas no espaço urbano local. Essas mudanças em si trouxeram um desenvolvimento expressivo em um curto período de tempo, porém se deu sem que houvesse devida atenção para algumas questões, sendo essas o desenvolvimento planejado e o condicionamento sustentável da cidade. Por estas objeções e outras consequentes da ocupação e impermeabilização do solo, temas sobre inundações, alagamentos e enchentes tem-se tornado cada vez mais frequentes nos noticiários locais nos meses mais chuvosos, entre dezembro a janeiro.

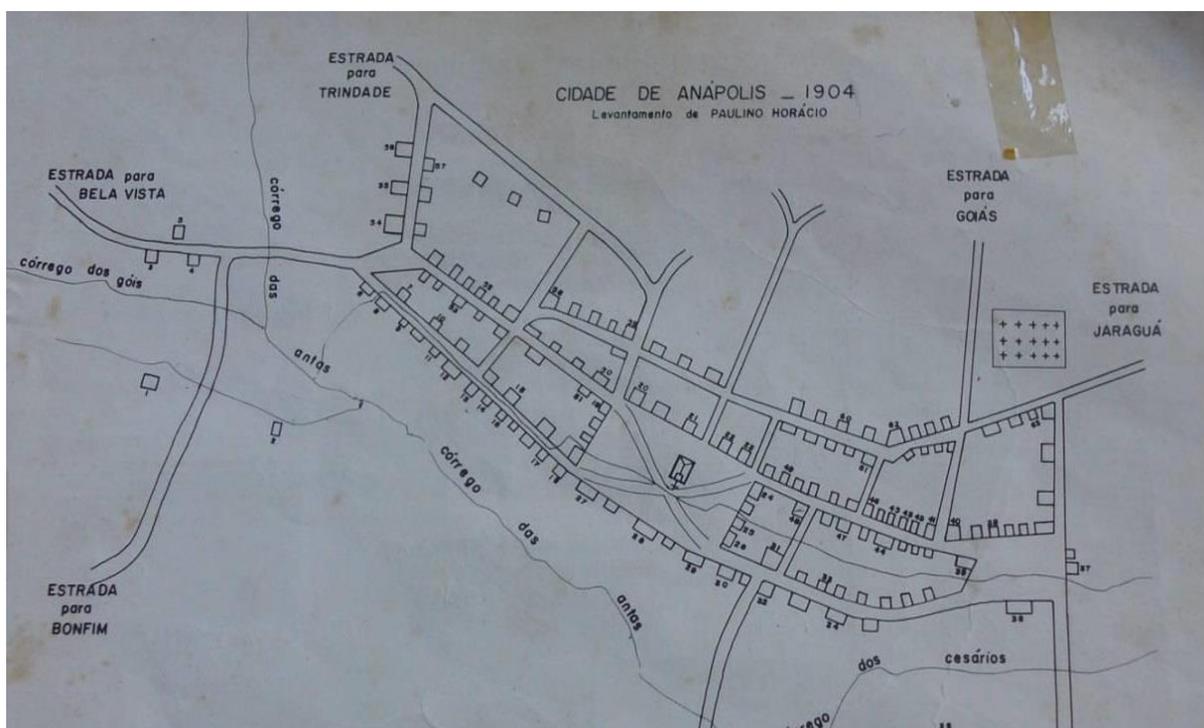
Segundo França (1973, P.647), os primeiros núcleos urbanos que deram origem a cidade de Anápolis concentrou nas primeiras terras à margem esquerda do córrego das Antas, a oeste.

Como cita Faissol (1952, P.48):

A parte mais velha da cidade está no primeiro terraço do córrego das Antas, nas suas cabeceiras, no mesmo local onde os primeiros povoadores se fixaram. Eles ficaram na borda da mata, pois ela representava um obstáculo e não era naquela época objeto de cogitação, como fonte de riqueza. Tanto que o que os atraiu foram os Campos Ricos e não a mata.

No setor central de Anápolis, onde se localiza a área em estudo (Travessa Washington de Carvalho), era conhecido como “ A baixada do córrego das Antas”. No ano de 1904 como mostra a Figura 19, as proximidades do córrego das Antas ainda não havia sido ocupada, ao fato de que nesse período uma parte dessa área era tida como várzea de inundação. Essa região hoje concentra-se os maiores volumes de inundações, ocasionando percas e prejuízos para a população.

**Figura 19 – Planta de Anápolis de 1904**



Fonte: PREFEITURA DE ANÁPOLIS (2018).

A baixada do córrego das Antas por muito tempo foi considerada uma restrição ao crescimento urbano de Anápolis rumo ao leste, visto que a região era várzea sujeita a inundações e que de fato encontrava-se totalmente submersa grande parte do ano. Em seu interior havia uma extensa cobertura vegetal que acompanhava o curso do rio. As demandas da população, buscando o desenvolvimento da parte leste de Anápolis, girava em torno de questões que buscavam urbanizar essa área considerada por muitos desvalorizada.

A baixada propriamente dita era composta pelo córrego e por um brejo que o margeava, revestido de denso matagal povoado por insetos, sapos e serpentes. Animais mortos e lixo eram nela jogados e, ao entrar em decomposição, exalavam odor impróprio a saúde pública. O Matadouro Municipal, também instalado nas suas imediações, contribuía para a ocupação humana. As primeiras iniciativas de urbanização da baixada resumiram-se na abertura de vias públicas e construção de

pontes e aterros para fazer a ligação entre o centro e as moradias que se encontravam a leste da cidade. Apesar das dificuldades, para a época, a baixada foi urbanizada na avenida Miguel João e, posteriormente, na avenida Goiás e na rua Barão do Rio Branco (FREITAS, 1995, P.85).

Freitas (1995) relata que à medida que a urbanização avançava as margens do córrego, seu meio ambiente e o da baixada se degradava progressivamente. A poluição matou a vida nas águas do córrego e em seu perímetro. Dejetos e impurezas eram lançados usualmente e os riscos para a saúde pública aumentaram.

A urbanização do córrego deixou de ser uma opção estética, para fins de lazer e turismo, para se tornar uma necessidade sanitária, a fim de evitar riscos à vida da população. Já em 1961, na gestão de Heli Alves Ferreira, foram iniciados estudos para saneamento do córrego. Em 1963, Anápolis sofreu com as chuvas torrenciais que caíram ao longo do mês de março. O acúmulo de detritos nos bueiros aumentou o fluxo de água em direção à baixada. A cidade sofreu prejuízos materiais e a população ribeirinha viu suas casas e plantações inundadas. Foi, talvez, a maior inundação da baixada, deixando alarmada a população. Por iniciativa do então Vereador, Amador Abdalla, a Câmara Municipal aprovou projeto para a construção do lago das Antas, com objetivo de impedir incidentes de maiores proporções. (FREITAS, 1995, P.85-86).

Freitas (1995) ainda relata que no início de 1964, um levantamento topográfico foi iniciado no local para a construção do lago. A Secretária de Estado de Indústria e Comércio expressou possível interesse em construir o lago, porém deparou-se com empecilhos resultantes da indenização dos terrenos a serem alagados. Terminou aí o projeto do lago das Antas.

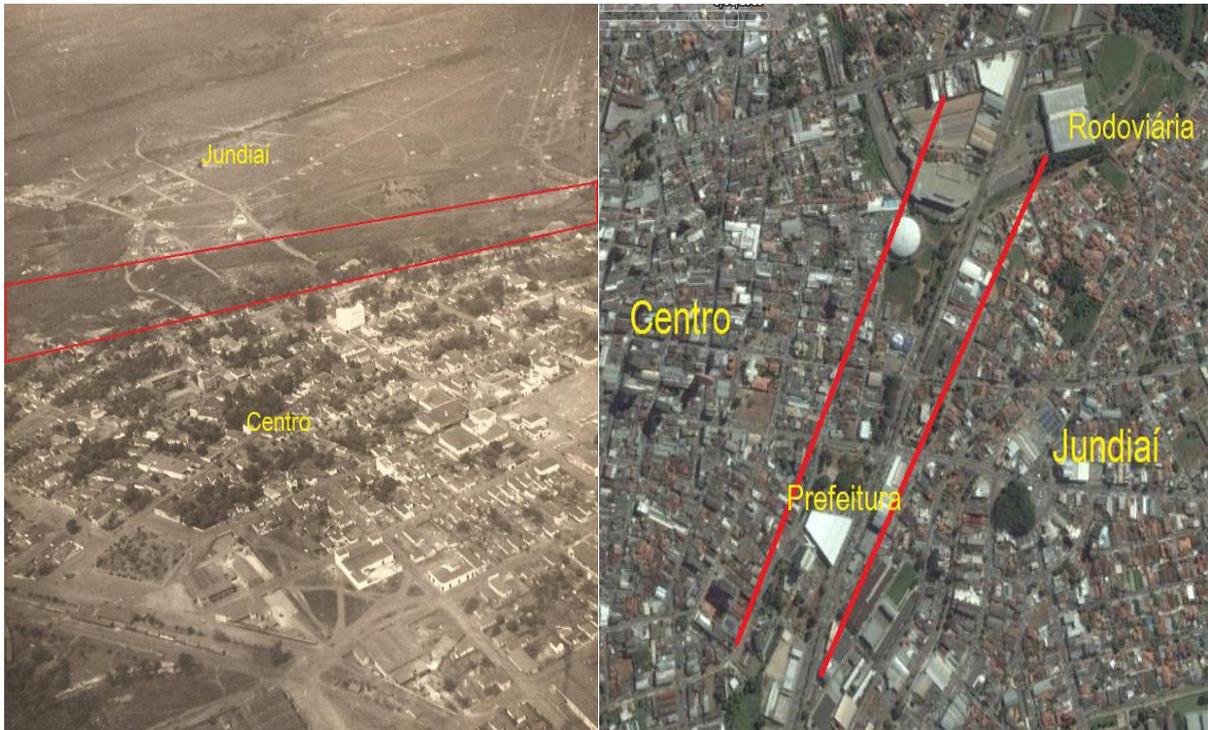
A sonho do lago das Antas não avançou, porém, outras medidas de urbanização da baixada foram adotadas:

Em 1966, na gestão de Raul Balduino, foi firmado um convênio entre a Prefeitura e o departamento Nacional de obras de Saneamento (DNOS), que previa o saneamento do córrego das Antas. De imediato, o DNOS enviou para Anápolis, uma drag-line, máquina que fez o trabalho de limpeza e retificação do córrego. Porém, isso não impediu que a baixada sofresse inundações nos anos seguintes, quase sempre no mês de janeiro, período de maior incidência de chuvas sobre a cidade. Já na gestão de Henrique Antonio Santillo, foi lançado um projeto de urbanização e começaram os serviços, que culminaram com a canalização do trecho mais central do córrego, já na gestão de Eurípedes Barsanulfo Junqueira. As obras realizadas na baixada permitiram a sua ocupação. A construção do Centro Administrativo, concluído em 1982, e da praça do Ancião, em 1983, marcou em definitivo a urbanização do trecho mais central do córrego das Antas. De pântano inóspito ao convívio humano, a baixada transformou-se na área institucional do Município, estando instalados atualmente dentro do seu perímetro, o poder executivo, legislativo e judiciário, além de loteamento, ginásio de esportes, templo religioso e o terminal rodoviário. O processo de urbanização, contudo, ainda continua. Com o crescimento populacional e a expansão de loteamentos, é cada vez maior a área do córrego das Antas localizada em setores habitados. Com isso, a sua urbanização, concluída apenas em parte da área central do perímetro urbano, precisa ser expandida para se proteger o córrego e a população (FREITAS, 1995, P. 86).

Embora para a época a urbanização da baixada do córrego das Antas expressava avanços em todos aspectos sociais, com apoio de toda a população e em especial a do próprio

autor que cita com reverência a transformação da baixada, “De pântano inóspito ao convívio humano” (Freitas, 1995), tal modificação teve seus reflexos e esses perpetuam até os dias de hoje. Apreciar o “brejo” urbanizado satisfaz a população e deu a Anápolis uma “cara moderna”, porém não modificou a finalidade natural da baixada, a qual era e continua sendo receber as águas do córrego das Antas em períodos de inundação. Freitas (1995) relata que em novembro de 1983 ocorreu uma enchente na baixada das Antas, advinda das fortes chuvas que caem sobre a cidade, e a mesma deixou incontáveis danos materiais. Na Figura 20 mostra a baixada em 1948 e a transformação urbana nos dias atuais. Na parte inferior da Figura 20 tem-se o centro da cidade, e na parte superior o Jundiá em 1948. Entre a cidade e o novo bairro está a “Baixada das Antas”.

**Figura 20 – Vista aérea de Anápolis em 1948 e a “Baixada das Antas” nos dias atuais.**



Fonte: ACERVO ARQUIVO DA PÁGINA "ANÁPOLIS NA REDE" (2018).

Em 12 de novembro de 1987 é inaugurada a atual rodoviária (FREITAS, 1995). Também na planície aterrada do rio das Antas. Outras obras também contribuíram para o cenário urbano da baixada, sendo essas: O Fórum e o Ginásio Internacional "Newton de Faria", ambos na área drenada e aterrada. Como resultado de toda essa modificação e ocupação, de acordo com Santos (2005; 2007), essa se tornou a principal área de ocorrência de inundações urbanas em Anápolis até os dias atuais. E é nessa área, na antiga “Baixada do Córrego das Antas” onde se localiza a área em estudo, Travessa Washington de Carvalho.

### 3.3 CARACTERÍSTICAS DA ÁREA DE ESTUDO

A Travessa Washington de Cavalho situa-se na região Central de Anápolis - Goiás, com latitude de 16°19'36.81"S e longitude 48°57'01.55"O. A região localiza-se nas proximidades da Avenida Brasil e Avenida Goiás como mostra a Figura 21. A mesma é composta aproximadamente por 25 edificações, sendo estas residências unifamiliares e pequenos estabelecimentos comerciais.

**Figura 21 – Localização da Travessa Washington de Cavalho**



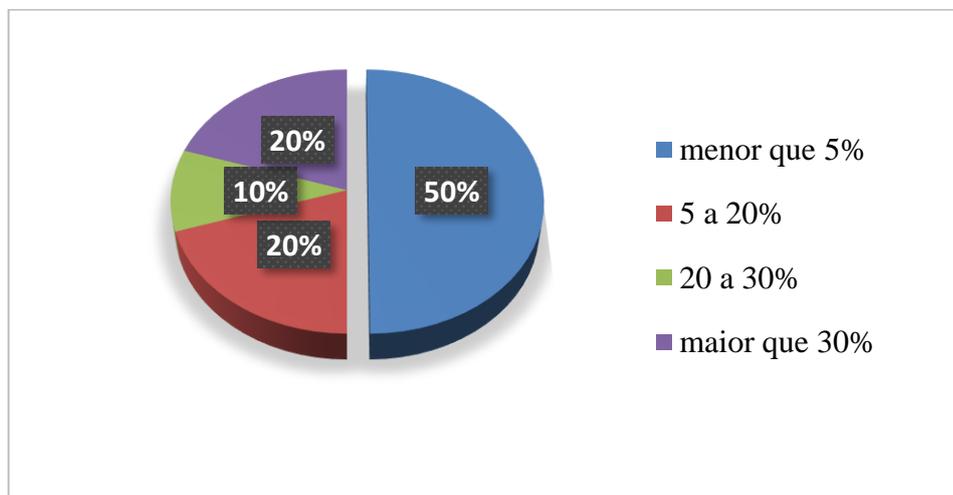
Fonte: GOOGLE CHROME, 2018

Por se localizar no fundo de vale da bacia hidrográfica do Córrego das Antas, alagamentos e inundações são recorrentes nos meses cuja a intensidade pluviométrica eleva-se. Como relata o tópico anterior, essa região se desenvolveu às margens do córrego das Antas, local pelo qual era formado basicamente por extensa vegetação e mata ciliar que se desenvolvia ao decorrer do curso do rio. Porém com a canalização do córrego e a construção da Prefeitura Municipal, a região foi se desenvolvendo e novas residências e comércios começaram a surgir sobrepondo a paisagem anterior. Com a formação de novas edificações e a urbanização local,

as consequências geradas pela impermeabilização da bacia são vistas com grande notoriedade em locais cuja topografia compara-se ao local de estudo, visto que os deflúvios percorrem ruas e calçadas em direção a parte mais baixa da bacia, denominado anteriormente como fundo de vale.

A pesquisa realizada com os moradores e donos de estabelecimentos comerciais, mostraram que a maior parte das edificações locais possuem área de permeabilidade menor que 5% do total da área construída como mostra o Gráfico 1.

**Gráfico 1 – Porcentagem de área permeável nas edificações pesquisadas em m<sup>2</sup>**



Fonte: AUTORES (2018).

Esse fator interfere diretamente nos impasses gerado pelo mesmo, visto que a ausência de dispositivos naturais que contribuam para a infiltração da água da chuva, gera sobrecarga no sistema de drenagem, e este, por sua incompatibilidade na vazão de projeto e a vazão demandada, não opera com a eficiência requerida, e quando opera, encontra alguns impasses como foi observado na área de estudo, a inundação gerada pelo extravasamento do córrego das Antas.

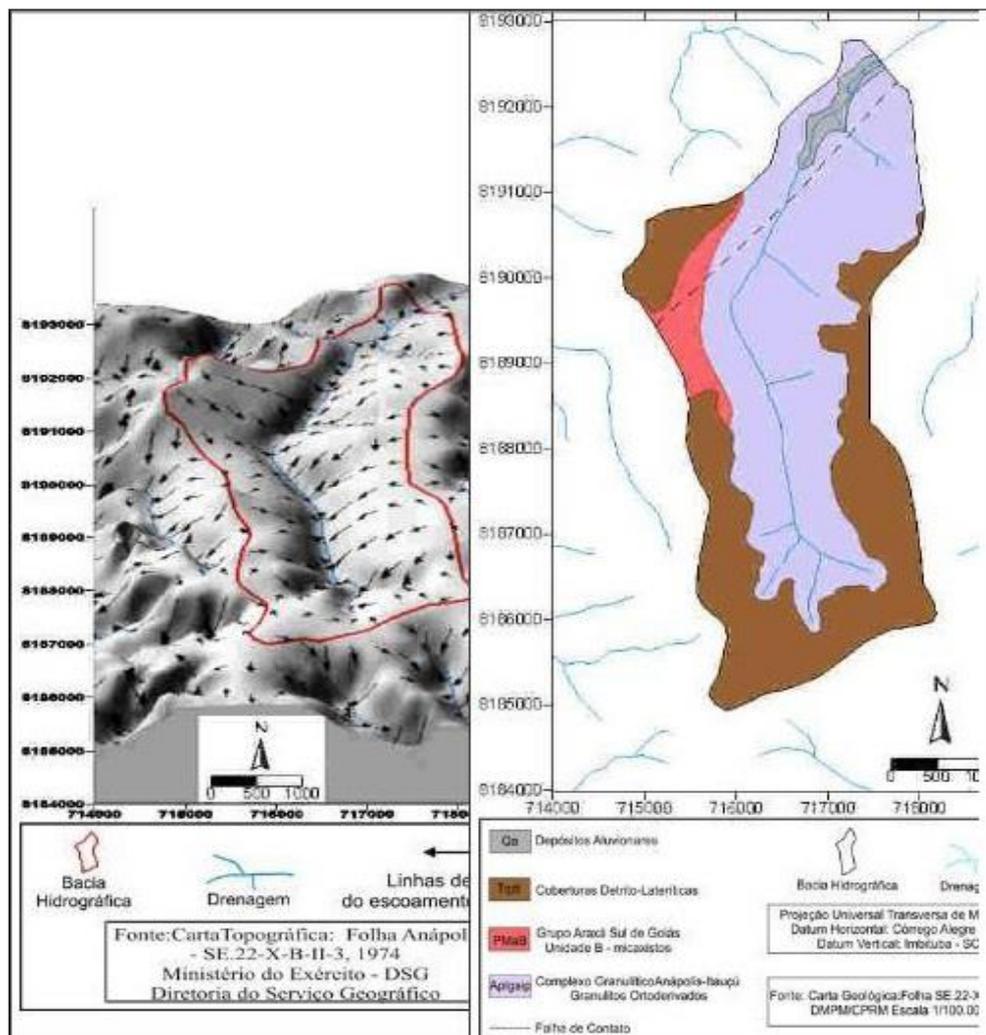
De acordo com Tucci (2007), inundações são eventos naturais oriundos do transbordamento das águas dos rios, riachos e galerias pluviais, que por sua vez saem do leito de escoamento devido a incapacidade de transporte do mesmo, e ocupa áreas utilizadas pela população. Tais eventos são naturais, porém devido a ocupação do solo nas margens dos rios, a capacidade natural de infiltração das águas das chuvas ficam comprometidas, conseqüente do aumento das áreas impermeáveis que causam então os alagamentos. “Os alagamentos ocorrem em áreas planas ou com depressões e fundos de vales, com a decorrência de um escoamento

superficial comprometido pela topografia, pela falta ou insuficiência de um sistema pluvial no ambiente urbano.” (GRILO,1992)

A bacia que integra a área de estudo é uma das que mais possuem pontos de alagamentos. De acordo com os estudos de Jesus (2007), foram encontrados no córrego das Antas sete pontos de alagamento, dois pontos de inundação e dois pontos de eventos paralelo de alagamento e inundação.

O Rio das Antas é afluente na margem esquerda do Rio Corumbá, que por sua vez é afluente do rio Paranaíba derivado do rio Paraná. A área da bacia equivale aproximadamente a 17km<sup>2</sup> e declividade segundo o mapa clinográfico mostrado na Figura 22 não ultrapassa 30% (Plano Diretor de Drenagem Urbana de Anápolis, 2016). A nascente do Rio das Antas localiza-se a 1095 metros de altitude e o ponto mais a jusante situa-se a 985 metros. Segundo Argolo & Giustina (2015) o comprimento total do canal principal equivale a 8,88 km.

**Figura 22 – Mapa Clinográfico da Bacia do Rio das Antas**



Fonte: PLANO DE DRENAGEM URBANA MUNICIPAL (2016).

O canal principal do Córrego das Antas encontra-se em alguns trechos a menos de 30 metros do local de estudo. Nos meses de dezembro, janeiro e março, onde são registrados maiores índices pluviométricos como mostrado na Figura 23, com base em fontes registradas pela estação meteorológica da Base Aérea de Anápolis do ano de 2003 o qual é o representativo padrão climático da cidade, o córrego atinge seu nível máximo, este, por sua vez inunda e alaga todo o seu entorno, em específico a Travessa Washington de Carvalho.

**Figura 23 – Média mensal de precipitação em 2003.**



Fonte: BAAN (2003).

Segundo Canholli (2008) as medidas convencionais de drenagem buscam recolher as águas pluviais e transportá-las para locais que não exponha a população a riscos, contudo, o autor relata que tais medidas em sua maioria, trata o assunto apenas de maneira localizada, ao fato que apenas transfere o problema de espaço natural para a jusante.

O trecho do córrego das Antas situado próximo ao local de estudo recebe diariamente volume considerável de águas advindas dos pontos mais altos aos mais baixos da bacia, até então o canal principal comporta a vazão recebida em períodos de intensidade pluviométrica baixa e média, contudo, nos períodos de fortes chuvas, os volumes recolhidos pelos dispositivos de microdrenagem dos bairros adjacentes, lançam para a jusante o problema, por este fato e por outros que serão aprofundados nos tópicos a seguir, a região é castigada com a inundações da várzea do córrego, e com os alagamentos consequentes à impermeabilização do solo.



É definida pelo Plano Diretor de Anápolis (2016) como área urbana consolidada por definição legal do poder público e existência de no mínimo, quatro dos seguintes equipamentos de infraestrutura urbana como mostra a Figura 25: “Malha viária com canalização de águas pluviais; rede de abastecimento de água; rede de esgoto; distribuição de energia elétrica e iluminação pública e recolhimento de resíduos sólidos urbanos” (Manual técnico de orientação para elaboração de diagnóstico socioambiental, 2016).

**Figura 25 – Equipamentos de infraestrutura urbana na Travessa Washington de Carvalho**



Fonte: GOOGLE EARTH, ALTERADA PELAS AUTORAS (2018)

A área está localizada a 85 metros de um curso d’água, o córrego das Antas. O mesmo percorre grande extensão da cidade e possui outros afluentes no perímetro urbano. De acordo com Alves (2006, 2007) toda área próxima a um curso d’água e áreas com altas clinografias são identificadas como sendo possíveis de risco ambiental. Dessa forma, o autor adota como critério para defini-las: “Áreas localizadas muito próximas (50 metros) e/ ou às margens dos cursos d’água, pois apresentam risco de enchentes e/ou doenças de veiculação hídrica e outras associadas à contaminação da água (Alves , 2006, 2007).”

Nesse sentido, o local em questão não pode ser considerado uma área possível de risco ambiental segundo critérios adotados por Alves (2006, 2007), ao fato que está localizado a exatos 85 metros do curso d’água, porém, baseando-se em eventos que materializam os fatos, em períodos com intensos índices pluviométricos as águas do córrego das Antas transbordam e atingem todo seu perímetro inclusive a Travessa Washington, transportando com ela doenças como Leptospirose, Febre tifoide, Cólera entre outras associadas à contaminação da água. Além

disso, com base na pesquisa quali-quantitativa realizada, os moradores relataram que o esgoto retorna para dentro das edificações em tais períodos, o que agrava ainda mais o risco o qual a população se expõe.

Nas precipitações extremas o fluxo da rede coletora funciona de maneira inversa, levando as águas cinzas e os dejetos recolhidos pelo sistema de esgoto para dentro das edificações por meio de ralos, pias e do vaso sanitário. Em função disso alguns moradores optaram em modificar toda a canalização e utilizar dispositivos que funcionem para reter o esgoto que volta, aplicando válvulas de retenção em todos os pontos possíveis de retorno. A pressão é tamanha na rede de esgoto, segundo informações recolhidas por moradores, que todo o ano quando ocorre alagamentos, o dispositivo mostrado na Figura 26 rompe e jorra para a rua as águas de esgoto recolhidas das residências.

**Figura 26 – Poço de vista de esgoto que segundo os moradores rompe em cenários de alagamentos**



Fonte: GOOGLE EARTH, MODIFICADA PELAS AUTORAS (2018).

Segundo a Lei Federal nº 12.651/2012, conhecida como Código Florestal, expõe ser considerado como APP (áreas de preservação permanente) as áreas protegidas ou não por vegetação nativa, com finalidade ambiental de conservar os recursos hídricos, a paisagem, a proteção do solo dentre outros. Ainda no Código Florestal, em seu Artigo 4º, a APP deve ser verificado:

- I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:
  - a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros

- de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros

Com a modificação, retificação e canalização do Córrego observado, o mesmo, atualmente não entra na categoria dos cursos d'água naturais, ainda assim a finalidade de ambos, naturais e “não naturais” conserva-se a mesma ao se tratar do recolhimento das águas pluviais, e as consequências da não preservação também se mantêm, visto que, embora o trecho que interfere no alagamento da travessa seja considerado uma APP, as normas do código florestal não foram devidamente executadas no processo de urbanização. Sendo assim, conforme dita o Código Florestal sobre as Áreas de Preservação Permanente, as faixas marginais do curso d'água do córrego das Antas deveriam possuir um recuo desde a borda da calha do leito regular de 30 metros, visto que sua largura é inferior a 10 metros, sendo esse recuo composto pela mata ciliar do curso d'água e vegetações que contribua para a manter o cenário natural preservado. Como mostra a Figura 27, o lado direito não possui recuo de 30 metros como especifica o código em virtude da construção da pista da Avenida Brasil e os demais estabelecimentos que se encontram. Já a mata ciliar que deveria compor em abundância o cenário, observa-se a pouca quantidade de vegetação do lado direito, e o solo totalmente exposto desprovido de vegetação à esquerda da Figura 27, o que dificulta ainda mais o processo de infiltração da água da chuva no solo, favorecendo o cenário das inundações.

Os motivos que levam a retificação e/ou canalização de um curso d'água variam, porém na maioria das vezes a principal finalidade consiste em diminuir o espaço ocupado pelo seu leito, afim de abranger mais áreas possíveis de urbanização. Tal processo gera transtornos que poderiam ser evitados, ao fato de que muitas vezes a retificação e/ou canalização segundo Cunha (2007) mudam o padrão de drenagem, reduz em comprimento o canal, alteram a forma do canal (profundidade e largura), diminuem a rugosidade do leito e diminuem o gradiente. E a jusante ocorre o aumento da vazão de pico do rio que gera possíveis inundações. Como exemplo de canalização que usufruiu do total aproveitamento do leito para urbanização, pode-se citar a construção da Prefeitura Municipal de Anápolis sobre o rio das Antas. Intervenção essa que diminuiu o espaço ocupado pelo curso natural d'água, porém aumentou a velocidade do fluxo d'água em trechos com canalização fechada, o que gerou em pontos mais a jusante, inundações e alagamentos.

**Figura 27 – Disposição do local em estudo, da APP, e do córrego das Antas**



Fonte: GOOGLE EARTH, MODIFICADA PELAS AUTORAS (2018)

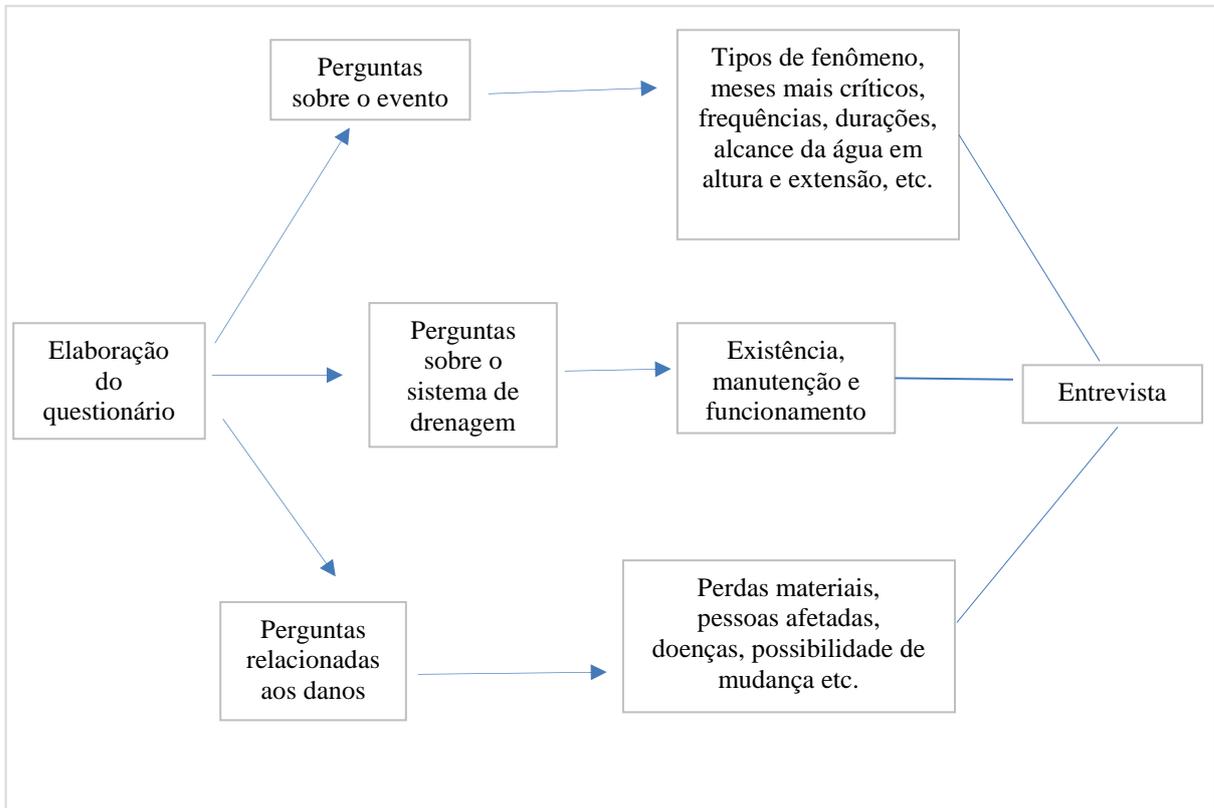
Sendo assim, afim de correlacionar a proposta do trabalho com os aspectos sociais e ambientais do local em estudo, e a saber as características da população juntamente com os meios materiais e imateriais afetados em função das enchentes e alagamentos no local, foi realizado uma pesquisa de caráter exploratório no dia 17 de agosto de 2018, no qual utilizou o procedimento de coleta de dados através de levantamento e estudo de campo, observando questões sociais que dizem respeito ao perfil dos entrevistados, do local em questão, e fatores que segundo a população residente da Travessa Washington de Carvalho contribuem para os problemas enfrentados.

### 3.4 LEVANTAMENTO DE CAMPO

Foi realizado do dia 17 de agosto de 2018 uma pesquisa de caráter quali-quantitativo, no que tange a coleta de dados que caracterize o objeto em estudo, através da aplicação de um questionário composto por 10 questões direcionadas aos moradores e proprietários de estabelecimentos do local. A pesquisa quali-quantitativa buscou recolher informações e analisá-las tanto de maneira estatística quanto subjetiva. A mesma também possui caráter exploratório, visto que buscou familiarizar-se com o fenômeno que está sendo investigado, de modo que a pesquisa posterior possa ser estruturada com uma maior compreensão, entendimento e precisão.

Desta maneira o objetivo foi tratar de questões relacionadas à identificação das pessoas afetadas, a vulnerabilidade do local e levantar informações referentes ao alcance dos eventos no bairro. O Esquema 1 trata de maneira resumida as questões elaboradas para o campo.

**Esquema 1 – Passo a passo do trabalho de campo**



Fonte: ELABORADO PELAS AUTORAS (2018).

### 3.4.1 Elaboração do questionário de campo

Com o objetivo de confirmar as informações sobre os recorrentes alagamentos na Travessa Washington de Carvalho e as consequências do mesmo, foram elaboradas questões de caráter exploratório quanto aos objetivos, e quali-quantitativa quanto a abordagem, para que a partir delas pudessem ser traçadas a real abrangência do problema. Logo, questões relacionadas diretamente e indiretamente aos eventos estão amplificadas no Quadro 3.

**Quadro 3 – Questões retratadas do questionário**

Idade do entrevistado, sexo, número de pessoa que residem na casa, média de renda mensal.	Buscou conhecer as características da amostra estudada
Tempo de moradia no local	Buscou identificar moradores mais antigos para maior confiabilidade dos dados fornecidos
Quais os meses mais críticos em que ocorrem os eventos de inundação, enchente ou alagamento?	Quais os meses que mais costuma acontecer os eventos.
Qual a altura máxima alcançada na moradia afetada?	Qual o nível que a água já atingiu na moradia Afetada.
Já investiu em contenções ou algum tipo de proteções contra alagamentos?	Buscou identificar o nível de investimento da população em algumas medidas para minimizar os efeitos contra os alagamentos
Já sofreu percas materiais nas enchentes?	Para se ter uma ideia dos danos materiais sofridos, do quê e do quanto as pessoas perdem durante os eventos; móveis, veículos, casas, etc.
Das pessoas afetadas na sua família, alguma já ficou doente por causa da água?	Sabe-se que a água dos cursos d'água que transbordam, são altamente contaminadas devido a muitas coisas contidas nela e podem trazer várias doenças e contaminar a população que entra em contato com a mesma.
Informações sobre o terreno, área total, área construída, área permeável	Buscou identificar se as edificações do local estão de acordo com as leis municipais referentes as quantidade de área de permeabilidade mínima e se dispõe de poço de recarga
Perspectiva de investimento do poder público	Buscou saber se a população espera que o cenário mude através de novos investimentos do poder público
Existem sistemas de drenagem no local? Se sim, há manutenção adequada?	Para conhecimento da existência ou não de coletores de água da chuva, e da manutenção periódica do mesmo

Fonte: ELABORADO PELAS AUTORAS (2018).

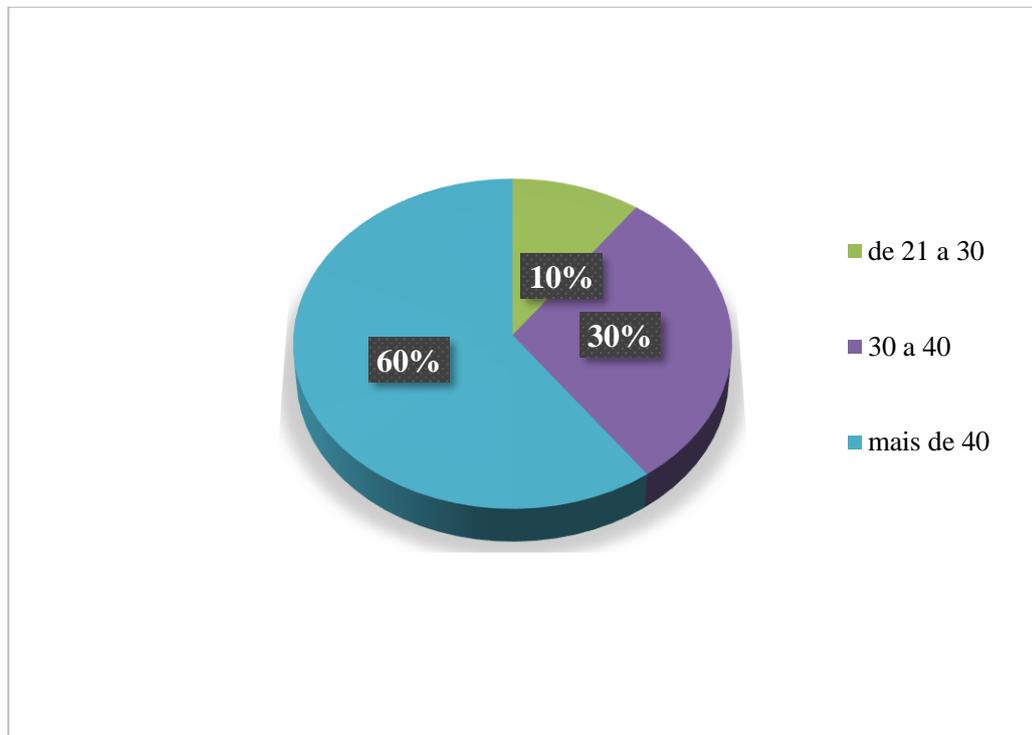
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 RESULTADO DA ENTREVISTA COM MORADORES DO LOCAL EM ESTUDO

Foi aplicado um questionário com 10 moradores e donos de estabelecimentos no local de estudo de um total de 25 edificações, sendo que em 5 delas embora tenham sido observadas a presença de moradores não se obteve resposta; em pelo menos outras 4 observou-se que não havia moradores; 3 pessoas optaram em não participar da pesquisa.

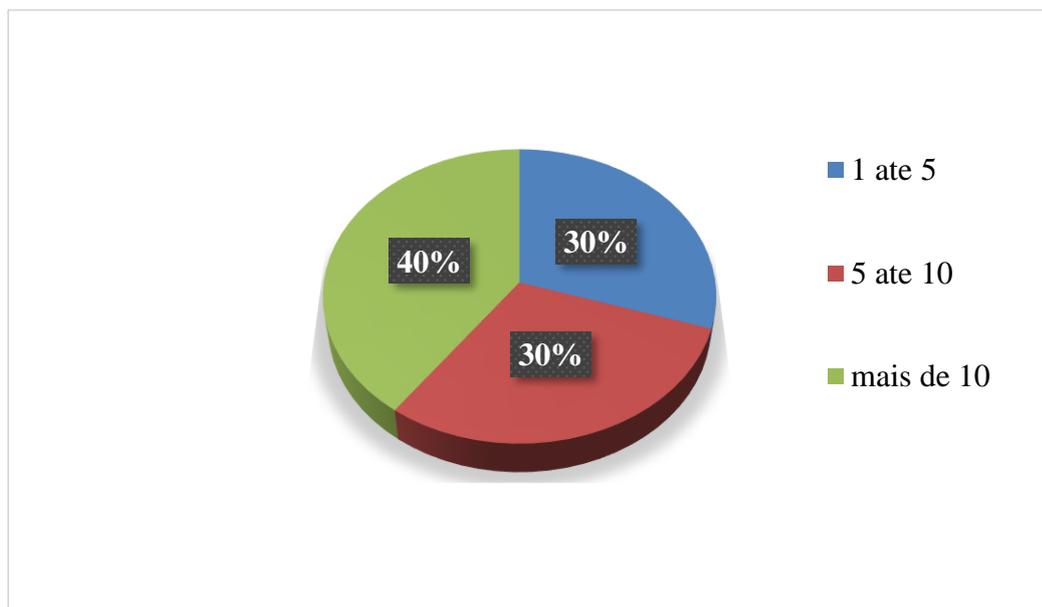
Na pesquisa realizada, 60% dos entrevistados era do sexo feminino e possuíam mais de 40 anos como mostra no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Idade dos entrevistados



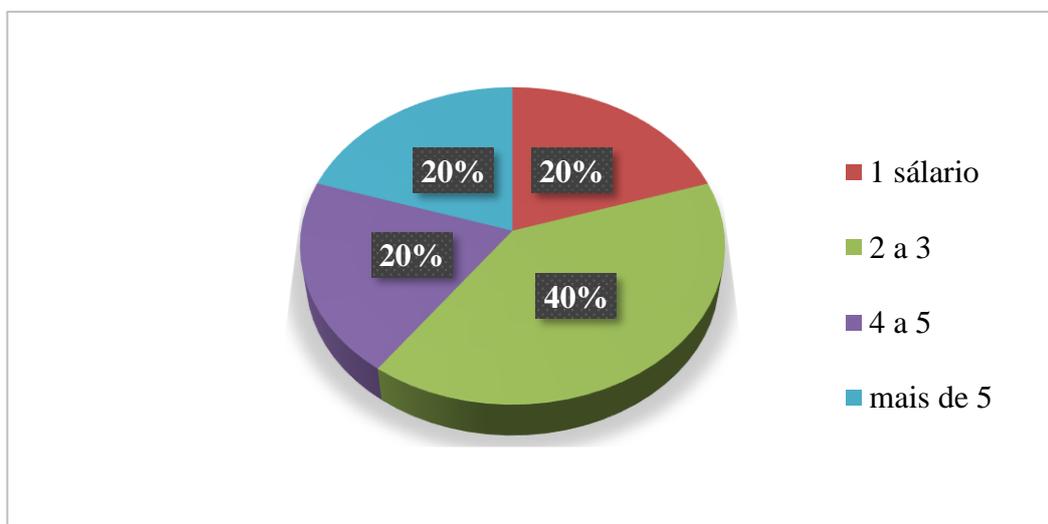
Fonte: AUTORES (2018).

Foi constatado que a maioria dos residentes no local possuem tempo de moradia superior a 10 anos, e muitos deles relataram que os problemas evidenciados no local são antigos e recorrentes todos os anos nos períodos de dezembro a março. O tempo de moradia dos entrevistados no local analisado é questão de grande importância visto que transmite maior confiabilidade para as informações prestadas. O Gráfico 3 fornece o tempo de moradia dos entrevistados.

**Gráfico 3 – Tempo de moradia na Travessa Washington de Carvalho**

Fonte: AUTORES (2018).

A média salarial da população varia, sendo que a maior parte dos entrevistados possuem renda entre 2 a 3 salários mínimos, como pode ser observado no Gráfico 4.

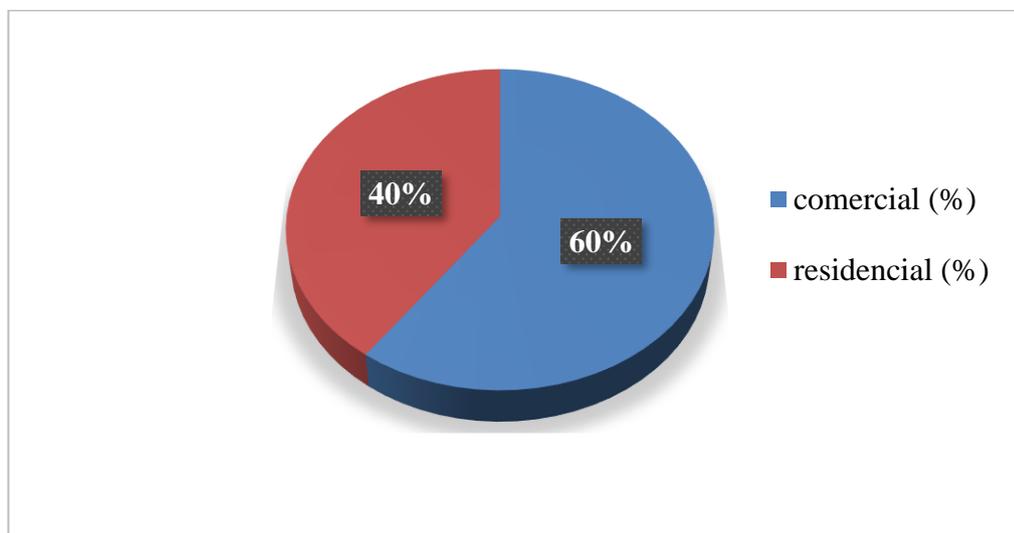
**Gráfico 4 – Média salarial**

Fonte: AUTORES (2018).

A Travessa Washington de Carvalho dispõe de número considerável de estabelecimentos no setor de comércio e na prestação de serviços, como clínicas, restaurantes, lojas de sapatos e roupas, escritório de contabilidade, oficinas e lava-jato, dentre outros. Dentre

o total de entrevistados 60% consistiam em empresas comerciais ou prestadoras de serviços e apenas 40% das edificações são residências como mostra o Gráfico 5.

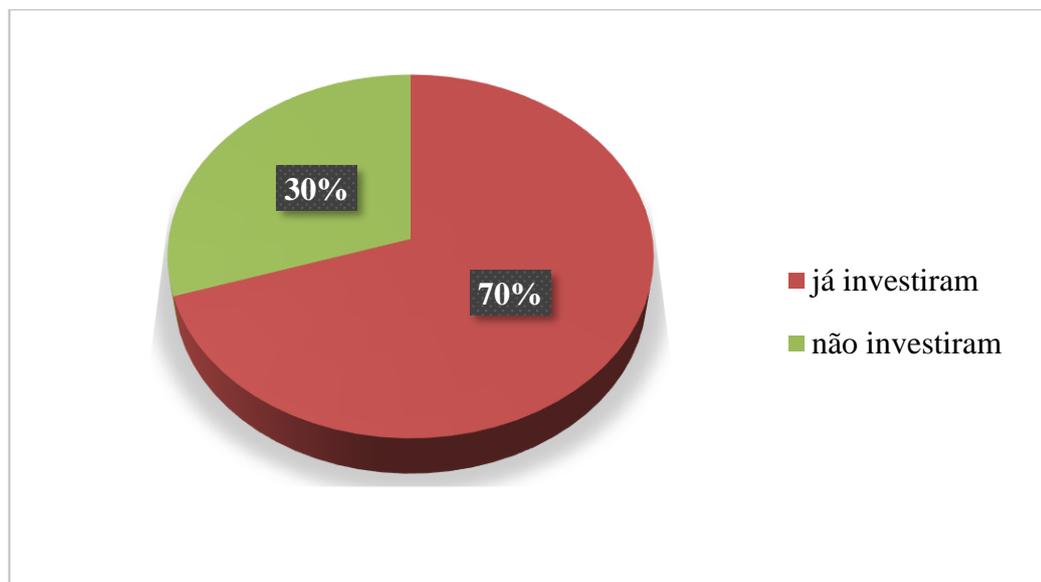
**Gráfico 5 – Tipos de edificações na Travessa Washington de Carvalho**



Fonte: AUTORES (2018).

Ao se fazer a análise para obter as informações quanto o investimento de cada morador em medidas preventivas ou corretivas afim de minimizar os efeitos de alagamentos, inundações e enchentes, constatou-se os seguintes resultados ilustrados pelo Gráfico 6.

**Gráfico 6 – Investimentos em proteções contra alagamentos, enchentes e inundações**



Fonte: AUTORES (2018).

Vale ressaltar que dentre os 30% que disseram não ter realizado nenhum investimento em medidas contra os eventos em questão, 2 deles não são os reais proprietários dos imóveis, e ao se relacionar os fatos obtidos, também foi observado que a maioria desses possuem tempo de moradia entre 1 a 5 anos. Fato esse que indiretamente pode ser correlacionado aos moradores que não assistiram um eventual alagamento, levando-os a não observar tais questões. Porém verificou-se que o nível do terreno construído é bem superior ao da calçada e da rua (Figura 28).

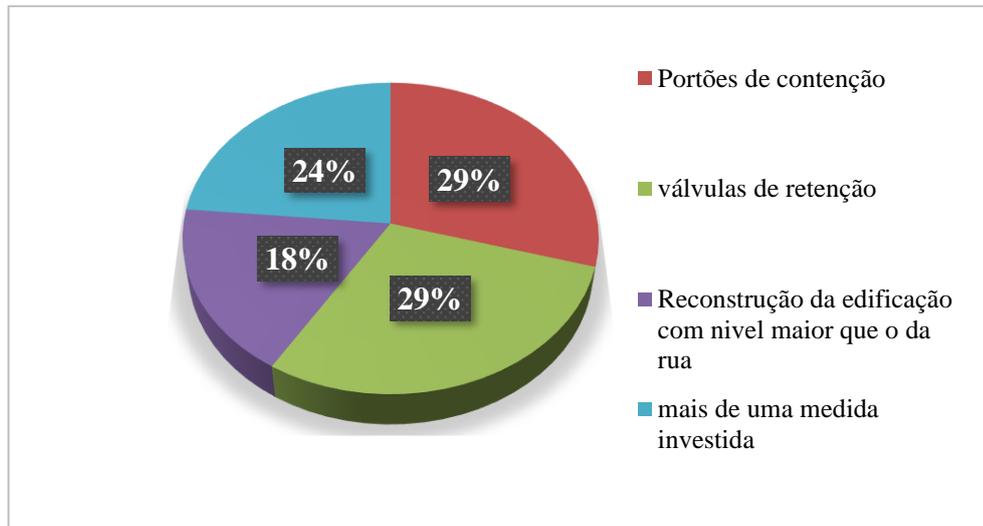
**Figura 28 – Terreno com nível da edificação acima do nível da calçada**



Fonte: AUTORES (2018).

Dos pesquisados que investiram, verificou-se que há grande quantidade de investimentos em portões de contenção, juntamente com a elevação do nível do terreno afim de evitar a entrada das águas da rua em períodos de chuvas extremas na edificação, além do mais, muitos disseram utilizar válvulas de retenção para reter a água do esgoto que retorna através dos ralos, do vaso sanitário, das pias e outros. 24% dos entrevistados adotaram mais de uma medida. Com isso obteve-se os seguintes resultados (Gráfico 7).

**Gráfico 7 – Medidas adotadas contra os eventos de alagamentos, enchentes e inundações**



Fonte: AUTORES (2018).

Grande parte dos entrevistados disseram ter adotado tanto portão de contenção (Figura 29) quanto válvula de retenção para conter a água da chuva. Tal fato se explica da seguinte maneira: quando comportas barram a entrada da água, ela pode subir através da saída de esgoto da casa destinando-se aos ralos. Afim de evitar tal cenário, essa saída deve dispor de uma válvula de contenção/retenção que, ativada pela pressão da água, se fecha.

**Figura 29 – Portões de contenção nas residências**



Fonte: AUTORES (2018).

Em relação as percas materiais, serão abordadas com mais detalhes no tópico a seguir contendo relatos de alguns moradores que tiveram grandes prejuízos em alguns desses eventos citados, totalizando 70% dos entrevistados.

Outra questão que se buscou verificar é a compatibilidade da área de permeabilidade nas residências (abordada no tópico 4.3) com a mínima que dita o Plano Diretor Municipal de Anápolis (2014), visto que a impermeabilização da bacia hidrográfica é um dos principais fatores que corrobora para a não infiltração natural da água no solo gerando pontos de alagamentos e seus derivados.

No mesmo questionário foram adotadas questões de caráter qualitativo, no que busca expressar resultados de modo subjetivo e não estatístico. Em relação a doenças contraídas pela contaminação da água, foi relatado por apenas 1 dos 10 entrevistados uma suspeita de Leptospirose por alguém da família após o contato das águas contaminadas dos alagamentos, porém não foi confirmado.

Quando se mencionou a perspectiva de intervenção do poder público para melhorar a capacidade do sistema de drenagem da rua, todos relataram que em suas buscas para solicitar uma reivindicação não se obteve resposta e nem intervenção com medidas estruturais da prefeitura municipal afim de acabar com o problema. Os moradores relataram a reunião de investimentos particulares (entre os moradores e donos de comércio) afim de adquirir válvulas de retenção (não especificada, possivelmente do tipo flap) para evitar que a água destinada a escoar pelo córrego não voltasse pela tubulação e posteriormente ficasse represada na rua por não ter para onde escoar. A prefeitura nos anos posteriores construiu quebra-molas para abrandar o problema das enchentes, porém não foi vista nenhuma melhoria pelos entrevistados.

Os entrevistados também consentiram entre si a ineficiência do atual sistema de drenagem da Travessa W. Carvalho (Figura 30), e não observaram nenhuma manutenção periódica dos mesmos. Relataram também que nos períodos de inundação, nos pontos mais baixos da rua a água da chuva chega a 1 metro do nível da pista.

**Figura 30 – Bocas coletoras sem manutenção periódica no local em estudo**



Fonte: AUTORES (2018).

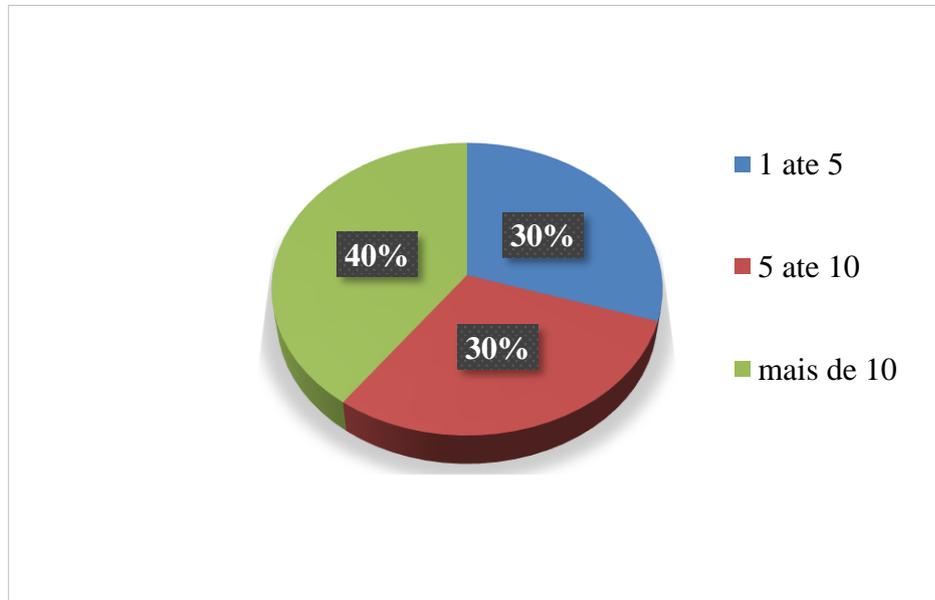
#### 4.2 ANÁLISE DAS PERDAS MATERIAIS

Afim de demonstrar com maior clareza a situação enfrentada pelos moradores e donos de estabelecimentos comerciais da Travessa Washington de Carvalho, foram listados as perdas materiais de maiores proporções.

A pesquisa foi realizada com 10 moradores de diferentes edificações, por meio de questionário conforme o Anexo 1 no dia 17 de agosto de 2018. Dentre os residentes entrevistados, a maioria mora ou trabalha na área há mais de 10 anos (Gráfico 9), e todos afirmaram que os problemas com enchentes, inundações e alagamentos são recorrentes e provocam todos os anos consideráveis perdas materiais aos moradores, comerciantes e prestadores de serviço do local. A dificuldade enfrentada no local acontece no período das chuvas, entre dezembro e março. No passado ocasionou perdas materiais de maiores

proporções, no entanto, as modificações feitas nas edificações e as aplicações de medidas que contenham a água fora das residências, ajudaram a amenizar os efeitos dos acontecimentos.

**Gráfico 8 – Tempo de moradia na Travessa Washington de Carvalho**



Fonte: AUTORES (2018).

O quadro a seguir apresenta os danos sofridos pelos residentes devido às enchentes ao longo do tempo de moradia de cada um. A maior parte das residências visitadas no trabalho de campo possuem comportas nos portões (Figura 31) ou elevamento do nível do terreno em relação ao das calçadas afim de impedir o avanço das águas até o interior das casas.

**Figura 31 – Comporta de contenção**



Fonte: AUTORES (2018).

Segundo o relato de um dos comerciantes do local, uma das maiores cheias vivenciadas aconteceu por volta do ano de 2004, quando as águas inundaram todo o seu estabelecimento comercial ocasionando toda a perda de produtos. O prejuízo foi avaliado em R\$ 200.000,00 e foram necessários 10 anos para que o processo conduzido pelo comerciante diante a Prefeitura fosse concluído e ressarcido em torno da metade desse valor.

Essa não foi a única ocasião em que o residente enfrentou situação semelhante. Em outros momentos houveram danos a carros e toda a parte elétrica do estabelecimento teve que ser trocada em função das águas que atingiram nível suficiente para alcançar as tomadas médias do comércio.

Outro morador da Travessa Washington de Carvalho relatou que sua casa teve de ser reconstruída depois que perdeu muitos dos móveis em uma das enchentes que ocorreu no passado. Foi realizado um aterro no terreno de forma a garantir que a nova casa fosse construída a um nível mais elevado em relação ao da rua afim de evitar tais incidentes.

Outra das ocorrências narradas se trata do prejuízo sofrido por um comerciante proprietário de uma garagem de carros. Ele relata que por muitas vezes foi necessário arcar com os prejuízos causados aos carros de alguns clientes após fortes chuvas que inundaram o local.

Uma proprietária de um escritório de contabilidade também relatou que no ano de 2006 no mês de dezembro sofreu perda de toda documentação do escritório e dos clientes, além de computadores, impressoras, e equipamentos. A Figura 32 retrata o prejuízo.

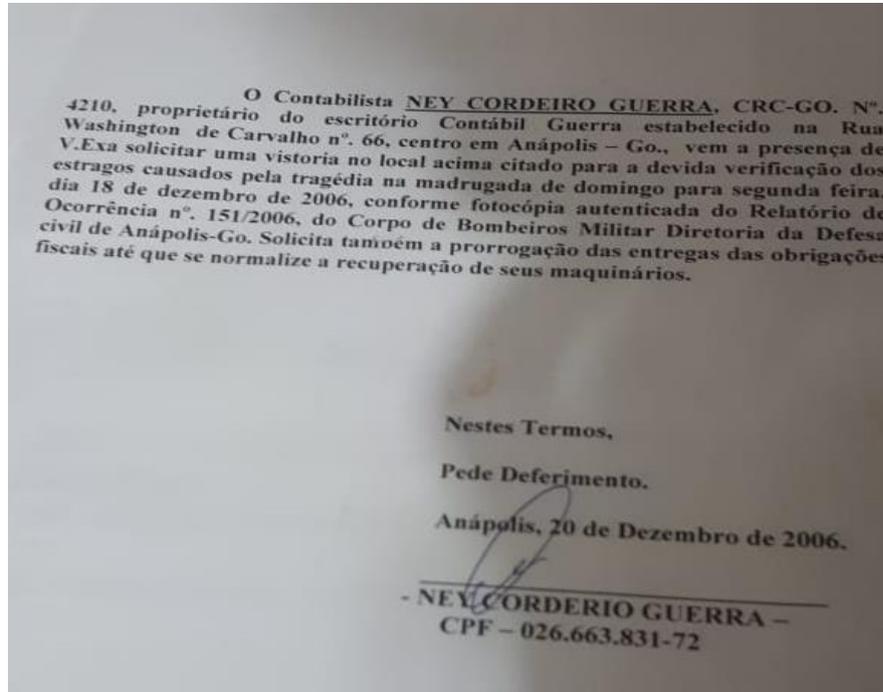
**Figura 32 – Documentação perdida no alagamento de 2006 pelo escritório de contabilidade**



Fonte: ESCRITÓRIO DE CONTABILIDADE GUERRA (2006).

Por conta disso foi necessário registrar ocorrência no corpo de bombeiros e na polícia civil como mostra o arquivo registrado na Figura 33.

**Figura 33 – Registro de ocorrência**



Fonte: ESCRITÓRIO DE CONTABILIDADE GUERRA (2006).

Depois do ocorrido, os registros mostram os moradores descartando computadores atingidos e caminhões da prefeitura retirando o lixo e a sujeira deixada pela enchente (Figura 34).

**Figura 34 – Registros após o nível das águas abaixarem na Travessa W. de Carvalho**



Fonte: ESCRITÓRIO DE CONTABILIDADE GUERRA (2006).

O Quadro 4 expõe os relatos dos entrevistados acerca dos danos materiais sofridos por moradores e donos de comércios.

**Quadro 4 – Danos materiais relatados pelos domiciliados na Travessa Washington de Carvalho**

<b>Moradores</b>	<b>Danos Materiais</b>
1	Nenhum
2	Nenhum
3	Nenhum
4	Mobília
5	Documentação/computares
6	Produtos odontológicos/ Carros/ Instalação Elétrica
7	Refrigeradores
8	Carros
9	Mobília
10	Documentos/ Bolsas de Sangue

Fonte : AUTORES (2018).

No ano de 2014, o IBGE divulgou os resultados obtidos em uma pesquisa realizada em diversos municípios do Brasil sobre desastres naturais entre os anos de 2008 e 2012. De acordo com os dados expostos, 2065 municípios foram atingidos por alagamentos e enxurradas, enquanto 895 municípios sofreram com deslizamentos de terra. Esses números ainda continuam alarmantes. Somente no ano de 2018 já foram registrados vários pontos de alagamentos no Estado de São Paulo, Ceará, Paraná e no Estado de Goiás, incluindo a cidade de Anápolis.

Em consulta ao Jornal Estado de Goiás, em Anápolis existem 53 áreas de risco, sendo no total 32 pontos de alagamento segundo informações da Defesa Civil. Esses dados foram obtidos através de uma investigação promovida pelo Corpo de Bombeiros do Município de Anápolis entre os anos de 2017/2018. Dentre esses pontos de alagamento na cidade, a Travessa Washigton de Carvalho também se destaca como sendo um dos pontos mais castigados devido a frequência que alaga no período das chuvas.

### 4.3 IMPERMEABILIZAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

Bacia hidrográfica segundo o conceito dado por Barrella (2001), é definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas, ou escoam para as partes mais baixas do solo formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático.

No entanto, devido a expansão urbana, as bacias hidrográficas estão cada vez mais sujeitas a serem impermeabilizadas com a ocupação do solo por residências, indústrias, centros comerciais, dentre outros. Concernente a tais fatores, afim de proporcionar um equilíbrio sustentável entre dois patamares importantes, urbanização e meio ambiente, as cidades apoiam-se em seus devidos planos diretores para monitorar e regulamentar o avanço territorial.

A Constituição Federal estabelece a formulação de um Plano Diretor para cidades que contenham mais de 20 mil habitantes. O Plano Diretor em si, tem como função promover o adequado ordenamento territorial, assim como pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e a preservação do bem-estar de seus habitantes, consoante ao planejamento e controle do uso do parcelamento e da ocupação do solo, consentidos nas diretrizes da Lei Federal nº 10.257/01 - Estatuto da Cidade. Inserido no Plano Diretor, encontra-se o zoneamento urbano, o qual visa delimitar geograficamente o espaço urbano, separando-o em razão de suas devidas finalidades.

A cidade de Anápolis se divide em cinco Macrozonas conforme o Plano Diretor Municipal (2014), ressalta-se a Macrozona do Rio das Antas, a qual abrange o local em verificação. Inserida na mesma, existem as zonas das quais são agrupadas em consonância a sua finalidade. A Travessa Washington de Carvalho se localiza na Zona Linear do Eixo Brasil Centro – ZLBC. O Plano Diretor Municipal (2014) ainda diz que:

Art. 22. A Zona Linear do Eixo Brasil Centro – ZLBC é aquela onde será incentivado o uso misto, com restrições de densidade e do nível de incomodidade.

A Travessa Washington de Carvalho é composta por edificações de uso misto como cita o artigo 22 do PDM (2014), sendo composta tanto por estabelecimentos comerciais e prestadoras de serviço, quanto residências unifamiliares.

A pesquisa realizada com os moradores e donos de estabelecimentos buscou compreender o nível de discrepância das edificações que compõe o local, em relação ao regimento no que diz respeito a permeabilidade mínima solicitada pelo Plano Diretor Municipal de Anápolis, visto que, para minimizar os efeitos da urbanização, o mesmo busca regulamentar

e normatizar as edificações, afim de preservar parte do solo em cada edificação para a infiltração natural dos deflúvios.

A taxa de permeabilidade é utilizada para identificar no terreno, o percentual da área que não poderá contar com nenhuma modificação ou construção afim de mantê-lo 100% permeável. O PDM (2014) normatiza que as edificações na Zona Linear do Eixo Brasil-Cento, devem promover no mínimo 20% de área permeável, e dispor de poço de recarga ou detenção para armazenar a água da chuva nos terrenos com área superior a 80 m<sup>2</sup> como mostra na Tabela 1.

**Tabela 1 – Índices urbanísticos adicionais – zonas**

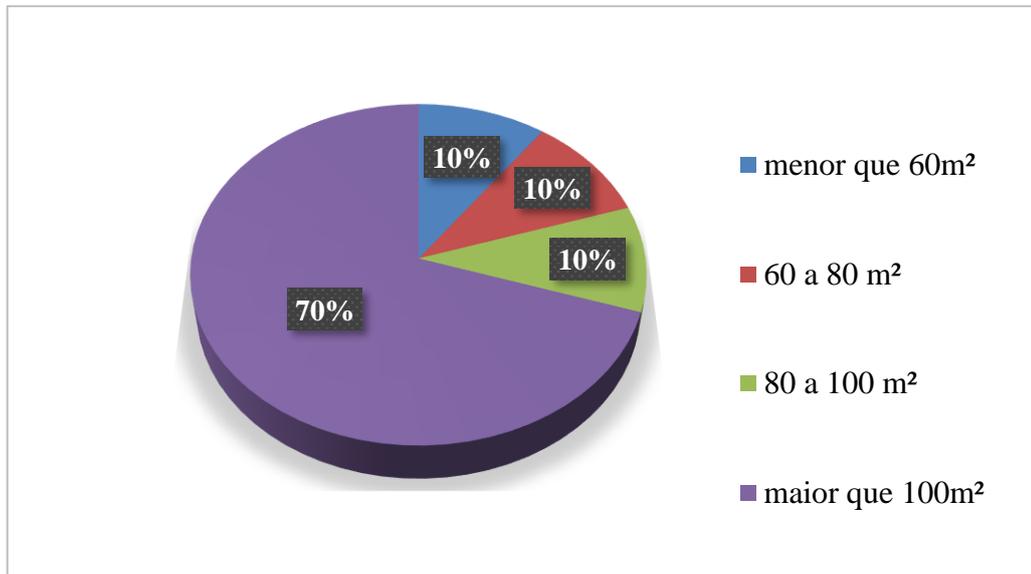
<b>ZONA</b>	<b>ÍNDICE DE PERMEABILIDADE</b>	<b>ÍNDICE DE OCUPAÇÃO</b>
Urbana Mista – ZUM	20% + Poço de recarga ou detenção	70%
Desenvolvimento Econômico – DEZ	30%	50%
Linear Desenvolvimento Econômico – ZLDE	30%	50%
Linear do Eixo Brasil Sul – ZLBS ; Linear do Eixo Brasil Norte – ZLBN**; Linear do Eixo Brasil Centro – ZLBC	20% + Poço de recarga ou detenção	70%
Central – ZC	Poço de recarga ou detenção	100%
Urbana Descontínua	20%	70%
Rural – ZR	60%	30%

Fonte: PLANO DIRETOR MUNICIPAL (2016)

Os resultados obtidos mostraram que todas as edificações visitadas possuem terreno total superior a 100 m<sup>2</sup>. Em relação à análise do terreno construído tem-se o Gráfico 9.

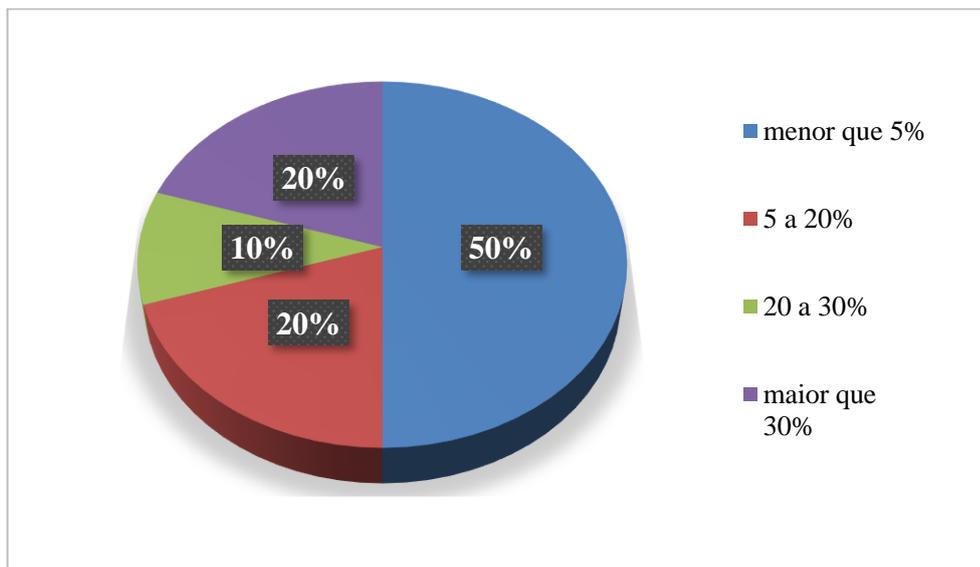
Com referência a área permeável, 50% dos entrevistados relataram dispor de parcela menor que 5% do terreno total da edificação (Gráfico 10).

Gráfico 9 – Área construída



Fonte: AUTORES (2018).

Gráfico 10 – área de permeabilidade em m²



Fonte: AUTORES (2018).

Relativo ao poço de recarga nenhum dos entrevistados dispõem em suas residências ou estabelecimentos.

#### 4.4 CARACTERÍSTICAS TOPOGRÁFICAS

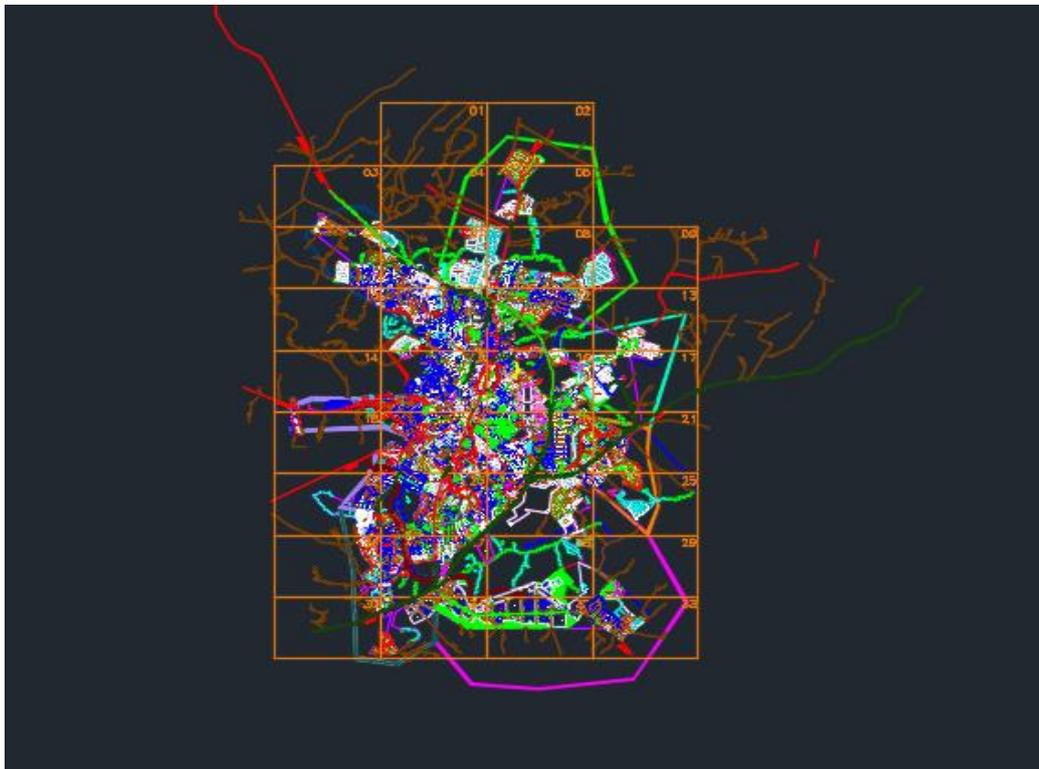
Ao observar quais são as regiões dentro do município de Anápolis que mais são afetadas com sucessivos casos de alagamentos e inundações em períodos chuvosos, é possível

encontrar os locais mais propensos a esses fenômenos, em decorrência das características topográficas e climáticas presentes nos pontos considerados.

O clima do município de Anápolis é do tipo tropical de altitude com média anual de temperatura entre 18°C e 23°C, sendo o período mais frio compreendido entre os meses de maio a setembro podendo atingir temperatura mínima de 6°C, e o mais quente entre outubro e abril com máximas superiores a 25°C. Há duas estações distintas sendo a da seca que coincide com a época mais fria do ano, e a das chuvas que ocorre durante o período mais quente.

Anápolis é conhecida como sendo um dos municípios de maior altitude no Estado de Goiás, sendo ultrapassada apenas pelo Distrito Federal. A cota média da cidade é de 1000 metros e altitude média de 1017 metros. Faz parte do planalto central brasileiro, possuindo relevo ondulado com regiões tabulares amplas e convexas, podendo ser observado no meio urbano a presença dos morros da Capuava e do Cachimbo. O relevo anapolino é moderadamente dissecado com baixo potencial de erosão que são causadas pelas águas das chuvas e rios. Pode ser subdividido em cinco partes, cada um contendo características particulares sobretudo referente ao espaçamento entre rios, à forma e ao potencial erosivo. A Figura 35 demonstra o esquema urbano feito em AutoCad do município de Anápolis, o Anexo A detalha as cotas que foram utilizadas para os cálculos da declividade.

**Figura 35 – Mapa digital da cidade de Anápolis no programa AutoCad**



Fonte: PREFEITURA MUNICIPAL DE ANÁPOLIS

Devido ao relevo de caráter ondulatório da zona que se localiza Anápolis e às frequentes ocorrências de inundações e alagamentos, a Travessa Washington de Carvalho, objeto desse estudo, é um dos pontos de menor cota altimétrica na região. Essa diferença de altitude permite que as águas das chuvas que ocorram na região mais central da cidade escoam e se acumulem nos pontos de altitude menor, evidenciado através da Figura 36 que exibe uma vista da avenida Goiás através de travessa Washington de Carvalho.

**Figura 36 – Vista desigualdade de cota altimétrica entre Av. Goiás e o local de estudo**



Fonte: AUTORES (2018).

Tal fenômeno somado à deficiência do sistema de drenagem urbana provoca as enchentes e inundações. Essa afirmação pode ser exemplificada através da Figura 37 que apresenta o sentido de escoamento das águas das chuvas da área central da cidade através das ruas Aluísio Crispim e Barão do Rio Branco até chegarem à Travessa Washington de Carvalho.

Um outro aspecto que pode contribuir para os casos de alagamentos na rua Washington de Carvalho é o fato dela estar situada numa área de várzea. Em cursos d'água onde ocorre o transbordamento das águas em períodos chuvosos, existe a ocorrência de inundações nas terras adjacentes. As margens de rios, córregos ou lagos que regularmente são inundadas são as chamadas várzeas.

Não há uma definição clara sobre várzea, a penas a Resolução Conama n° 4 de 18 de setembro de 1985: “leito maior sazonal - calha alargada ou maior de um rio, ocupada nos períodos anuais de cheia”. Esse conceito é muito superficial pois define todas as áreas que alagam inclusive as várzeas.

A condição da localização da travessa W. De Carvalho situar-se às margens do córrego da Antas somada a cota altimétrica do local ser menor que outras regiões da área central da cidade de Anápolis, atesta que, possui uma predisposição a ser inundada no período das chuvas.

Como no local não há um eficiente sistema de drenagem pluvial, os casos de inundações e alagamentos continuam a causar prejuízos aos moradores e comerciantes da localidade.

**Figura 37 – Mapa esquemático da Travessa Washington de Carvalho com sentido de escoamento das águas pluviais**



Fonte: GOOGLE EARTH, MODIFICADA PELAS AUTORAS (2018).

Diante dessa situação, pode-se utilizar dos métodos da geomorfologia da área ao redor da rua foco desse estudo como suporte para a explicação do atual cenário. A situação apresentada pode ser provada através do cálculo da declividade do terreno em que se encontra a rua W. De Carvalho e a Rua Barão do Rio Branco. A declividade trata-se da diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre eles. Através de um arquivo obtido com a Prefeitura Municipal de Anápolis obteve-se os seguintes dados, representados na Figura 38:

- a) a cota do ponto considerado na Travessa W. De Carvalho é de cerca de 985 m;
- b) a cota do início da rua Barão do Rio Branco é de 990 m, porém foi considerado o ponto de maior cota altimétrica na rua Barão do Rio Branco que é de 1015 m;
- c) distância entre os dois pontos considerados é de 754 m .

**Figura 38 – Esquema adaptado com cotas e distância entre Ruas Washington de Carvalho e Barão do Rio Branco**



Fonte: GOOGLE EARTH, MODIFICADA PELAS AUTORAS (2018).

O cálculo da declividade é expresso através da Equação 1 expressa abaixo:

$$D = \frac{D_a}{D_h} * 100 \quad (1)$$

Onde:

D = Declividade em %;

D<sub>a</sub> = Diferença de altura entre os pontos considerados;

D<sub>h</sub> = Distância horizontal entre os pontos.

A diferença de cota altimétrica entre os dois pontos adotados é de 30 m. A declividade (D), ou seja, a inclinação entre os pontos considerados é apresentada através do cálculo abaixo:

$$D = \frac{30 \text{ m}}{754 \text{ m}} * 100$$

$$D = 0,04 * 100$$

$$D = 4\%$$

A declividade entre a Rua Barão do Rio Branco e a travessa W. De Carvalho é de aproximadamente 4 %. De modo semelhante calcula-se a inclinação a que a rua Aluísio Crispim está sujeita utilizando dados obtidos por meio do mesmo arquivo que se obteve para o cálculo

da inclinação da rua Barão do Rio Branco. Esses dados estão representados na Figura 39 que mostra os dois pontos da rua que foram considerados.

- a) a cota do ponto considerado na travessa W. De Carvalho é de aproximadamente 985 m;
- b) a cota do início da rua Aluísio Crispim é de 995 m;
- c) distância entre os dois pontos considerados é de 184 m (Figura 39).

**Figura 39– Esquema adaptado com cotas e distância entre Ruas Washington de Carvalho e Aluísio Crispim**



Fonte: GOOGLE EARTH, MODIFICADA PELAS AUTORAS (2018).

A diferença de cota altimétrica entre os pontos admitidos é de 10 m. A declividade (D) entre os pontos adotados está expressa segundo o cálculo abaixo:

$$D = \frac{10 \text{ m}}{184 \text{ m}} * 100$$

$$D = 0,054 * 100$$

$$D = 5,4\%$$

A declividade entre a rua Aluísio Crispim e a travessa W. De Carvalho é de 5,4 %. Através dos resultados obtidos percebe-se que há relação com o grande volume de águas provenientes das chuvas que escoam por estes caminhos até a rua Washington de Carvalho que

não possui infraestrutura adequada para receber e recolher essas águas de forma a evitar que alagamentos ocorram.

#### 4.5 VERIFICAÇÃO DO SISTEMA DE DRENAGEM ATUAL DO LOCAL

Inicialmente, para realizar a verificação do atual sistema de drenagem, foi necessário se dirigir até a Secretária de Obras da Prefeitura Municipal de Anápolis para obter algumas informações.

Pedro Paulo Fonseca Prado, atual diretor da Secretária de obras de Anápolis, relatou que a prefeitura não possui o projeto atual de drenagem do local em seus arquivos, ao fato que a ocupação da Travessa W. De Carvalho é muito antiga, simultaneamente o sistema de drenagem também. O diretor de obras também afirmou que a prefeitura municipal ainda não possui nenhum projeto futuro para o local. Portanto, procurou-se retratar em fotos os dispositivos de microdrenagem que o local dispõe, e ilustrar as possíveis situações do projeto atual.

O local possui oito bocas coletoras do tipo simples com grelha como mostra a Figura 40 (seis grelhas de aço e duas de concreto).

**Figura 40 – Boca coletora do tipo simples com grelha**



Fonte: AUTORES (2018).

Também foi registrado três bocas coletoras do tipo lateral (Figura 41) com 15 cm de altura e 100 cm de comprimento.

**Figura 41 – Boca de loba do tipo lateral**



Fonte: AUTORES (2018).

Algumas bocas coletoras verificadas possuem tampas feitas com concreto, fato esse que dificulta ainda mais a manutenção periódica do sistema como mostra a Figura 42.

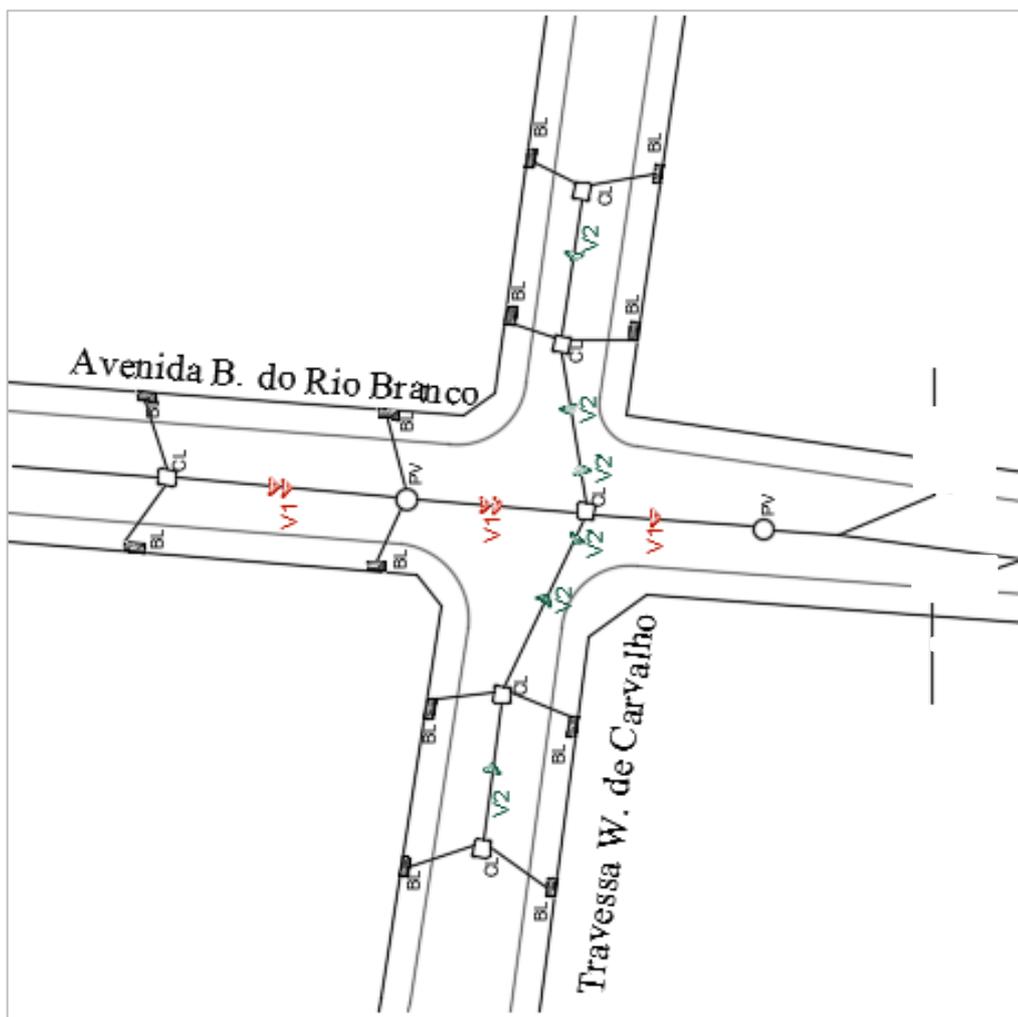
**Figura 42 – Boca coletora com tampa de concreto**



Fonte: AUTORES (2018).

Por se posicionar como um ramal de ligação, o atual sistema encontra alguns impasses em períodos de alta intensidade pluviométrica. A vazão da rede de drenagem da Avenida Barão do Rio Branco desce do ponto mais alto da rua ao mais baixo com alta velocidade ( $v_1$ ) recebendo as águas da Avenida e dos bairros adjacentes. Em função disso, as águas pluviais acumulam-se na conta mais baixa, ou seja, na Travessa W. Carvalho, e a mesma não dispõe de velocidade suficiente para adentrar na rede ( $v_2$ ), retornando ao local de origem ( $v_2'$ ). (Figura 43).

**Figura 43 – Croqui do sistema de drenagem da Travessa W. De Carvalho**



Fonte: ELABORADO PELAS AUTORAS (2018).

Sabe-se que devido ao aumento da ocupação do solo, um sistema de drenagem demanda ainda mais atenção. Pautado nisso, o sistema de drenagem da T. W de Carvalho quando elaborado, não foi projetado para comportar tamanha vazão quanto a que recebe atualmente, visto que a urbanização de décadas atrás não se compara com o crescimento urbano

visto hoje. Portanto foi verificada a vazão superficial local (vazão de projeto) e a vazão que cada boca de lobo recebe, conforme as dimensões verificadas em campo (capacidade de vazão). Foi utilizado o método de equação racional para a verificação da vazão local. Tal método é empregado para bacias de até 2 km<sup>2</sup>. A Equação 2 mostra os resultados que foram obtidos.

$$Q_{loc} = C i A \quad (2)$$

Onde:

$Q_{loc}$  = vazão superficial local (m<sup>3</sup>/s);

C = coeficiente de escoamento superficial;

i = intensidade da chuva (m/s);

A = área da bacia contribuinte local (m<sup>2</sup>).

Foi adotado 0,83 para o coeficiente de escoamento superficial conforme indica Tucci (2000) para terreno asfaltado. Já para verificação da intensidade de chuva da cidade de Anápolis usou-se a Equação 3.

$$i = \frac{\left( B1 * \left( T^{\alpha + \frac{\beta}{T^\gamma}} \right)^\phi \right)}{(T+c)^b} \quad (3)$$

Onde,  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  são parâmetros regionais constantes e que dependem apenas do período de retorno;

B1, b, c = parâmetros que descrevem características locais;

i = intensidade máxima de chuva (mm/min);

t = duração (min);

T = período de retorno (ano);

$\alpha$  = 0,14710;

$\beta$  = 0,22;

$\gamma$  = 0,09;

$\delta$  = 0,62740.

Os parâmetros locais foram obtidos através do manual da UNB - Águas Pluviais Urbanas – Curso Básico de Hidrologia Urbana (2007, p.18), mostrado na Tabela 2:

**Tabela 2 – Parâmetros Locais das Equações de Chuva**

Nº	Estação	UF	Coordenadas		Parâmetros locais		
			Latitude	Longitude	B	C	B1
11	Anápolis	GO	16°19'	48°57'	0,92278	20,91	42,4964

Fonte: CURSO BÁSICO DE HIDROLOGIA URBANA (2007)

Portanto obteve-se os seguintes resultados:

$$i = \frac{\left( 42,4964 * \left( 5^{0,14710 + \frac{0,22}{5^5}} \right)^{0,62740} \right)}{(5 + 20,91)^{0,62740}}$$

$$i = 9,133 \times 10^{-5} \frac{m}{h}$$

A Travessa Washington de Carvalho foi dividida em 3 trechos para melhor disposição das bocas coletoras locais. No primeiro trecho localizado antes da rua Aluísio Crispim não foi registrado nenhum dispositivo de microdrenagem, conseqüentemente, a área de contribuição para as bocas coletoras subseqüente (Trecho 2) incluirá a área do trecho 1 acarretando uma sobrecarga no sistema. No trecho 2 obteve-se as seguintes vazões locais para cada bueiro a direita da via (Tabela 3):

**Tabela 3 – Vazão de projeto das bocas coletoras 2º trecho no lado direito**

2º TRECHO		
Boca coletora (direita)	Área de contribuição (m²)	Vazão (L/s)
1	2.581,41	195,69
2	258,39	19,59
3	370,00	28,05
4	510,50	38,70

Fonte: AUTORES (2018).

Ainda no Trecho 2 se obteve os seguintes resultados a esquerda da via (Tabela 4):

**Tabela 4 – Vazão de projeto das bocas coletoras 2° trecho no lado esquerdo**

<b>2° TRECHO</b>		
<b>Boca coletora (esquerda)</b>	<b>Área de contribuição (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Vazão (L/s)</b>
1	465,00	352,50
2	356,00	269,87
3	356,00	269,87
4	1.023,00	775,50

Fonte: AUTORES (2018).

Já no trecho 3, após a Avenida Barão do Rio Branco foi registrado 3 bocas coletoras do tipo lateral sem depressão. A Tabela 5 mostra os valores encontrados na vazão de projeto da boca coletora a direita da via.

**Tabela 5 – Vazão de projeto 3° trecho no lado direito**

<b>3° TRECHO</b>		
<b>Boca coletora (direita)</b>	<b>Área de contribuição (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Vazão (L/s)</b>
1	2599,22	197,04

Fonte: AUTORES (2018).

E as outras duas bocas registradas também no trecho três e sua respectiva vazão são mostradas na Tabela 6.

**Tabela 6 – Vazão de Projeto 3° trecho no lado esquerdo**

<b>3° TRECHO</b>		
<b>Boca coletora (esquerda)</b>	<b>Área de contribuição (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Vazão (L/s)</b>
1	3414,37	258,83
2°	12449,75	943,77

Fonte: AUTORES (2018).

Para encontrar a capacidade de vazão a qual cada dispositivo dispõe segundo as dimensões verificadas em campo (comprimento, largura, altura) foi utilizada a fórmula 4 para bocas de lobo do tipo lateral sem depressão:

$$Q = 1,60 \cdot L \cdot y^{1,5} \quad (4)$$

Onde:

Q= vazão de engolimento (m<sup>3</sup>/s);

L= comprimento da soleira (m);

$y$  = altura de água próxima a abertura da guia (m) sendo  $y \leq h$ .

O valor de  $y$  dever ser  $y \leq h$

Já para as bocas de lobo sem depressão com grelha, o manual de microdrenagem dispõe da fórmula 5:

$$Q_i = 1,66 \cdot P \cdot y^{1,5} \quad (5)$$

Sendo:

$Q_i$  = vazão de engolimento da grelha (m<sup>3</sup>/s);

$P$  = perímetro da boca de lobo (m);

$y$  = altura de água na sarjeta sobre a grelha.

Conforme as medidas obtidas em campo de cada boca coletora, no que tange ao seu comprimento, largura e altura, foi obtidas as seguintes vazões máxima reais mostradas nas tabelas a seguir.

Para o trecho dois, onde estão dispostas 8 bocas de lobo do tipo grelha sem depressão obteve os seguintes resultados em L/s (Tabela 7):

**Tabela 7 – Capacidade da vazão de engolimento no 2° trecho a direita da via**

<b>2° TRECHO</b>			
<b>Boca coletora (direita)</b>	<b>P (m)</b>	<b>y (m)</b>	<b>Qi (L/s)</b>
1	1,37	0,13	106,60
2	1,30	0,13	101,15
3	1,50	0,13	116,71
4	1,48	0,13	115,16

Fonte: AUTORES (2018).

E a esquerda da via, tem-se os dados expressos na Tabela 8:

**Tabela 8 – Capacidade de vazão de engolimento no 2° trecho a esquerda da via**

<b>2° TRECHO</b>			
<b>Boca coletora (esquerda)</b>	<b>P (m)</b>	<b>y (m)</b>	<b>Qi (L/s)</b>
1	1,37	0,13	106,60
2	1,37	0,13	106,60
3	1,44	0,13	112,04
4	1,48	0,13	115,16

Fonte: AUTORES (2018).

Para o terceiro trecho, no qual possui 3 bocas de lobo do tipo lateral sem depressão, se obteve as seguintes vazões (Tabela 9):

**Tabela 9 – Capacidade de vazão de engolimento no 3° trecho a direita da via**

<b>3° TRECHO</b>				
<b>Boca coletora (direita)</b>	<b>L (m)</b>	<b>y (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>Q (L/s)</b>
1	1	0,13	0,15	75,00

Fonte: AUTORES (2018).

Ainda a esquerda da via tem-se:

**Tabela 10 – Capacidade de vazão de engolimento no 3° trecho a esquerda da via**

<b>3° TRECHO</b>				
<b>Boca coletora (esquerda)</b>	<b>L (m)</b>	<b>y (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>Q (L/s)</b>
1	1,00	0,13	0,15	75,00
2	1,00	0,13	0,15	75,00

Fonte: AUTORES (2018).

Portanto, tendo em vista que a vazão de projeto se refere a demanda necessária para o funcionamento do sistema, e que, a capacidade da vazão de engolimento diz respeito a vazão real que cada boca de lobo recebe segundo as dimensões levantadas em campo, a Tabela 11 mostra a comparação de ambas vazões. Se a vazão de projeto (vazão necessária) for menor que a vazão real (vazão suportada) então o funcionamento é eficiente, se não, as bocas coletoras são consideradas ineficientes. Ou seja:

$$Q_{loc} \leq Q_i \quad (6)$$

**Tabela 11 – Comparação entre a vazão de projeto e a vazão de engolimento para trecho 2**

Disposição		Vazão de projeto (L/s)	Vazão real (L/s)	Funcionamento
Trecho 2	Direita	195,69	106,60	ineficiente
		19,59	101,15	eficiente
		28,05	116,71	eficiente
		38,70	115,16	eficiente
	Esquerda	352,50	106,60	ineficiente
		269,87	106,60	ineficiente
		269,87	112,04	ineficiente
		775,50	115,16	ineficiente

Fonte: AUTORES (2018).

Para o trecho 3 tem-se que, (Tabela 12):

**Tabela 12 – Comparação entre a vazão de projeto e a vazão de engolimento para trecho 3**

Disposição		Vazão de projeto (L/s)	Vazão de engolimento (L/s)	Funcionamento
Trecho 3	Direita	197,04	75,00	ineficiente
	Esquerda	258,83	75,00	ineficiente
		943,77	75,00	ineficiente

Fonte: AUTORES (2018).

Conforme os resultados obtidos, conclui-se que 3 de 11 bocas coletoras funcionam de maneira eficiente, o que representa 27,3% do total. Já 72,7% não opera com a eficiência demandada pelo sistema.

Com isso, contata-se que, nos períodos mais chuvosos no ano, dezembro com média de 225 mm, janeiro com 275 mm, e março com média mensal de 245 mm segundo a SBAN (2003), são registrados grandes percas materiais e danos imateriais aos moradores, comerciantes e motoristas que utilizam da via e são pegos de surpresa pelos alagamentos e enchentes no local. A Figura 44 mostra um alagamento no mês de setembro de 2018 cuja média de precipitação mensal segundo a SBAN (2003) não ultrapassou os 25 milímetro e as águas das chuvas segundo a moradora já haviam baixado.

**Figura 44 – Alagamento registrado em setembro de 2018 no local de estudo**



Fonte: COMERCIANTES DO LOCAL (2018)

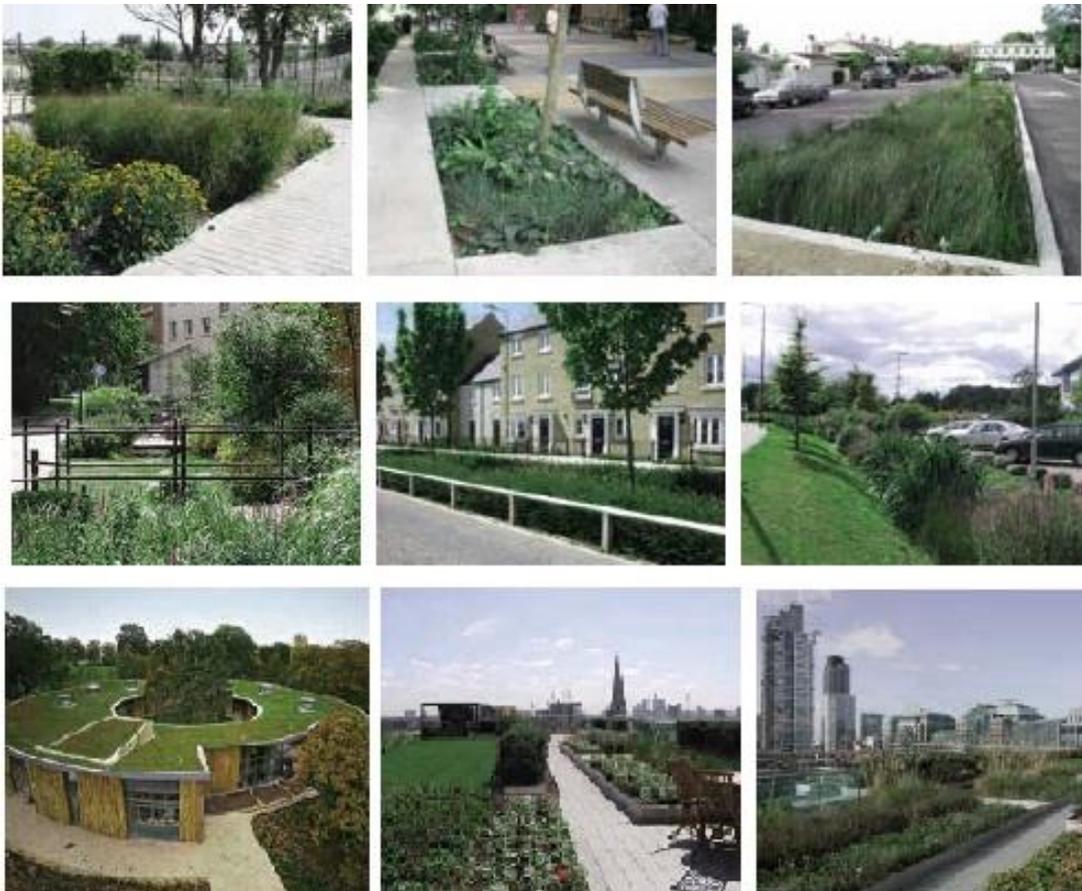
Portanto, fundamentado nas verificações em campo e no levantamento bibliográfico, obras estruturais de drenagem urbana requerem revisão na mesma proporção do crescimento das cidades, visto que a vazão a ser escoada aumenta na mesma proporção e um sistema de drenagem defasado não trabalhará com a eficiência solicitada.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O planejamento adequado fundamentado em planos diretores bem elaborados que se respeite limites e normas estabelecidas, afim de se ter equilíbrio sustentável no crescimento urbano é e continuará sendo a medida da qual menos exige onerosos recursos para solucionar o problema de drenagem.

Propõe-se para futuros estudos analisar a viabilidade de implantação de dispositivos naturais para infiltração de água por toda a cidade de Anápolis, baseando-se nos modelos de drenagem sustentável implantado na Austrália (SUDS), visto que, como dito, tais dispositivos diferenciam dos modelos tradicionais de drenagem por melhorar a qualidade da água, do espaço urbano e a qualidade de vida da população, ao fato de que, os mesmos buscam manter o cenário mais próximo do natural mesmo com o crescimento das cidades, como mostra a Figura 45, levando em consideração que para solucionar o problema de alagamentos a jusante (Travessa Washington de Carvalho), é imprescindível amortecer a vazão logo na origem, a montante do fluxo.

**Figura 45 – Sistema de Drenagem Sustentável (Austrália)**



Fonte: THE SUDS MANUAL

Não muito longe, a cidade de Curitiba também dispõe de um planejamento com exemplos de drenagem sustentável a serem espelhados. As calçadas necessitam para acessibilidade de cadeirantes apenas 1,20 metros de impermeabilização. Portanto, sabendo que ruas e calçadas impermeabilizadas contribuem para enchentes e alagamentos, dispor um percentual das calçadas para a infiltração da água no solo através de faixas verdes com gramado, afim de padronizar todas a serem construídas, também é uma medida visionária que busca o crescimento urbano com um mínimo impacto socioambiental possível, diminuindo ou até mesmo erradicando alagamentos localizados (Figura 46).

**Figura 46 – Calçadas padronizadas de Curitiba com percentual para infiltração**



Fonte: GOOGLE EARTH (2018).

Propõe-se também a revitalização das praças com área total permeável, respeitando apenas acessibilidade de cadeirantes como mostra a Figura 47.

Além das medidas citadas, atualizar o Plano Diretor com mais incentivos à população para construir preservando ao máximo um maior percentual de permeabilidade em cada residência através de exonerações de algumas taxas, e a diminuição de taxas como IPTU para cidadãos que aderirem a campanhas de desimpermeabilização de quintais e garagens, trocando a velha concretagem dos mesmos por gramado e outros dispositivos de infiltração, reduzirá drasticamente o volume descartado para o sistema de drenagem, o que conseqüentemente minimizará gastos onerosos com ampliação do mesmo.

Para soluções locais (Travessa W. de Carvalho), um reservatório temporário e aberto de retenção off-line para amortecer a vazão que é recebida pelo canal do córrego das Antas em cheias é uma opção com um menor impacto ambiental e a solução que menos solicita grandes investimentos quando comparado a modificações com estruturas tradicionais na

macrodrenagem. Porém, é necessário um estudo mais aprofundado afim de se obter a viabilidade do mesmo e se há riscos de contaminação para o lençol freático. Quando há risco de contaminação das águas subterrâneas pelas cargas elevadas de poluentes, a impermeabilização do fundo com concreto é o mais utilizado. Essa estrutura pode desempenhar outras funções, como implantação de quadras de esportes e áreas de lazer (Figura 48).

**Figura 47 – Revitalização de praças com permeabilidade total em Curitiba, respeitando a acessibilidade de cadeirantes**



Fonte: AUTORES (2018)

**Figura 48 – Reservatório de detenção temporário, utilizado quando seco como área de lazer.**



Fonte:: THE SUDS MANUAL.

Essa medida contribuirá para que em períodos de precipitações extremas o canal do Córrego das Antas não transborde e atinja o local estudado. A Figura 49 dispõe de uma possível aplicação no local demarcado.

**Figura 49 – Possível aplicação do reservatório de detenção off-line**



Fonte: GOOLGE EARTH, MODIFICADO PELA AUTORA (2018).

Para trabalhos futuros tem-se como proposta o dimensionamento de uma rede de drenagem com descarte direto no canal, dispensando o descarte na Avenida Barão do Rio Branco, ou mesmo no trecho da Rua Aluísio Crispim, para evitar falhas em períodos de precipitação extrema, onde os fluxos de tais redes possuem alta vazão, e dificulta a infiltração dos deflúvios da Travessa W. de Carvalho no sistema, porém é importante salientar a demanda pela ampliação da macrodrenagem, proposta essa que segundo a Prefeitura Municipal de Anápolis já é um projeto estudado para o futuro.

Portanto, com o levantamento bibliográfico realizado, foi obtido inúmeros exemplos e métodos complementares de drenagem implantados, que podem servir de modelo para a revitalização do sistema e conscientização da importância de dispositivos naturais de infiltração e modelos não convencionais, afim de reduzir a impermeabilização da bacia e controlar a qualidade das águas.

No levantamento de dados dos eventuais alagamentos no Município de Anápolis, conclui-se que, a Travessa Washington é apenas um ponto das muitas localidades que também

presenciam tais acontecimentos, vivenciando percas materiais e imateriais ainda maiores das que foram registradas pelos moradores, comerciantes e prestadores de serviços. Um fator relevante é a relação da localidade onde os alagamentos acontecem, sendo na maioria das vezes áreas com alta concentração de uso e ocupação do solo, com baixa ou nenhuma permeabilidade, e locais bem próximos a um curso d'água.

Dessa forma, conclui-se que a diversidade de uso e cobertura da terra potencializa os riscos de alagamento, enchentes e inundações. Com isso, é necessário um maior rigor pelo poder público na fiscalização e regulamentação para construir, com o intuito de evitar fatores que favoreçam os cenários de alagamentos, e a conscientização da população de que todos possuem papel fundamental no desenvolvimento sustentável das cidades.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE, J. P. M. Medidas não Estruturais. In: Mendes, H. C.; Marco, G. de; Andrade, J. P. M.; Souza, S. A.; Macedo, R. F. **Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras** – USP/EESC, 2004.
- ARGOLO ED 2015. **Simulações e Modelagem Hidrológica de Microbacia Urbana para Previsão de Inundações: o caso do rio das antas na cidade de Anápolis-GO**. Dissertação de Mestrado, Centro Universitário de Anápolis - UniEVANGÉLICA, 90 pp.
- Belo Horizonte. Lei nº 9.725, de 15 de julho de 2009. **Institui o Código de Edificações do Município de Belo Horizonte e dá outras providências**. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/doc/22727532/Belo-Horizonte-Lei-9725-de-15-07-09>>. Acesso em 06 de jun de 2018.
- CANHOLI, A. P. **Drenagem Urbana e Controle de Enchentes**. 2005 São Paulo – Oficina de Textos.
- CONAMA, Resolução 303/2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília, 2002.
- CS empreiteira de obras. Disponível em < <http://www.csempreiteira.com.br/pt-br/projetos-exb.asp?gal=5>>. Acesso em 09 de Junho de 2018.
- CUSTODIO, V. **A Persistência das Inundações na Grande São Paulo**. Tese de Doutorado. São Paulo: FFLCH USP, 2002
- FAISSOL, S. **O “Mato Grosso de Goiás”**. IBGE: Conselho Nacional de Geografia. Rio de Janeiro, 1952.
- FRANÇA, M. de S. A formação histórica de Anápolis e sua área de influência regional. **Anais... VII Simpósio Nacional – ANPUH: Belo Horizonte, 2 a 8 de setembro de 1973, p. 635-654.**
- FREITAS, R. A. **Anápolis passado e presente**. Anápolis: Voga, 1995.
- GRILO, R. C. **A precipitação pluvial e o escoamento superficial na cidade de Rio Claro/SP**. 1992. 103 f. Dissertação Mestrado em Geografia – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista: Rio Claro, 1992.
- MACCAFERRI, **Infiltração e Drenagem**, Fórum da Construção, **2 de fev. 2007. Disponível em** <<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=36&Cod=2018>>Acesso em: 19 de abril de 2018.
- MACEDO, R. F. Medidas Estruturais Intensivas. In: Mendes, H. C.; Marco, G. de; Andrade, J. P. M.; Souza, S. A.; Macedo, R. F. **Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras** – USP/EESC, 2004.
- MARTINS, S.R. **Critérios básicos para o Diagnóstico Socioambiental**. Texto base para os Núcleos de Educação Ambiental da Agenda 21 de Pelotas: “Formação de coordenadores e multiplicadores socioambientais” (2004).

MENDES, H. C.; MARCO, G. de; ANDRADE, J. P. M.; SOUZA, S. A.; MACEDO, R. F. **Reflexões sobre impactos das inundações e propostas de políticas públicas mitigadoras** – USP/EESC, 2004.

RAMOS, Carlos Lloret; BARROS, Mário Thadeu Leme de; PALOS, José Carlos Francisco. **DIRETRIZES BÁSICAS PARA PROJETOS DE DRENAGEM URBANA NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO**. São Paulo: Fundação Centro de Tecnologia de Hidráulica, 1999.289p. Disponível em: <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento\\_urbano/arquivos/manual-drenagem\\_v3.pdf](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/upload/desenvolvimento_urbano/arquivos/manual-drenagem_v3.pdf) ->. Acesso em: 06 jun. 2018.

RECESA ED 2007. **Águas Pluviais Urbanas – Curso Básico de Hidrologia Urbana Guia do Profissional Em Treinamento**

REZENDE, Osvaldo Moura. **Manejo De Águas Pluviais – Uso De Passagens Multifuncionais: Em Drenagem Urbana Para Controle Das Inundações**. 104 f. Obtenção do título de Especialista em Engenharia Urbana – Universidade Federal do Rio de Janeiro – Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2010.

TUCCI, C. E. M.; MARQUES, D. M. L. M. et al **Avaliação e controle da drenagem urbana** – Porto Alegre: Ed. ABRH, 2001

TUCCI, C. E. M.; PORTO, R. L. L.; BARROS, M. T. et al, **Drenagem Urbana**, Editora da Universidade, ABRH, Porto Alegre , 1995, 428 pg.

TUCCI, C. E. M. **Drenagem Urbana**. Ciência e Cultura, Gestão da Águas/Artigos, Vol. 55, n° 4, São Paulo, 2003.

TUCCI, C. E. M. Inundações Urbanas. In: Tucci,C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.15-36.

TUCCI, C. E. M; GENZ, F. Controle do Impacto da Urbanização. In: Tucci,C.E.M.; Porto, R.L.L.; Barros, M.T. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS/ABRH, 1995, V.5, p.277-347.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE – UFCG. **Sistemas de drenagem pluvial**. 2014a. Disponível em <<http://www.dec.ufcg.edu.br/saneamento/Dren01.html>>. Acesso em 19 de maio de 2018.

## APÊNDICES

### Apêndice A- Questionário sobre condições da Travessa Washington de Carvalho

001) Idade do entrevistado:

Menos de 21     25 a 30 anos     30 a 40 anos     Mais de 40 anos

002) Sexo:

feminino     masculino

003) Número de pessoa que residem na casa:

1     2 a 4     5 a 7     mais de 7

004) Média de renda mensal

1 Salário mínimo     2 a 3 salários mínimos     4 a 5 salários mínimos  
 mais de 5

005) Tempo de moradia na rua Washington de Carvalho:

Até 1     1 a 5     5 a 10     mais de 10

006) Já investiu em contenções ou algum tipo de proteções contra alagamentos?

Sim     Não

006.1) Se sim, Quais?.....

007) Já sofreu percas materias nas enchentes?

Sim     Não

002.1) Se sim, quais?.....

008) Quais são os maiores problemas enfrentados na região:

.....  Nenhum

009) Informações sobre o terreno:

009.1) área do terreno total;

- menor que 60 m<sup>2</sup>  
 80 a 100 m<sup>2</sup>  
 60 a 80 m<sup>2</sup>  
 mais de 100m<sup>2</sup>

009.2) área do terreno construído;

- menor que 60 m<sup>2</sup>  
 80 a 100 m<sup>2</sup>  
 60 a 80 m<sup>2</sup>  
 mais de 100m<sup>2</sup>

009.3) área permeável do terreno em m<sup>2</sup>;

- menor que 5  
 5 a 20  
 20 a 30  
 mais 30m<sup>2</sup>